

# 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.

№ 04  
Москва 2023

Выходит 6 раз в год

### Конгрессы, конференции, семинары, симпозиумы, советы, совещания

**23.04-01.1 [Семинар] Вычислительные технологии в естественных науках перспективные компьютерные системы: устройства, методы и концепции.** *Механика, управление и информатика.* 2011, № 5, с. 1-2. Рус.

Настоящий сборник основан на докладах, представленных на расширенном семинаре «Перспективные компьютерные системы: устройства, методы и концепции», который проходил 2–4 марта 2011 г. в Тарусе на базе гостиницы «Интеркосмос» Учреждения Российской академии наук Института космических исследований РАН. Это очередной семинар из серии расширенных семинаров, посвященных вычислительным технологиям в естественных науках. На первом семинаре рассматривались вопросы компьютерного моделирования актуальных задач физики и механики, его труды изданы в 2009 г. в выпуске 1 (Труды семинара по вычислительным технологиям в естественных науках. Вып. 1. Вычислительная физика / Под ред. Р.Р. Назирова. М.: КДУ, 2009. 288 с.); второй был посвящен обсуждению физических и медицинских аспектов исследования сложных нелинейных физических процессов в организме человека (Методы нелинейного анализа в кардиологии и онкологии: Физические подходы и клиническая практика. Вып. 2 / Под ред. Р.Р. Назирова. М.: КДУ, 2010. 206 с.); на третьем обсуждались проблемы компьютерного моделирования задач биологии и химии (Труды семинара по вычислительным технологиям в естественных науках. Вып. 3. Вычислительная химия и биология / Под ред. Р.Р. Назирова, Л.Н. Шура. М.: КДУ, 2010. 118 с.); на четвертом — проблемы технического зрения (Техническое зрение в системах управления мобильными объектами-2010: Труды научнотехнической конференции-семинара. Вып. 4. / Под ред. Р.Р. Назирова. М.: КДУ, 2011. 328 с.). На пятом семинаре обсуждались вопросы моделирования событий глобальных масштабов (Вычислительные технологии в естественных науках. Системы глобального масштаба: Труды семинара / Под ред. Р.Р. Назирова, Л.Н. Шура. М.: ИКИ РАН, 2011. 148 с.). Важная особенность проводимых расширенных семинаров состоит в привлечении молодежи к активному участию в качестве докладчиков. Как правило, более половины докладов делаются молодыми исследователями. Ключевые слова: вычислительные технологии, квантовые вычисления, ГРИД, базы данных, космические системы, свободно распространяемое программное обеспечение,

мультиагентные технологии, облачные вычисления, программная инженерия, распределенные вычисления.

**23.04-01.2 Техническое зрение в системах управления мобильными объектами-2010: Труды научнотехнической конференции-семинара.** *Механика, управление и информатика.* 2011, № 6, с. 2. Рус.

Настоящий сборник содержит материалы научно-технической конференции-семинара «Техническое зрение в системах управления мобильными объектами», организатором которой является Учреждение Российской академии наук Института космических исследований РАН. В её подготовке и проведении участвовали специалисты ведущих организаций, отраслевых и академических научно-исследовательских институтов, а также высшей школы. На конференции-семинаре были представлены доклады по основным областям применения технического зрения в системах управления мобильными объектами, а также вопросам разработки таких систем: авиационно-космические приложения систем технического зрения; системы технического зрения в наземных и подводных роботах; программно-аппаратное обеспечение систем технического зрения. В сборник включены пленарные и секционные доклады конференции-семинара. Конференция проходила 16–18 марта 2010 г. в г. Таруса.

**23.04-01.3 Проект Интергелиозонд. Труды рабочего совещания.** *Механика, управление и информатика.* 2012, № 6, с. 2. Рус.

Этот номер журнала выходит в форме книги. Рабочее совещание по проекту Интергелиозонд состоялось с 11 по 13 мая 2011 г. в Тарусе, Россия, на базе Специального конструкторского бюро Института космических исследований РАН (СКБ ИКИ РАН). В совещании приняло участие около 40 специалистов из научно-исследовательских институтов — участников проекта Интергелиозонд. На совещании были заслушаны доклады руководителей экспериментов, которые предложены для реализации на борту космического аппарата «Интергелиозонд», предназначенного для исследования внутренней гелиосферы и Солнца с близких расстояний и из внеэклиптических положений. Настоящий сборник содержит статьи, в которых дается краткое описание научных экспериментов в проекте Интергелиозонд.

### Библиография

**23.04-01.4К** Динамика Солнечной системы. Мюррей К., Дермотт С. М.: Физматлит. 2010, 588 с. ISBN 978-5-9221-1121-8

Книга известных специалистов в области небесной механики К. Мюррея (Великобритания) и С. Дермотта (США) посвящена важнейшему разделу небесной механики - динамике тел Солнечной системы. Сегодня эта наука преобразилась благодаря исследованиям Солнечной системы с помощью космических аппаратов, невероятному развитию наземных и космических средств наблюдательной астрономии, прогрессу вычислительной техники и программных средств, скачку в развитии теории. Книга представляет собой современную научную монографию, весьма полно описывающую различные аспекты проблем динамики тел Солнечной системы.

**23.04-01.5К** Теоретические основы баллистико-навигационного обеспечения космических полетов. Лысенко Л.Н., Бетанов В.В., Звягин Ф.В. М.: Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана. 2014, 520 с. ISBN 978-5-7038-3891-4

Систематизировано изложены современные теоретические основы баллистико-навигационного обеспечения (БНО) космических полетов пилотируемых и беспилотных аппаратов, выводимых на околоземные и межпланетные орбиты. Основное внимание акцентировано на формулировке предметной области, перечня и содержания задач БНО этапов планирования, баллистического обоснования и оперативного управления полетом. Существенное внимание уделено выявлению тенденций

развития и разработке методов и алгоритмов решения практических задач БНО, позволяющих на основе расширения функциональной структуры подсистем математического моделирования движения космических аппаратов (КА), в том числе на основе теории гало-орбит и орбит F-класса, определения параметров состояния КА, расчета требуемых коррекций орбит и характеристик оптимального управления маневрированием, реализовать концепцию гарантированного повышения гибкости и универсализации построения оперативного БНО.

**23.04-01.6** Труды рабочего совещания [Первые этапы летных испытаний и выполнение программы научных исследований по проекту «КОРОНАС-ФОТОН»]. Механика, управление и информатика. 2010, № 3, с. 1-2. Рус.

В данный сборник трудов включены материалы, рассмотренные на выездном семинаре по проекту «КОРОНАС-ФОТОН». Этот семинар проводился Институтом космических исследований Российской академии наук (с 08.2009 г. — Учреждение Российской академии наук Институт космических исследований РАН) и Московским инженерно-физическим институтом (Государственным университетом) (МИФИ) (с 07.2009 — Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (НИЯУ МИФИ)) в г. Таруса Калужской обл. 22—24 апреля 2009 г. Приводятся описания приборов, научные и методические результаты функционирования на орбите приборного комплекса «ФОТОН».

См. также **23.04-01.2**, **23.04-01.3**

## Персоналии

**23.04-01.7** Памяти друга, учителя и наставника Зимана Яна Львовича. Механика, управление и информатика. 2011, № 2, с. 9-12. Рус.

**23.04-01.8** К истории начала рентгеноструктурных исследований в Московском университете. Орешко А.П., Якута А.А. Кристаллография. 2021. 66, № 5, с. 340-345. Рус.

В общем контексте истории зарождения в России рентгеноструктурного анализа освещен интересный эпизод раннего этапа отечественных рентгеновских структурных исследований — получение в 1896 г. профессором Московского университета П.Н. Лебедевым «дырковых фотографий», которые могут быть интерпретированы как дифрактограммы кристаллов. По мнению авторов, именно данный научный результат является исходным пунктом развития в России экспериментальных рентгеновских методов изучения структуры кристаллов. Это позволяет считать П.Н. Лебедева вдохновителем известных пионерских научных работ Г.В. Вульфа и Н.Е. Успенского в данной области.

**23.04-01.9** Кафедра физики твердого тела физического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова. Орешко А.П. Кристаллография. 2021. 66, № 5, с. 483-497. Рус.

Представлен очерк, посвященный истории создания и развития на протяжении ста лет кафедры рентгеноструктурного анализа, впоследствии преобразованной в кафедру физики твердого тела физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.

**23.04-01.10** К 80-летию Александра Сергеевича Илюшина (20.10.1943—12.04.2021). Кристаллография. 2021. 66, № 5, с. 498-504. Рус.

DOI: 10.31857/S0023476123700212.

**23.04-01.11** Великий русский геометр (памяти А.Д. Александрова). Кутателадзе С.С. Сибирские электронные математические известия. 2023. 19, № 2, с. А.38-А.41. Рус.

This is an overview of the worldline and contribution of Aleksandr Alexandrov (1912—1999). Keywords: convex geometry, metric geometry, Minkowski problem, Weyl problem.

**23.04-01.12** Памяти Валерия Анатольевича Рубакова. Природа. 2022, № 10, с. 71. Рус.

На 67-м году жизни — катастрофически рано — ушел из жизни академик Валерий Анатольевич Рубаков, роль которого в науке не только в России, но и в мире трудно переоценить. Он был одним из выдающихся физиков современности, безусловным лидером отечественной, да и мировой физики высоких энергий и космологии. Эффект, связанный с монополярным катализом распада протона, обнаруженный Рубаковым в возрасте 26 лет и названный его именем, — один из красивейших и важнейших в современной теоретической физике. Научные достижения Валерия Анатольевича отмечены целым рядом престижных премий: имени А.А. Фридмана Российской академии наук (1999), имени И.Я. Померанчука Института теоретической и экспериментальной физики (2003), имени М.А. Маркова Института ядерных исследований (2005), имени Юлиуса Весса Технологического института Карлсруэ (2010), российской Демидовской (2016), международной Гамбургской по теоретической физике (2020) и другими.

**23.04-01.13** Лауреаты Нобелевской премии 2022 года по физике — Ален Аспе, Джон Клаузер и Антон Цайлингер. Страупе С.С. Природа. 2022, № 12, с. 40-49. Рус.

Нобелевская премия по физике 2022 г. присуждена Алену Аспе (Франция), Джону Клаузеру (США) и Антону Цайлингеру (Австрия) «за эксперименты с запутанными фотонами, установившие нарушение неравенств Белла и ставшие пионерными в области науки о квантовой информации». Эти исследования открывают путь к созданию квантовых компьютеров и делают возможным существование генераторов истинно случайных чисел и систем распределения криптографических ключей, секретность которых гарантирована самими законами физики.

**23.04-01.14** Тот, кто придумал лазер. К 100-летию со дня рождения Н.Г. Басова. Арсеев П.И. Природа. 2022, № 12, с. 58-63. Рус.

14 декабря 2022 г. исполняется 100 лет со дня рождения академика Н.Г. Басова. Он был одним из тех людей, кто смог придумать и сделать совершенно новое устройство, без которого немислима современная цивилизация. В статье дан краткий исторический обзор роли Н.Г. Басова в создании и развитии лазеров.

**23.04-01.15** Андреевское отражение. Памяти выда-

ющего физика. *Фомин И.А. Природа*. 2023, № 3, с. 68-71. Рус.

Ушел из жизни Александр Фёдорович Андреев — ученый с мировым именем, академик РАН, вице-президент РАН (1991—2013), директор Института физических проблем имени П.Л.Капицы РАН (1990—2017), главный редактор «Журнала экспериментальной и теоретической физики» (1997—2022). И главный редактор «Природы» с 1993 по 2020 г.: он возглавлял наш журнал в течение 27 лет — дольше, чем кто-либо на этом посту.

**23.04-01.16 Памяти Игоря Ростиславовича Шафаревича [3.06.1923—19.02.2017].** *Известия Российской академии наук. Серия математическая*. 2023. 87, № 3, с. 3-4. Рус.

DOI: <https://doi.org/10.4213/im9456>.

**23.04-01.17 Андрей Геннадьевич Куликовский (к 90-летию со дня рождения).** *Известия НАН Беларуси. Серия физико-технических наук*. 2023. 68, № 3, с. 3-4. Рус.

18 марта 2023 г. исполнилось 90 лет выдающемуся ученому-механику, академику Андрею Геннадьевичу Куликовскому. В 1955 г. Андрей Геннадьевич окончил механико-математический факультет Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, в 1958 г. окончил аспирантуру по кафедре гидромеханики и защитил кандидатскую диссертацию (научный руководитель Л.И. Седов). После окончания аспирантуры был принят на работу в отдел механики Математического института им В.А. Стеклова РАН, где работает по настоящее время. А.Г. Куликовским получены основополагающие результаты в различных разделах механики. Начало научной деятельности А.Г. Куликовского совпало по времени с возникновением новой науки под названием магнитная гидродинамика. Это было время, когда вырабатывались и шлифовались новые подходы к изучению сложных моделей механики сплошной среды и, в частности, моделей, описываемых нелинейными гиперболическими уравнениями. А.Г. Куликовским исследованы нелинейные волны Римана и возникновение ударных волн в процессе их опрокидывания. Совместно с Г.А. Любимовым опубликована монография "Магнитная гидродинамика" (1962 г.), содержащая основные понятия и отражающая уровень этой науки на этот период времени. Несколько позже (1968 г.) совместно с Г.А. Любимовым и А.А. Барминым были теоретически предсказаны и исследованы разрывы — фронты ионизации и рекомбинации. С одной стороны этих разрывов газ неэлектропроводный, а с другой стороны — электропроводный, движения которого описываются уравнениями магнитной гидродинамики. Эти разрывы требуют выполнения на них дополнительных граничных условий, получаемых из требования существования структуры разрывов. Число требований зависит от скорости разрыва. А.Г. Куликовским было показано, что не только для упомянутых разрывов, но и при очень общих условиях, число дополни-

тельных соотношений на разрыве, получаемых из требования существования структуры, обеспечивает эволюционность разрыва. В последующие годы опыт, накопленный при решении задач магнитной гидродинамики, был применен при построении и изучении других моделей механики сплошной среды. В семидесятые-восемидесятые годы А.Г. Куликовский совместно с Е.И. Свешниковой получили ряд ярких результатов при изучении нелинейных волн в слабоанизотропных упругих средах и разрывных решений гиперболических уравнений. Этим результатам посвящена монография "Нелинейные волны в упругих средах". Совместно с Е.И. Свешниковой изучались фронты затвердевания, состояние перед которыми соответствует среде без касательных напряжений, а состояние позади фронта разрыва — упругая среда. На таких разрывах, так же, как и в случае фронтов ионизации и рекомбинации, требуются дополнительные соотношения, число которых зависит от скорости их распространения в соответствии с требованиями их эволюционности. В работах, выполненных А.Г. Куликовским совместно с А.П. Чугайновой, исследовались разрывы и неединственность решений задачи Римана в нелинейно-упругих средах. В этих задачах существенную роль играют мелкомасштабные процессы. Показано, что структурой обладает много разнотипных разрывов. Если для построения решения задачи Римана использовать разрывы со стационарной структурой, то решение неединственно. Детальные расчеты с учетом мелкомасштабных процессов показали, что возникает всегда одно устойчивое решение. Это послужило основанием включить требование устойчивости структуры разрыва в понятие допустимости разрыва (при этом структура может быть нестационарной). За результаты, полученные при изучении нелинейных волн в сплошных средах, в 2003 г. А.Г. Куликовскому (в составе авторского коллектива) присуждена Государственная премия Российской Федерации. Еще одно направление исследований связано с устойчивостью и развитием возмущений в протяженных областях. Показано, что в случае однородного течения или состояния на бесконечном отрезке  $x$ , неустойчивость может проявляться в двух формах: краевой, которая определяется взаимодействием уравнений с граничным условием, и глобальной, определяемой усилением волн, движущихся в направлении другой границы и отражающихся от нее. За эти результаты в 1967 г. А.Г. Куликовскому была присуждена премия С.А. Чаплыгина. В развитие этой темы последовал цикл работ, касающихся установления критериев неустойчивости и развития возмущений на стационарном медленно меняющемся фоне. Андрей Геннадьевич всегда уделял большое внимание педагогической деятельности. На протяжении многих лет он был профессором кафедры гидромеханики Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, многие его ученики защитили кандидатские и докторские диссертации и стали известными учеными. С 2013 по 2020 г. А.Г. Куликовский был главным редактором журнала "Известия РАН. Механика жидкости и газа".

## Классические проблемы линейной акустики и теории волн

### Математическая теория распространения волн

**23.04-01.18 Анализ характера распределения звуковых полей в зоне прямого распространения по трассе в условиях акустического полигона МИ ВЛГУ. Артамонова Е.Ю., Касатова А.Р., Булжин В.В. Методы и устройства передачи и обработки информации.** 2018, № 20, с. 109-113. Рус.

Представлены результаты анализа характера распространения звука в условиях акустического полигона, созданного в Муромском институте. Оценки даны по результатам проведенных измерений с последующим вычислением разностных величин относительно исходной амплитудно-частотной характеристики. Тип сигнала — «белый шум». Измерения проводились в октавных диапазонах частот. Визуализация осуществлена с использованием географической информационной системы QGIS, обеспечивающей представление в виде зон, ограниченных изолиниями. Полученные результаты показывают, что

имеется априорная неравномерность в прямолинейном распространении сигнала по пространству полигона. Проведён анализ возможных причин такой неравномерности. Сделан вывод о необходимости проведения более сложного анализа с целью определения корректирующих значений для каждой точки полигона.

**23.04-01.19 Анализ характера распределения звуковых полей в зоне прямого распространения по трассе в условиях акустического полигона МИ ВЛГУ. Артамонова Е.Ю., Касатова А.Р., Булжин В.В. Методы и устройства передачи и обработки информации.** 2022, № 24, с. 109-113. Рус.

Представлены результаты анализа характера распространения звука в условиях акустического полигона, созданного в Муромском институте. Оценки даны по результатам проведенных измерений с последующим вычислением разностных величин относительно исходной амплитудно-частотной характеристики. Тип сигнала — «белый шум». Измерения проводи-

лись в октавных диапазонах частот. Визуализация осуществлена с использованием географической информационной системы QGIS, обеспечивающей представление в виде зон, ограниченных изолиниями. Полученные результаты показывают, что имеется априорная неравномерность в прямолинейном распространении сигнала по пространству полигона. Проведён анализ возможных причин такой неравномерности. Сделан вывод о необходимости проведения более сложного анализа с целью определения корректирующих значений для каждой точки полигона.

**23.04-01.20 Точные решения уравнений Навье—Стокса для описания вращающейся жидкости.** *Ледякина О.А., Просвиряков Е.Ю., Романова Е.В. Известия высших учебных заведений. Авиационная техника.* 2022, № 2, с. 184-188. Рус.

Получено новое точное решение уравнений Обербека—Буссинеска для вращающейся жидкости. Конвекция вращающейся жидкости описывается квадратичным нагревом границ бесконечного слоя жидкости. Данное точное решение описывает динамические равновесия в несжимаемой жидкости или несжимаемом газе. Динамическое равновесие, фигуры равновесия, крупномасштабное течение, вихревое течение, сдвиговое течение, вращающаяся жидкость, точное решение, приближение Буссинеска, противотечение.

**23.04-01.21 Об одном классе точных решений системы уравнений Навье—Стокса для несжимаемой жидкости.** *Галкин В.А., Дубовик А.О. Мат. моделир.* 2023, 35, № 8, с. 3-13. Рус.

Получен класс точных решений системы уравнений Навье—Стокса, соответствующий вихревому течению несжимаемой жидкости в цилиндре и коаксиальном цилиндре. Исследовано поведение решения вблизи особых точек, лежащих на оси цилиндра. Выполнен расчет поля температуры на основе метода контрольного объема, соответствующего найденному классу точных решений.

**23.04-01.22 Применение локального разрывного метода Галеркина к решению квазигазодинамической системы уравнений.** *Шильников Е.В., Хайталиев И.Р. Мат. моделир.* 2023, 35, № 8, с. 51-66. Рус.

Рассматривается решение квазигазодинамической (КГД) системы уравнений локальным разрывным методом Галеркина (ЛРГ). Решаются одномерные задачи Римана о распаде разрыва с известными точными решениями. В решениях задач присутствуют сильные разрывы. Поэтому для обеспечения монотонности решения, полученного ЛРГ методом, введены так называемые ограничители наклона, или лимитеры. Был выбран «моментный» лимитер, сохраняющий как можно более высокий порядок. Проведена модификация лимитера для сглаживания осцилляций на участках постоянства решения.

**23.04-01.23 Полуаналитический метод решения уравнений газовой динамики в переменных Эйлера.** *Жарылханова М.С., Клиначева Н.Л., Яловец А.П. Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Математика. Механика. Физика.* 2023, 15, № 2, с. 32-40. Рус.

Ранее (Яловец, А.П. Расчет течений среды при воздействии интенсивных потоков заряженных частиц. Прикладная механика и техническая физика. 1997. Т. 38, № 1. С. 151-166) описан метод решения системы уравнений механики сплошной среды, записанной в лагранжевых переменных, который отличается от традиционных методов тем, что конечными разностями заменяются только производные по пространственным переменным. В результате такого подхода уравнения в частных производных сводятся к системе обыкновенных дифференциальных уравнений на пространственной сетке. Для малого временного интервала было найдено приближенное аналитическое решение этой системы уравнений. Полученное аналитическое решение дает возможность описать динамику рассматриваемой системы во всем требуемом временном интервале. Применение данного метода для решения задач газовой динамики и расчета упругопластических течений в твердых телах показало, что данный метод обеспечивает высокую точность выполнения законов сохранения и характеризуется высокой устойчивостью

решения, что обусловлено отказом от аппроксимации конечными разностями производных по времени. Поскольку применение лагранжевых переменных для решения задач газовой динамики ограничено характером течений рассматриваемой системы, то возникает необходимость обобщения метода на случай решения задач в эйлеровых переменных. В данной работе приводится описание применения метода к решению задач газовой динамики в эйлеровых переменных, тестирование его на стандартных задачах путем сравнения результатов расчета предлагаемым методом с решениями, полученными базовым методом крупных частиц (МКЧ), различные модификации которого широко используются для решения многих прикладных задач.

**23.04-01.24 Уточненный анализ отражения изгибаемой волны от кромки балки уменьшающейся толщины.** *Попов В.В., Сорокин С.В. Морские интеллектуальные технологии.* 2022, 4, № 4-1, с. 20-25. Рус.

Публикация в 1987 году статьи М.А. Миронова о полном отсутствии отражения изгибаемой волны от кромки балки переменной толщины в случае, когда толщина кромки равна нулю, послужила толчком к развитию целого направления виброакустики, получившего в современной литературе название «теория акустических чёрных дыр». Как отмечалось самим М.А. Мироновым, свести толщину до нуля практически невозможно, и им был предложен упрощенный способ учета ненулевой толщины кромки. Новизна исследования, результаты которого представлены в данной статье, состоит в строгом учете конечного значения толщины кромки, и, соответственно, в уточнении формы профиля участка переменной толщины. Аналитическое решение задачи нахождения коэффициента отражения позволило провести исследование его зависимости от параметров «акустической чёрной дыры» и оценить погрешность упрощенного описания. В статье показано, что упрощения несколько завышают величину коэффициента отражения и, таким образом, дают осторожную оценку эффективности «акустических чёрных дыр». Ключевые слова: балка переменной толщины, изгибаемая волна, коэффициент отражения, условие плавности профиля, эффект «акустической чёрной дыры».

**23.04-01.25 К вопросу о моделировании стоячих волн с учетом стратификации в Балтийском море.** *Руденко А.И. Морские интеллектуальные технологии.* 2023, 1, № 1-1, с. 268-272. Рус.

Волновые процессы на поверхности океанических акваторий играют одну из главных ролей в формировании климата окружающей среды, рельефа морского дна и береговой зоны. Волны влияют на распределение энергетических потоков внутри водного континуума, который может быть стратифицирован по плотности, солёности, температуре. Учет всех указанных характеристик одновременно весьма сложный, поэтому в данной работе учтена стратификация по плотности. Необходимо отметить, что в некоторых районах Балтийского моря можно выделить три слоя жидкости с различными плотностями. В статье рассмотрена задача о двумерных стационарных поверхностных и внутренних волнах в стратифицированной по плотности жидкости конечной глубины при условии, что волновые движения являются потенциальными. В рамках классической двумерной модели выделены три слоя стратифицированной жидкости. Найдены частоты колебаний установившихся волн в каждом стратифицированном слое. Определены кинетические энергии для каждого стратифицированного слоя. Обоснована генерация энергии при передаче направленного потока от слоя к слою жидкости. Ключевые слова: стационарная волна, потенциал скорости, профиль поверхности, частота колебаний, профиль поверхности, кинематическое условие, динамическое условие.

**23.04-01.26 Обтекание тел запыленным газом при рассеянии отраженных частиц.** *Панфилов С.В., Романюк Д.А., Циркунов Ю.М. Известия НАН Беларуси. Серия физико-технических наук.* 2023, 68, № 3, с. 64-80. Рус.

Рассмотрены обтекание плоской пластины конечной толщины в канале с большой дозвуковой скоростью и сверхзвуковое поперечное обтекание цилиндра двухфазным потоком газа с твердыми частицами. Передняя кромка пластины имеет форму клина или гладкое затупление постоянного радиуса. По-

верхность клина и переднего затупления задается гладкой или шероховатой. Шероховатость моделируется двумерным профилем, который задается на основе эксперимента. Рассмотрены сферические частицы и смесь частиц в виде эллипсоидов вращения, прямоугольных призм, призм со срезанными вершинами и тетраэдров. Параметры каждой из форм варьируются. При определении поступательной и вращательной скоростей несферических частиц после отскока используется модель ударного взаимодействия, предложенная ранее и согласующаяся с экспериментальными данными по коэффициентам восстановления скорости центра масс. Наряду с монодисперсной примесью рассмотрена дисперсная фаза с разбросом частиц по размерам. На основе анализа численных результатов установлена роль исследованных факторов случайной природы на картину течения и параметры примеси.

## Отражение, дифракция и рефракция волн

**23.04-01.27 Вторичное поле конечной упругой цилиндрической оболочки в жидкости в дальней зоне.** *Косарев О.И. Проблемы машиностроения и надежности машин.* 2022, № 3, с. 50-62. Рус.

Предложен новый метод решения задачи вторичного гидроакустического поля конечной упругой цилиндрической оболочки в дальней зоне. Метод включает: определение корней дисперсионного уравнения собственных колебаний оболочки в жидкости, расчет вынужденных колебаний составной оболочечной конструкции под действием падающего поля, использование точного импеданса излучения конечной оболочки в жидкости, расчет вторичного поля, включающего поле, рассеянное на упругой оболочке, и поле, отраженное от абсолютно твердой оболочки. Ключевые слова: точное решение, излучение, звуковое давление, импеданс, цилиндрическая оболочка, волновое уравнение, волновое число.

**23.04-01.28 Рассеяние звука на упругом слоистом шаре с неконцентрической сферической полостью.** *Ожорков М.В. Известия Тульского государственного университета. Технические науки.* 2023, № 1, с. 315-325. Рус.

Получено аналитическое решение задачи дифракции плоских звуковых волн на упругом, находящемся в идеальной жидкости, слоистом шаре с произвольно расположенной сферической полостью, в которой вакуум. На основе аналитического решения задачи в дальней зоне акустического поля были построены диаграммы направленности рассеянного поля для разных случаев расположения полости в теле. Проанализировано изменение отражения звука во всех направлениях при изменении расположения полости в шаре.

**23.04-01.29 Дифракция цилиндрической звуковой волны на непрерывно-неоднородной термоупругой сферической оболочке.** *Ларин Н.В. Мех. композиц. матер. и конструкций.* 2018. 24, № 4, с. 644-659. Рус.

Рассматривается дифракция цилиндрической гармонической звуковой волны, излучаемой бесконечно длинным линейным источником, на изотропной термоупругой сферической оболочке произвольной толщины. Физико-механические характеристики материала оболочки описываются непрерывными функциями радиальной координаты. Полагается, что поверхности оболочки граничат с невязкими теплопроводными жидкостями, в общем случае разными. Искомые потенциалы скоростей звуковых и тепловых волн снаружи и в полости оболочки являются решениями уравнений Гельмгольца и удовлетворяют условиям излучения на бесконечности и условию ограниченности. Смещение частиц и изменение температуры в термоупругой оболочке описываются системой уравнений линейной связанной динамической задачи термоупругости неоднородного изотропного тела. Для упрощения данной системы уравнений вводятся две новые неизвестные функции, связанные определенными соотношениями с угловыми компонентами вектора смещения. Радиальная компонента вектора смещения, две новые введенные функции и изменение температуры в теле находятся в виде разложений в ряды по сферическим гармоникам с неизвестными коэффициентами, зависящими от радиальной координаты. С учетом этих разложений система уравнений для описания термомеханических возмущений в оболочке сводится

к системе линейных обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка. На внешней и внутренней поверхностях оболочки выполняются условия идеального термомеханического контакта. Из граничных условий находятся выражения для коэффициентов потенциальных функций и краевые условия для системы дифференциальных уравнений. Полученная краевая задача решена методом сплайн-коллокации с использованием аппарата кубических B-сплайнов. Получены аналитические выражения, описывающие волновые поля снаружи и в полости оболочки. Представлены результаты расчетов частотной и угловой зависимостей амплитуды рассеянного звукового поля в дальней зоне. Показано заметное различие характеристик рассеяния звука, обусловленное как разными законами неоднородности материала оболочки, так и термоупругостью ее материала.

**23.04-01.30 О задаче дифракции сферической звуковой волны на упругом неоднородном анизотропном шаре с абсолютно твёрдым включением.** *Вирюков Д.Р. Мех. композиц. матер. и конструкций.* 2022. 28, № 2, с. 223-234. Рус.

Представлена математическая постановка задачи дифракции сферической звуковой волны на линейно упругом радиально-неоднородном трансверсально-изотропном шаре с абсолютно твёрдым включением. Шар характеризуется плотностью, упругими константами — компонентами тензора упругости — и внешним и внутренним радиусами. Описанный выше шар помещён в трёхмерное неограниченное пространство, заполненное идеальной жидкостью с определёнными значениями плотности и скорости звука. В постановке описаны входные данные и некоторые их ограничения. Представлен алгоритм решения поставленной задачи дифракции. Алгоритм является частично аналитическим, частично численным. Падающая сферическая волна, рассеянная шаром звуковая волна и упругие волны, распространяющиеся внутри упругого шара, представляются в виде бесконечных сумм. Определение рассеянной шаром волны сводится к определению коэффициентов разложения рассеянного волнового поля в бесконечную сумму. Для определения данных коэффициентов решается краевая задача. Дифференциальные уравнения в данной краевой задаче являются обыкновенными дифференциальными уравнениями, описываемыми волнами в упругом шаре и полученными из общих уравнений движения сплошной среды. Данные дифференциальные уравнения дополняются граничными условиями на поверхностях упругого шара. На внешней поверхности граничные условия — это непрерывность скорости, нормального и касательного напряжений. На внутренней поверхности — непрерывность смещений. Решение краевой задачи с данными условиями позволяет вычислить смещения внутри шара при распространении волны и, через них, коэффициенты рассеянной телом звуковой волны. Для демонстрации решения задачи с помощью программной реализации приводятся результаты численных исследований для некоторых частных входных данных.

**23.04-01.31 Валидация и верификация акустической модели на задаче обтекания тандема цилиндр — профиль NASA0012.** *Ливеринова М.А., Тряскин Н.В. Морские интеллектуальные технологии.* 2022. 4, № 4-2, с. 123-129. Рус.

Совершенствование численных методов для расчёта шума турбулентного течения остаётся актуальной задачей и позволяет решить ряд важнейших вопросов: оптимизация конструкций с целью снижения шума и избегания акустического загрязнения, определение уровней звукового давления с помощью математического эксперимента, техническая реализация которого более экономична, чем физический эксперимент. Основной целью работы является валидация и верификация акустической модели на задаче обтекания тандема цилиндр — профиль NASA0012 методом осреднения уравнений Навье—Стокса RANS и вихреразрешающим методом LES для сжимаемой и несжимаемой сред. В работе произведена оценка влияния сжимаемости среды, двухмерности задачи и интенсивности турбулентности на акустические характеристики при обтекании тел. Для оценки получаемых результатов использованы экспериментальные данные. Для пересчёта акустических характеристик из ближнего акустического поля в дальнее использова-

ны аналогия Кёрла и метод Фокс Вильямса—Хокинга (FWH). В результате анализа полученных результатов выявлено, что решение задачи методом RANS приводит к тому, что уровни звукового давления соответствуют экспериментальным данным только на основном пике спектра, наиболее близкие результаты к экспериментам дает метод крупных вихрей. Решение акустических задач в двумерной постановке приводит к значительным отклонениям от эксперимента. В заключении сформулированы основные выводы о влиянии различных параметров на получаемые результаты. Ключевые слова: CFD, численное моделирование, RANS, LES, акустические аналогии, аналогия Кёрла, метод FWH, обтекание цилиндра, обтекание профиля, гидродинамический шум, NASA0012.

### Рассеяние акустических волн

См. **23.04-01.28, 23.04-01.29**

### Упругие волны в твердых телах

**23.04-01.32** Продольно-крутильные волны в нелинейно-упругих стержнях. *Куликовский А.Г., Чугайнова А.П. Труды Математического института имени В.А. Стеклова.* 2023. 322, с. <https://www.mathnet.ru/rus/tm4348>. Рус.

Ранее была получена система гиперболических уравнений четвертого порядка, описывающая продольно-крутильные длинные нелинейные волны малой амплитуды, распространяющиеся по упругому стержню. В каждую сторону по стержню распространяются волны двух типов: быстрые и медленные. В предлагаемой работе исходя из упомянутой системы уравнений получена гиперболическая система второго порядка, описывающая продольно-крутильные волны, распространяющиеся с близкими скоростями вдоль стержня в одном направлении. Предполагается, что волны, распространяющиеся в противоположном направлении вдоль стержня, имеют пренебрежимо малую амплитуду. Показано, что изменение величин в простых и ударных волнах, описываемых системой уравнений второго порядка, полученной в данной работе, в точности совпадает с изменением величин в соответствующих волнах, описываемых исходной системой уравнений четвертого порядка, а скорости этих волн близки. Исследовано изменение величин в простых волнах (волнах Римана) и условия их опрокидывания.

**23.04-01.33** Неединственность автомодельного решения задачи Римана об упругих волнах в средах с отрицательным параметром нелинейности. *Чугайнова А.П., Полежаина Р.Р. Труды Математического института имени В.А. Стеклова.* 2023. 322, с. <https://www.mathnet.ru/rus/tm4332>. Рус.

Исследуются автомодельные решения задачи Римана в области неединственности для слабоанизотропных упругих сред с отрицательным параметром нелинейности. Показано, что все разрывы, входящие в состав решений в области неединственности, обладают стационарной структурой. Показано также, что в области неединственности возможно построение двух типов автомодельных решений.

**23.04-01.34** Моделирование упругопластического динамического поведения гибких цилиндрических пространственно-армированных оболочек в рамках уточненной теории изгиба. *Янковский А.П. Мех. композиц. матер. и конструкций.* 2019. 25, № 2, с. 154-172. Рус.

Предложена математическая модель упругопластического деформирования гибких цилиндрических оболочек с пространственными структурами армирования, адаптированная под применение численной схемы типа «крест». Неупругое поведение материалов фаз композиции описывается уравнениями теории течения с изотропным упрочнением. Геометрическая нелинейность задачи рассматривается в приближении Кармана. Учитывается возможное ослабленное сопротивление армированных оболочек поперечным сдвигам. Сформулированы начально-краевые задачи, позволяющие с разной точностью определять напряженно-деформированное состояние в фазах композиции волокнистых оболочек. Из полученных соотноше-

ний в первом приближении вытекают уравнения, граничные и начальные условия традиционной неклассической теории Редди. Исследовано упругопластическое изгибное динамическое поведение однонаправленно-, «плоско»- и пространственно-армированных замкнутых цилиндрических оболочек из стеклопластика под воздействием нагрузок взрывного типа. Показано, что расчеты по теории Редди могут приводить не только к количественно неприемлемым, но даже к качественно неверным результатам. Различие в расчетах, выполненных по теории Редди и уточненной теории, возрастает с увеличением расчетного интервала времени. Продемонстрировано, что, согласно расчетам по уточненной теории, для замкнутых оболочек с относительной толщиной менее 1/10 рациональной является структура с «плоским» 2D-армированием. Показано, что в силу геометрической нелинейности исследуемой задачи максимальные по модулю прогибы в тонких армированных оболочках могут возникнуть значительно позже прекращения действия кратковременной динамической нагрузки.

### Отражение, дифракция, рассеяние упругих волн

**23.04-01.35** Об использовании генетического алгоритма для определения параметров анизотропного тела, обеспечивающих минимальное звукоотражение. *Белкин А.Э. Мех. композиц. матер. и конструкций.* 2022. 28, № 2, с. 187-202. Рус.

Рассмотрена задача по определению значений плотности и упругих констант анизотропного тела, обеспечивающих минимальное, в некотором смысле, отражение звука от данного тела. Представлены постановки как обратной, так и прямой задач, посвященных дифракции акустических волновых полей на теле, являющимся анизотропным цилиндрическим стержнем с жестким центральным элементом — в неограниченном пространстве, заполненном идеальной ньютоновской жидкостью. Решение обратной задачи реализовано в виде алгоритма, являющийся вариацией генетического алгоритма. При использовании данного метода перебираются возможные значения искомого параметра тела. Отличие генетического алгоритма от обычного метода перебора заключается в применении специальных операций — «скрещиваний» и «мутаций» наборов параметров. Для каждого рассматриваемого набора, называемого конфигурацией, решается прямая задача, в связи с чем она подробно рассмотрена в работе. Для заданных параметров тела и падающей волны поиск рассеянного звукового поля основан на модели распространения малых возмущений в идеальной ньютоновской жидкости, а также линейной теории упругости. Общие уравнения движения сплошной среды сводятся сперва к системе дифференциальных уравнений математической физики (в частных производных), затем к более простой системе дифференциальных уравнений, являющихся обыкновенными. Уравнения дополняются граничными условиями на поверхности тела и на границе анизотропной части с жестким сердечником. Это позволяет определить коэффициенты разложения рассеянной волны. Степень звукоотражения определяется как функционал на пространстве параметров тела, выраженный через интеграл от потенциала скоростей рассеянной волны. Предложено несколько вариантов функционала, которые могут использоваться в различных вариациях обратной задачи. Генетический алгоритм используется для минимизации данного функционала. В работе подробно описаны специальные параметры алгоритма и их оптимальные значения, форма представления данных в генетическом алгоритме и все основные шаги.

См. также **23.04-01.30, 23.04-01.34**

### Скорость и затухание акустических волн

См. **23.04-01.24**

### Волноводы, волны в трубах и направляющих системах

**23.04-01.36** Линейное и нелинейное развитие из-

**гибных возмущений в трубе с переменными упругими свойствами с протекающей внутри жидкостью.** *Абдулманов К.Э., Веденев В.В. Труды Математического института имени В.А. Стеклова.* 2023. 322, с. <https://www.mathnet.ru/rus/tm4344>. Рус.

Рассматриваются изгибные колебания трубы, заполненной движущейся жидкостью, лежащей на упругом основании с неоднородным коэффициентом упругости. В 1993 г. А.Г. Куликовским было аналитически показано, что возможно такое распределение параметров упругости, при котором в каждой точке система будет либо локально устойчивой, либо неустойчивой конвективно. При этом, несмотря на отсутствие локальной абсолютной неустойчивости, существует глобальная растущая мода, образование которой связано с наличием точек внутреннего отражения волн. В настоящей работе проводится численное моделирование развития начального возмущения в такой системе. В линейной постановке продемонстрировано, как происходит преобразование возмущения в растущую собственную моду после серии отражений и прохождений через участок локальной неустойчивости. В нелинейном постановке, где учитывается нелинейное натяжение трубы в рамках модели Кармана, показано, что рост возмущения ограничен, при этом колебания приобретают квазихаотический характер, но не покидают зоны, ограниченной точками внутреннего отражения, определяемыми линеаризованной задачей.

**23.04-01.37 Применение расширенной теории пластин  $n$ -го порядка к решению задачи о дисперсии волн в градиентно-неоднородном слое.** *Жаворонок С.И. Мех. композиц. матер. и конструкций.* 2019. 25, № 2, с. 240-258. Рус.

Предложено решение дисперсионной задачи для градиентно-неоднородного упругого плоского слоя. Решение основано на расширенной теории пластин типа И.Н. Векуа—А.А. Амосова, обеспечивающей точное удовлетворение крайевым условиям второго рода на лицевых поверхностях пластины в рамках двумерной модели любого порядка. Приведена вариационная формулировка задачи динамики неоднородной пластины, соответствующая теории  $n$ -го порядка, в переменных поля первого рода — коэффициентах разложения компонентов вектора перемещения по биортогональной системе базисных функций толщины координаты. Двумерная модель пластины задана поверхностной плотностью функционала Лагранжа и неголономными уравнениями связей, следующими из силовых крайевых условий на лицевых поверхностях пластины. На базе вариационной формулировки получены уравнения движения пластины, являющиеся обобщенными уравнениями Лагранжа второго рода двумерной непрерывной системы. Спектральная задача для распространяющихся нормальных волн в плоском градиентно-неоднородном слое поставлена как стационарная задача для двух квадратичных форм с ограничениями, решаемая методом Голуба. Вычислены частоты запирания волн и формы нормальных мод в несимметричном слое со степенным распределением объемной доли структурных составляющих двухкомпонентного материала, а также распределения компонентов тензора напряжения, соответствующие формам нормальных волн. Проведен анализ сходимости приближенного решения по величинам частот запирания нормальных волн при различных показателях степенного закона распределения структурного состава. Показано, что при преобладании структурной составляющей с большим модулем упругости минимально необходимые порядки соответствуют однородному слою; формы нормальных мод достаточно близки к формам однородного слоя. При преобладании структурной составляющей с меньшим модулем упругости и образовании области локального повышения жесткости минимально необходимые порядки теории превышают таковые для однородного слоя на единицу для некоторых мод, различие форм распространяющихся мод существенно, особенно для высших фазовых частот. Распределения напряжений по толщине существенно несимметричны для высших частот.

**23.04-01.38 О применении различных уравнений трехмерной теории пластин  $n$ -го порядка в задачах о дисперсии нормальных волн в упругом слое.** *Жаворонок С.И. Мех. композиц. матер. и конструкций.* 2019. 25, № 4, с. 595-613. Рус.

Рассмотрена задача о дисперсии нормальных волн в плос-

ком упругом слое. Построено приближенное решение, основанное на различных вариантах трехмерной теории пластин  $n$ -го порядка. Модель пластины базируется на Лагранжевом формализме аналитической динамики непрерывных систем со связями и задана конфигурационным пространством со множеством переменных поля, плотностью функционала Лагранжа и уравнениями связей, следующими из крайевых условий, перенесенных с лицевых на базовую плоскость. Приведенная общая вариационная формулировка расширенной теории неоднородных анизотропных пластин, обеспечивающей точное удовлетворение крайевым условиям на лицевых поверхностях, является ковариантной и допускает применение различных типов базисных функций, в том числе ортогональных полиномов и финитных функций формы, соответствующих конечно-элементной дискретизации пластины по толщине. Методом множителей Лагранжа получены уравнения движения трансверсально-неоднородной изотропной пластины, и рассмотрен вариант уравнений с исключенными множителями, аналогичных уравнениям Воронца в аналитической динамике дискретных систем со связями. Показано, что дисперсионная задача в случае расширенной теории пластин сводится к сингулярной обобщенной проблеме собственных значений. Вычислены частоты запирания распространяющихся мод нормальных волн, проведен сравнительный анализ решений на базе расширенной и элементарной теории пластин, пренебрегающей связями, и показано, что учет связей приводит к снижению эффектов запирания. Проведен сравнительный анализ решения на основе элементарной теории пластин с использованием в качестве базиса полиномов Лежандра, и решения, основанного на кусочно-линейных базисных функциях, соответствующего методу спектральных элементов, и показано, что метод ортогональных полиномов обеспечивает ускоренную сходимость к точному решению по сравнению с методом спектральных элементов.

**23.04-01.39 Задачи о дисперсии волн в неоднородных волноводах: методы решения (обзор). Часть I.** *Жаворонок С.И. Мех. композиц. матер. и конструкций.* 2021. 27, № 2, с. 227-260. Рус.

Представлен краткий обзор современного состояния и тенденций развития методов решения задачи о дисперсии нормальных волн в неоднородных, в первую очередь функционально-градиентных, упругих волноводах. Кратко описаны основные типы функционально-градиентных материалов и конструкций, в том числе тонкостенные элементы с градиентной структурой, и их основные инженерные приложения. Указаны проблемы моделирования напряженно-деформированного состояния функционально-градиентных пластин и оболочек и возможные способы их преодоления. Рассмотрены основные теоретические методы определения эффективных физических постоянных функционально-градиентных материалов и оценки эффективных констант, применяемые на практике. Перечислены основные зависимости эффективных физических постоянных материала от координат, использующиеся в задачах динамики. Кратко описана постановка задачи динамики неоднородного волновода и формулировка задачи о дисперсии нормальных волн. В первой части обзора основное внимание уделено некоторым аналитическим методам решения дисперсионных задач, главным образом матричным методам, опирающимся на формулировку задачи в пространстве изображений в форме системы обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка. Приведены определения векторов состояния, соответствующие общепринятым формализмам Штро и Коши, формулировки разрешающих уравнений и крайевых условий на поверхностях волновода. Описаны классические методы решения стационарной задачи динамики для слоистого волновода, являющиеся основой для аппроксимации функционально-градиентного материала системой слоев с постоянными свойствами: метод переходных матриц и его основные модификации, обеспечивающие устойчивость вычислений, и метод глобальных матриц. Рассмотрены развивающиеся в последние 15 лет методы реверберационных матриц, матриц жесткости и матриц рассеяния, а также метод рядов Пеано. Приведены некоторые ключевые решения задач о дисперсии волн для неоднородных слоев, повышающие вычислительную эффективность аппроксимации функционально-градиентного волновода

слоистой структурой, и метод построения в неявном виде общего решения для волновода с произвольным законом изменения свойств. Кратко описаны ключевые преимущества и основные недостатки описанных методов. Во второй части обзора основное внимание будет уделено методам полуаналитического решения дисперсионных задач, основанным на приближении волновода эквивалентной в некотором смысле системой с конечным числом степеней свободы: методам степенных рядов, обобщенных рядов Фурье, полуаналитических конечных элементов и спектральных элементов, а также методам, основанным на различных теориях пластин и оболочек.

**23.04-01.40 Волны в анизотропной пластине Тимошенко большой протяженности. Макаревский Д.И., Сердюк Д.О., Федотенков Г.В. *Мех. композиц. матер. и конструкций*. 2023. 29, № 1, с. 54-68. Рус.**

Данная работа посвящена построению аналитического решения задачи о распространении нестационарных волн в тонкой анизотропной пластине большой протяженности. Подход к решению основан на принципе суперпозиции и методе функций Грина. Его суть заключается в связи искомого решения с нагрузкой при помощи интегрального оператора типа свёртки по пространственным переменным и по времени. Ядром этого оператора является функция Грина для анизотропной пластины. Она представляет собой нормальные перемещения в ответ на воздействие единичной сосредоточенной нагрузки. Для математического описания сосредоточенной нагрузки используется дельта-функция Дирака. Пространственные нестационарные функции Грина для анизотропной пластины Тимошенко построены впервые с помощью аналитических методов. В качестве модели анизотропного материала рассматривается упругая среда с единственной плоскостью симметрии, геометрически совпадающей со срединной плоскостью пластины. Движение пластины рассмотрено в декартовой системе координат. В начальный момент времени пластина находится в невозмущенном состоянии. Для решения использованы интегральные преобразования Лапласа по времени и двумерное интегральное преобразование Фурье по координатам. Оригиналы искомого функции по Лапласу построены при помощи второй теоремы разложения для преобразования Лапласа. Оригиналы по Фурье построены с помощью связи интеграла обращения преобразования Фурье с рядом Фурье на переменном интервале. Полученные функции Грина позволили представить искомым нестационарный прогиб и углы поворота в виде тройных свёрток функций Грина с функцией нестационарной нагрузки. Для вычисления интеграла свёртки и построения искомого решения использован метод прямоугольников. Результаты решения представлены графически.

### Излучение источников, импеданс, картины полей

**23.04-01.41 Об одной обратной задаче определения функции источника в уравнении Буссинеска—Лява в случае задачи Коши на полуоси. Аблабеков Б.С., Касымалиева А.А., Асанов А.Р. *Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана*. 2021, № 6, с. 3-6. Рус.**

При исследовании обратных задач математической физики важную роль играет знание решений соответствующей прямой (в данном случае краевой задачи на полуоси с граничными условиями первого рода) задачи. В статье исследована обратная восстановления источника, зависящая от времени в задаче и в уравнении Буссинеска—Лява. Суть задачи состоит в том, что требуется вместе с решением найти правую часть. Задача рассматривается в полуплоскости. В качестве дополнительного условия используется условие внутреннего переопределения. С помощью фундаментального решения рассматриваемая обратная задача сводится к решению интегрального уравнения Вольтерра второго рода. Доказаны теоремы существования и единственности классического решения рассматриваемой задачи. Для доказательства существования и единственности решения поставленной задачи применяется метод операторных уравнений Вольтерра.

См. также **23.04-01.25**

### Численные методы, компьютерное моделирование

**23.04-01.42 Гибридная система дифференциальных уравнений, описывающая твердое тело, прикрепленное к двум упругим стержням. Миждон А.Д., Хамзанов А.К. *Вестник Бурятского гос. ун-та. Математика, информатика*. 2022, № 4, с. 38-47. Рус.**

Рассматривается построение математической модели для механической системы, представляющее собой твердое тело, прикрепленное к двум балкам Эйлера—Бернулли. Уравнений динамики были получены с использованием вариационного принципа Гамильтон—Остроградского. Математическая модель, представлена в виде гибридной системы дифференциальных уравнений, для которой обсуждается возможность использования единого подхода исследования свободных колебаний, предложенного при исследовании систем твердых тел, прикрепленных к одному стержню. Ключевые слова: твердое тело, гибридная система дифференциальных уравнений, балка Эйлера—Бернулли. DOI: 10.18101/2304-5728-2022-4-38-47.

**23.04-01.43 Нелинейная динамика полусферического резонатора твердотельного волнового гироскопа при параметрическом возбуждении режима свободной прецессии. Индейцев Д.А., Удалов П.П., Попов И.А., Лукин А.В. *Проблемы машиностроения и надежности машин*. 2022, № 5, с. 14-26. Рус.**

Рассмотрена модель колебаний чувствительного элемента полусферического волнового твердотельного гироскопа с учетом геометрической и электрической нелинейностей системы. Рассмотрены уравнения движения чувствительного элемента при параметрическом возбуждении колебаний. Построены переходные кривые при учете вязкого трения. Получены аналитические выражения для установившихся амплитуды и фазы в области параметрического резонанса на собственной частоте резонатора. Исследовано влияние фактора отрицательной электростатической жесткости электродной системы возбуждения на процесс генерации параметрических колебаний. Ключевые слова: нелинейные колебания, полусферический ТВГ, установившиеся колебания, параметрические колебания, параметрический резонанс.

**23.04-01.44 Анализ свободных колебаний скошенной ортотропной композитной панели. Азиков Н.С., Зинин А.В. *Проблемы машиностроения и надежности машин*. 2022, № 5, с. 27-42. Рус.**

Проведен анализ свободных колебаний и устойчивости симметричных по толщине слоистых косоугольных композитных панелей. Панель моделируется пластиной, имеющей в плане форму параллелограмма, каждый край которого может иметь независимый способ закрепления. Решение задачи поперечных колебаний и устойчивости осуществляется в перемещениях методом Ритца. Получены значения собственных частот колебаний и критических усилий сжатия скошенных слоистых композитных панелей с различными граничными условиями на контуре в зависимости от геометрии элемента, граничных условий на контуре и уровней осевой нагрузки. Ключевые слова: композитные материалы, скошенные панели, угол скоса, свободные колебания, частота колебаний, устойчивость.

**23.04-01.45 Свободные колебания цилиндрической оболочки. Алгазин С.Д. *Известия высших учебных заведений. Авиационная техника*. 2022, № 3, с. 24-28. Рус.**

Рассматриваются свободные колебания цилиндрической оболочки конечной длины. Приведен численный алгоритм без насыщения, проведены конкретные расчеты, демонстрирующие его высокую эффективность.

**23.04-01.46 Численно-аналитический метод расчета колебаний регулярных конструкций. Гришанина Т.В., Шклярчук Ф.Н. *Мех. композиц. матер. и конструкций*. 2022. 28, № 2, с. 175-186. Рус.**

Динамика упругих крупногабаритных космических конструкций представляет большой интерес при проектировании орбитальных станций, больших радиоантенн, радиотелескопов, спутников с большими солнечными батареями. Особое место



среди космических конструкций занимают стержневые системы, состоящие из многих тысяч элементов. Они могут использоваться в конструкциях больших отражателей антенн, платформ, силовых ферменных каркасов. Как правило, из удобства сборки в космосе такие системы имеют регулярную структуру, т.е. состоят из однотипных секций (модулей), последовательно соединенных друг с другом. При расчете динамических характеристик таких конструкций может использоваться метод конечных элементов, либо другие численные методы. Но при их применении для систем с большим количеством секций возникают трудности, связанные с большой размерностью решаемых задач. Тогда расчет может оказаться весьма трудоемким. Поэтому представляет интерес разработка эффективных моделей и методов, основанных на использовании свойств регулярности таких конструкций. В данной работе представлен численно-аналитический метод расчета собственных колебаний или гармонических вынужденных колебаний регулярных систем, трудоемкость которого не зависит от числа однотипных модулей и определяется числом степеней свободы одной секции. Для оценки трудоемкости и точности предложенного расчетного метода решена задача изгибных колебаний шарнирно опертой однородной балки, представленной системой однотипных конечных элементов, и дано сравнение полученного на его основе решения с результатами точного решения и решения непосредственно на основе уравнений метода конечных элементов. Из приведенных в статье расчетов видно, что изложенный способ позволяет получить результаты достаточно близкие к точным. Причем сходимости улучшается при увеличении количества однотипных элементов, составляющих регулярную систему. Таким образом, данный метод может быть эффективным при динамических расчетах регулярных конструкций, состоящих из большого числа последовательно соединенных однотипных модулей.

**23.04-01.47 Исследование собственных колебаний композитных цилиндрических оболочек с жидкостью, лежащих на упругом основании. Бочкарёв С.А. *Мех. композиц. матер. и конструкций*. 2023. 29, № 2, с. 149-166. Рус.**

Представлены результаты исследований собственных колебаний круговых слоистых цилиндрических оболочек, полностью заполненных неподвижной сжимаемой жидкостью и покоящихся на упругом основании, которое описывается двухпараметрической моделью Пастернака. Поведение упругой конструкции и жидкой среды описывается в рамках классической теории оболочек и уравнений Эйлера. Уравнения движения оболочки совместно с соответствующими геометрическими и физическими соотношениями сводятся к системе обыкновенных дифференциальных уравнений относительно новых неизвестных. Акустическое волновое уравнение преобразуется к системе дифференциальных уравнений с помощью метода обобщенных дифференциальных квадратур. Решение сформулированной краевой задачи осуществляется методом ортогональной прогонки Годунова. Для вычисления собственных частот колебаний используется сочетание пошаговой процедуры с последующим уточнением методом деления пополам. Достоверность полученных результатов подтверждена сравнением с известными численными и численно-аналитическими решениями. Для свободно опертых, жестко закрепленных и консольных двухслойных и трехслойных цилиндрических оболочек детально проанализированы зависимости низших частот колебаний от жесткости упругого основания. Продemonстрировано, что характер влияния упругого основания на фундаментальные частоты и соответствующие им формы колебаний оболочек с разными граничными условиями в большей степени зависит от схемы укладки и угла армирования композиционного материала.

**23.04-01.48 Численное определение нелинейных сил второго порядка, возникающих при взаимодействии отдельных видов качки судна на регулярном волнении. Семенова В.Ю., Альбаев Д.А. *Морские интеллектуальные технологии*. 2022. 2, № 2-2, с. 125-132. Рус.**

Рассматривается определение нелинейных сил второго порядка, обусловленных взаимодействием различных видов колебаний на основании применения трехмерной потенциальной теории. Для их определения необходимо вычисление потенциалов

второго порядка малости. Представленное решение в отечественной практике является новым. Решение задачи осуществляется на основании методов малого параметра и интегральных уравнений с учетом нелинейного граничного условия на свободной поверхности жидкости. В работе расчет интегралов по свободной поверхности проводится напрямую за счет их сходимости на бесконечном удалении от судна. Нелинейные силы и моменты определяются в работе с использованием различных функций Грина: для бесконечно-глубокой жидкости и жидкости ограниченной глубины, когда  $H \rightarrow \infty$ . Полученные результаты практически полностью согласуются между собой. Приводятся результаты расчетов нелинейных сил и моментов для разных судов. Расчеты представлены в сравнении с расчетами по двумерной теории, выполненными также для случая бесконечно глубокой жидкости и жидкости ограниченной глубины при больших значениях отношения глубины к осадке  $H/T$ . Показано хорошее согласование результатов между собой в большинстве случаев. Показана возможность расчета нелинейных сил, возникающих при взаимодействии отдельных видов качки на произвольных курсовых углах. Ключевые слова: метод интегральных уравнений, трехмерная потенциальная теория, потенциал второго порядка, функция Грина, нелинейные силы, взаимодействие колебаний, численные методы.

**23.04-01.49 Численное моделирование формирования звуков первого и второго тонов сердца. Рябов М.В., Грамович В.В., Мартынюк Т.В., Андреев В.Г. *Ученые записки физического ф-та МГУ*. 2023, № 4, с. 2340101-1- 2340101-7. Рус.**

Предложен алгоритм расчета первого и второго тонов сердца на основе колебательной модели с двумя степенями свободы. В модели учтены упругие параметры аортального и легочного клапанов, движение крови в близлежащих сосудах и их упругие колебания. Сила, действующая на легочный клапан во время его закрытия, рассчитывалась на основе разности давлений в правом желудочке и легочной артерии, которые определялись из данных катетеризации правых отделов сердца. Рассчитанные профили тонов сердца сравнивались с измеренными сигналами фонокардиограмм, зарегистрированными в процессе катетеризации. Показано хорошее соответствие сигналов при оптимальном выборе параметров клапана и сосудов. Выяснено, что соотношение пиков, частота и длительность сигналов тонов сердца наиболее чувствительны к величине скорости изменения давления при закрытии клапанов. Показано, что с помощью разработанной модели возможно прогнозировать вид профиля давления в правом желудочке после приема препарата для лечения легочной гипертензии. Результаты, полученные с использованием алгоритма, могут быть использованы для более детального понимания генерации тонов сердца у человека в норме и при патологии, а также разработки новых методов диагностики заболеваний сердца.

**23.04-01.50 Волны Россби и аномалии зональных потоков в аналогах ячеек Хэдли и ферреля общей циркуляции атмосферы: модель и эксперименты. Гледзер А.Е., Гледзер Е.Б., Хапаев А.А., Цветшани О.Г. *Известия РАН. Физика атмосферы и океана*. 2023. 59, № 4, с. 375-390. Рус.**

Проведены численные и лабораторные эксперименты при внешнем осесимметричном распределении поля скорости, генерируемого с помощью источников-стоков и МГД-методом во вращающемся круговом канале с наклонным дном. Секторальное уменьшение интенсивности внешнего силового воздействия в некотором интервале значений оказывает тормозящее влияние на скорость прохождения антициклонов по каналу, почти не влияя на динамику циклонов. При этом значительная часть движущихся антициклонов может исчезать, или практически останавливаться, или возникают новые квазистационарные антициклоны, хотя в видимой картине распространения вихрей в канале не происходило каких-либо заметных изменений в секторе, в котором осуществлялось внешнее вмешательство. Однако для осредненных характеристик поля вихря изменения заметны по всей площади канала или в отдельных его частях. Указанные аномалии можно трактовать как уменьшение интенсивности субтропической ячейки Хэдли, которое сопровождается ослаблением пассатов в каком-то секторе при-

экваториальной атмосферной циркуляции и уменьшением западного переноса в средних широтах. Состояние смеси стоячих и движущихся вихрей рассмотрено на основе простой аналитической модели резонансного взаимодействия транзитных (с промежуточным максимумом скорости) мод в сдвиге потока. При этом амплитуда стационарного фонового состояния имеет такую же зависимость от  $\beta$ -эффекта, как и для известного соотношения Свердруп для функции тока поверхностного течения в океанском бассейне при исследовании западной пограничной интенсификации течений.

См. также **23.04-01.22**, **23.04-01.26**

## Методы измерений и инструменты

**23.04-01.51 Режекторная автокомпенсация обратной связи в системах и установках сигнальной радиоакустики.** *Левченко Н.Р., Шилинговский Д.И. Инженерная физика.* 2023, № 7, с. 15-21. Рус.

Рассматривается анализ программно-аппаратных методов подавления электроакустической обратной связи в радиоэлектронных системах аудиомониторинга и телепроизводства. В работе приведен численный анализ сигнальных методов компенсации положительной обратной связи (ПОС) средств радиоакустики, а также архитектурное DSP-решение построения режекторной эквалазированной линейки с автоследящим многотональным звукоподавлением на базе аудиопроцессора ADAU1701 и программного комплекса разработки SigmaStudio в задачах автокомпенсации электроакустической ПОС при создании экспериментальных физических установок сигнальной радиоакустики. Методы: алгоритмы цифровой обработки сигналов, теория устойчивости звукоусилительных и звуко снимающих радиосистем, методы сигнальной радиоакустики, теория и методы анализа автоколебательных цепей, векторная теория звукового поля. Результаты: выявлены причины возникновения электроакустической обратной связи; предложен и исследован адаптивный алгоритм подавления электроакустической обратной связи; проведен анализ эксперимента с применением submodule автоподавления электроакустической обратной связи. Ключевые слова: сигнальная радиоакустика, электроакустическая обратная связь, подавитель обратной связи, радиоэлектронная система аудиомониторинга. DOI: 10.25791/infizik.7.2023.1341.

**23.04-01.52 Исследование низкочастотной сдвиговой упругости полиметилсилоксановой жидкости.** *Машанов А.Н., Дембелова Т.С. Вестник Бурятского гос. ун-та.* 2022, № 2-3, с. 37-43. Рус.

По существующим теориям жидкостей сдвиговая упругость должна проявляться при высоких мегагерцовых частотах. В лаборатории была обнаружена низкочастотная упругость. В работе проведено исследование низкочастотной сдвиговой упругости полиметилсилоксановой жидкости акустическим резонансным методом с применением пьезокварцевого резонатора. Определены модуль сдвиговой упругости, эффективная вязкость и тангенс угла механических потерь при частоте сдвиговых колебаний 73 кГц. Ключевые слова: тангенс угла механических потерь при частоте сдвиговых колебаний 73 кГц.

См. также **23.04-01.36**

## Колебания распределенных систем, вибрации, структурная акустика

**23.04-01.53 Решение начально-краевой задачи для колебаний каскадной системы твердых тел на балке Эйлера—Бернулли.** *Варгуев С.Г. Вестник Бурятского гос. ун-та. Математика, информатика.* 2023, № 2, с. 30-41. Рус.

Исследуются собственные колебания каскадной системы твердых тел, установленной на балке Эйлера—Бернулли. Гибридная система дифференциальных уравнений, описывающая колебания данной механической системы, выводится с использованием вариационного принципа Гамильтона. Решение этой системы понимается в обобщенном смысле. Ставится задача

на собственные частоты механической системы, указывается способ получения уравнения на частоты и форм собственных колебаний. Выводится условие ортогональности и решается начально-краевая задача с выводом формул для смещений точек оси балки в зависимости от их координат и времени, а также смещений произвольного числа твердых тел, образующих каскадную систему в зависимости от времени в виде конечных рядов. При этом решение начально-краевой задачи при фиксированных физических параметрах механической системы определяется видом краевых условий на концах балки, а также выбором начальных условий. DOI: 10.18101/2304-5728-2023-2-30-41.

**23.04-01.54 Асимптотическая теория управления для замкнутой струны.** II. *Локуцкий Л.В., Овсевич А.И. Труды Математического института имени В.А. Стеклова.* 2023. 321, с. <https://www.mathnet.ru/rus/tm4307>. Рус.

Развивается теория управления простейшей распределенной колебательной системой — замкнутой струной, к которой прилагается ограниченная нагрузка в одной выделенной точке. Мы даем точное описание тех состояний струны, которые могут быть приведены в покой, а также асимптотически точное выражение для требуемого времени. Используя приближенные множества достижимости вместо точных, мы строим управление по обратной связи, которое оказывается асимптотически оптимальным. Основной результат состоит в точной алгебраической формуле для асимптотической формы множеств достижимости, а также для построенного таким образом асимптотически оптимального управления.

**23.04-01.55 Колебания консольной балки.** *Сабитов К.Б., Фадеева О.В. Прикладная математика и физика (Ранее Научные ведомости Белгородского государственного университета (2007—2019)).* 2021. 53, № 1, с. 5-12. Рус.

Изучена начально-граничная задача для уравнения колебаний балки, один конец которой свободен, а другой заделан, т.е. для консольной балки. Решение поставленной задачи проведено методами спектрального анализа. Для спектральной задачи найдены собственные значения как корни трансцендентного уравнения и построена соответствующая система собственных функций. Показано, что построенная система собственных функций является ортогональной и полной в пространстве  $L_2$ . Единственность решения поставленной задачи доказана двумя способами. Первый способ основан на применении интеграла энергии, а второй — на полноте системы собственных функций. Решение данной начально-граничной задачи построено в виде суммы ряда по системе собственных функций соответствующей одномерной спектральной задачи. Найдены оценки коэффициентов этого ряда и системы собственных функций, на основании которых установлены достаточные условия на начальные функции, выполнение которых обеспечивает равномерную сходимость построенного ряда в классе регулярных решений уравнения колебаний балки. Опираясь на полученное решение данной задачи, установлена устойчивость ее решения в зависимости от начальных данных.

**23.04-01.56 Моделирование колебания мембраны шестиугольной формы.** *Чернышов Н.А., Голомидов Н.А., Маслиев А.И. Инженерный вестник Дона.* 2022, № 2, с. 80-87. Рус.

Получены некоторые частные решения для задачи о свободных колебаниях мембраны правильной шестиугольной формы с различным заданным начальным изгибом поверхности и найдены собственные частоты колебаний. Полученный результат можно использовать при моделировании конструкций крыла в форме шестиугольника таких летательных аппаратов как параплан.

**23.04-01.57 Анализ бесконечных систем линейных уравнений в задаче сложных колебаний заземленной прямоугольной пластины.** *Папков С.О., Папкина Ю.И. Инженерный вестник Дона.* 2022, № 11, с. 255-265. Рус.

Рассматривается задача о сложных (гибких) колебаниях заземленной по контуру прямоугольной ортоторпной пластины. Общее решение задачи, тождественно удовлетворяющее уравнению колебаний, строится на основе метода суперпозиции

в форме двух рядов Фурье. Граничные условия полного заземления приводят к однородной бесконечной системе линейных алгебраических уравнений относительно неопределенных коэффициентов в общем решении. Доказывается единственность ограниченного нетривиального решения бесконечной системы на собственной частоте колебаний, находится асимптотика неизвестных, строится эффективный алгоритм решения. Приводятся примеры численной реализации разработанного алгоритма для вычисления собственных частот и собственных форм колебаний пластины.

**23.04-01.58 Моделирование колебания мембраны в форме ромба. Чернышов Н.А., Лобакин А.С., Постнов А.А. Инженерный вестник Дона. 2022, № 12, с. 99-105. Рус.**

Представлено моделирование колебаний мембраны в форме ромба. Получены частные решения задачи о свободных колебаниях мембраны с различными начальными условиями и найдены собственные частоты колебаний. Полученный результат можно использовать при усилении элементов конструкций летательных аппаратов ячеистой ромбовидной структурой, а также при проектировании беспилотных дронов типа летающее крыло.

**23.04-01.59 О задаче управления колебаниями плоской мембраны распределенными силовыми воздействиями. Бобылева Т.Н., Шамаев А.С. Инженерный вестник Дона. 2023, № 1, с. 565-575. Рус.**

Рассматривается задача о приведении в покой колебаний плоской мембраны, управляемой с помощью сил, приложенных ко всей площади мембраны и ограниченных по абсолютной величине. Приводятся достаточные условия на начальные данные отклонения и скорости мембраны, при которых возможна полная остановка движения за конечное время. Проводится также оценка времени приведения в покой. Используемая в работе теорема об оценке собственных функций задачи Дирихле для уравнения Лапласа позволяет уточнить упомянутое достаточное условие по сравнению с работой Ф.Л. Черноушко, где рассмотрена аналогичная задача, и также применяется метод разложения неизвестного управления и соответствующего решения по собственным функциям задачи Дирихле для уравнения Лапласа.

**23.04-01.60 Влияние вибрации на точность измерений с помощью лазерных координатно-измерительных систем в производственных условиях. Людоговский П.Л., Федяев В.Л., Комкова М.А. Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. 2022, № 2, с. 146-151. Рус.**

Представлены результаты экспериментальных исследований влияния колебательных процессов на точность измерений объектов лазерными координатно-измерительными системами на базе лазерных трекеров в различных производственных условиях. Предложена методика оценки точности измерений, учитывающая колебания технических систем для различных условий производства. Даны рекомендации для учета погрешностей измерений объектов лазерными координатно-измерительными системами для агрегатно-сборочного, механического производства и лабораторных помещений.

**23.04-01.61 Распространение вибраций в тонкостенных каркасированных конструкциях. Паймушин В.Н., Фирсов В.А., Шишкин В.М., Газизуллин Р.К. Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. 2022, № 3, с. 49-54. Рус.**

В рамках проведенных экспериментальных исследований рассматривается обнаруженное явление прохождения вибраций в тонкостенных многопролетных конструкциях через жесткие опорные крепления независимо от их конструктивного исполнения.

**23.04-01.62 Вопросы обеспечения виброустойчивости современных авиационных блоков электроники. Исмагилов Ф.Р., Вавилов В.Е., Ямалов И.И., Уразбагтин Р.Р., Бикчурин А.И. Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. 2022, № 4, с. 12-18. Рус.**

Исследуются вопросы обеспечения виброустойчивости

современных авиационных блоков электроники на примере инверторного преобразователя разработки научно-исследовательского коллектива ФГБОУ ВО «УГАТУ» (Уфа).

**23.04-01.63 Флаттер цилиндрической оболочки. Агвазин С.Д. Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. 2023, № 1, с. 11-16. Рус.**

Рассматривается флаттер цилиндрической оболочки конечной длины. Приведен современный алгоритм без насыщения, рассмотрены конкретные расчеты, показавшие его высокую эффективность.

**23.04-01.64 Динамический гаситель вибрационного автоматического загрузочного устройства с разделением возбуждением колебаний. Фам Х.Х. Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2022, № 3, с. 532-537. Рус.**

Статья посвящена исследованию и расчету динамического гасителя вибрационного автоматического загрузочного устройства с разделением возбуждением колебаний.

**23.04-01.65 Влияние конструкции прижимающих механизмов тормоза дисково-колодочного типа на колебания, возникающее в контакте фрикционного узла. Поляков П.А. Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2022, № 5, с. 408-420. Рус.**

Приводится анализ динамических процессов, происходящих в дисковоколодочных тормозах с различной конструкцией прижимающих механизмов: с передаточным механизмом и непосредственным действием. В качестве критериев влияния выступают жесткость и диссипативные коэффициенты элементов прижимающего механизма. Были определены уравнения колебаний тормозных колодок при торможении. Параметры влияния разделялись по принципу влияния на собственные затухающие и на вынужденные колебания для различных конструкций тормозных механизмов. Определены критерии влияния на коэффициент нарастания колебаний, и тем самым определены величины амплитуды отскока тормозной колодки от рабочих поверхностей тормозного диска. Сформулированы принципы возникающей неустойчивости тормозного момента в процессе торможения, что оказывает влияние на снижение эксплуатационных характеристик тормозного механизма в целом.

**23.04-01.66 Система виброакустической безопасности стенда виброударного упрочнения лонжеронов вертолетов. Шамишур С.А. Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2022, № 5, с. 448-452. Рус.**

Для рассматриваемого в работе оборудования характерно то, что для всех типов длина намного больше ширины и высоты. Это обстоятельство позволяет разработать систему шумозащиты с максимально возможной унификацией и ограничить поверхности элементов ограждения плоскостями и полцилиндрическими конструкциями. Для достижения требуемой звукоизолирующей способности варьирование размерами элементов ограждения крайне ограничено. Поэтому обеспечение требуемой акустической эффективности достигается подбором толщин элементов стенок, количеством слоев, т.е. применением "сэндвич" панелей. Поверхности элементов ограждения облицовываются вибродемпфирующими и звукопоглощающими материалами.

**23.04-01.67 Исследование боковых колебаний жесткой двухосной тележки на прямом участке пути. Губарев П.В., Шапшал А.С., Глазунова А.Д. Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2023, № 2, с. 544-546. Рус.**

Проведено исследование боковых колебаний жесткой двухосной тележки на прямом участке пути. Описано устройство и принцип работы тележки подвижного состава. Рассмотрена расчетная схема движения жесткой тележки на прямом участке пути. Дифференциальными уравнениями описаны: движение жесткой тележки с коническими бандажами на прямом участке пути, угловая упругая связь тележки с кузовом. Полученные выражения позволяют анализировать поведение экипажа подвижного состава в рельсовой колее железнодорожного пути, а также позволяют проводить моделирование этих процессов по

известным разработанным программам.

**23.04-01.68** Моделирование упругодиффузионных колебаний шарнирно опертой пластины Тимошенко под действием распределенной по поверхности нагрузки. *Григорьевский Н.В., Земсков А.В., Малашикин А.В. Мат. моделир.* 2023. 35, № 8, с. 31-50. Рус.

Рассматривается нестационарная задача об изгибе однородной ортотропной шарнирно опертой упругодиффузионной пластины Тимошенко, находящейся под действием распределенной по поверхности механической нагрузки. Исходная математическая постановка задачи включает в себя систему уравнений механо-диффузии для сплошных сред, которая учитывает конечную скорость распространения диффузионных возмущений. Уравнения нестационарных упругодиффузионных колебаний пластины получены из уравнений для сплошной среды с помощью обобщенного принципа виртуальных перемещений с использованием гипотез Тимошенко. Решение ищется с помощью преобразования Лапласа и разложения в ряды Фурье. Оригиналы находятся аналитически, с помощью вычетов и таблиц операционного исчисления.

**23.04-01.69** Резонансные колебания трехслойной цилиндрической оболочки с упругим наполнителем. *Старовойтов Э.И., Леоненко Д.В. Мех. композиц. матер. и конструкций.* 2016. 22, № 1, с. 60-68. Рус.

Приведена постановка и решение задачи о вынужденных колебаниях трехслойной цилиндрической оболочки, заполненной упругой средой (наполнителем). Для изотропных несущих слоев приняты гипотезы Кирхгофа—Лява. В толстом наполнителе учитывается работа поперечного сдвига и обжатие по толщине. Изменение перемещений принято линейным по поперечной координате. На границах контакта используются условия непрерывности перемещений. Учтены радиальные и окружные силы инерции. Реакция упругого наполнителя описывается моделью Винклера. Получен ряд аналитических решений и проведен численный анализ зависимостей перемещений при действии резонансного нагружения.

**23.04-01.70** Конечно-элементное моделирование плоского движения гибкой стержневой системы со связями. *Данилин А.Н. Мех. композиц. матер. и конструкций.* 2016. 22, № 4, с. 467-490. Рус.

Моделируется динамическое поведение движущейся конструкции, составленной из гибких стержневых элементов, которые соединяются через шарниры. Предполагается, что в шарнирах есть связи — жесткие и нежесткие, управляемые и неуправляемые. Математически они считаются дифференциальными в интегрируемой или неинтегрируемой формах. Модель стержневой системы строится на основе метода конечных элементов, учитывая конечные деформации и нелинейности инерционных сил. Считается, что концы каждого стержневого элемента жестко соединены с твердыми телами, размеры которых малы по сравнению с длиной элемента. Каждый конечный элемент связывается с локальной системой координат, для которой перемещения, углы поворотов, поступательные и вращательные скорости учитываются строго. Функции формы выбираются в виде квазистатических аппроксимаций локальных перемещений и углов поворотов сечений стержневого элемента. В качестве обобщенных координат задачи принимаются абсолютные перемещения и углы поворотов краевых сечений конечных элементов модели. Уравнения движения системы составляются на основе принципа Даламбера—Лагранжа. Считается, что на обобщенные координаты системы наложены связи, линейные относительно обобщенных скоростей. Вариация функционала задачи, для которого ищется стационарное значение, преобразуется путём прибавления уравнений связей, умноженных на неопределённые множители Лагранжа. Вариационная задача для преобразованного функционала решается как свободная. Условия стационарности вместе с дифференциальными уравнениями связей определяют искомые значения обобщенных координат. Рассматриваются варианты упрощения записи уравнений движения, основанные на использовании линейных функций формы и на методе сосредоточенных масс.

**23.04-01.71** Устойчивость трехслойной оболочки с кольцевыми ребрами в сверхзвуковом потоке газа. *Со-*

*ломонов Ю.С., Георгиевский В.П., Недбай А.Я., Конопельчев М.А. Мех. композиц. матер. и конструкций.* 2017. 23, № 3, с. 435-443. Рус.

Для защиты электронных приборов и пиротехнических средств летательных аппаратов от воздействия негативных факторов внешней среды используются конструкции в виде трехслойных оболочек, в которых наполнитель, обладая специальными функциональными свойствами, позволяет обеспечить минимальную теплопроводность, радиопрозрачность и звукоизоляцию, а геометрические и физические параметры несущих слоев дают возможность минимизировать массу конструкции. В данной работе рассматривается панельный флаттер трехслойной цилиндрической оболочки, состоящей из несимметричных ортотропных несущих слоев и ортотропного легкого заполнителя при внешнем обтекании сверхзвуковым потоком газа. Оболочка дискретно подкреплена кольцевыми ребрами, жестко соединенными с несущими слоями. Учет тангенциальной составляющей контактного взаимодействия между ребрами и слоями значительно повышает точность расчета. Торцы оболочки шарнирно оперты и равномерно нагружены сжимающими силами. Решение задачи ищется в виде тригонометрического ряда по продольной координате с использованием метода Бубнова—Галеркина. Полученная система алгебраических уравнений с помощью метода Данилевского сводится к характеристическому полиному восьмой степени. С использованием уравнения параболы устойчивости и понижения порядка с помощью алгебраических операций характеристическое уравнение сводится к системе двух алгебраических уравнений. Устойчивость полученной в результате матрицы коэффициентов анализируется с применением критерия Рауса—Гурвица. На числовом примере показано влияние размеров, места расположения и количества ребер, длины оболочки и величины сжимающей силы на критическую скорость обтекания.

**23.04-01.72** Расчетные модели изгиба балки с учетом деформации сдвига. *Фирсанов В.В. Мех. композиц. матер. и конструкций.* 2020. 26, № 1, с. 98-107. Рус.

Классическая модель изгиба балки построена на гипотезах Бернулли: предполагается отсутствие поперечной линейной деформации, сдвиговой деформации в плоскости, где — продольная, а — поперечная координаты балки, и отсутствие поперечного нормального напряжения. При этом, и поперечное нормальное, и касательное напряжения сохраняются в уравнениях равновесия, поскольку без них задача изгиба балки не имеет решения. Выполнением соответствующих физических соотношений пренебрегают. Для изотропного и ортотропного линейно упругих материалов сдвиговая деформация определяется делением касательного напряжения на модуль сдвига. Чем больше модуль сдвига, например, по сравнению с модулем упругости при растяжении и изгибе, тем мы ближе к гипотезе отсутствия сдвиговых деформаций, и, наоборот, чем меньше модуль сдвига, тем проблематичней использование указанной гипотезы. Особенно это актуально для задачи изгиба ортотропных пластин, не армированных в поперечном направлении. В этом случае модуль сдвига в поперечном направлении в основном определяются свойствами слабого связующего и могут быть значительно меньше физических характеристик ортотропного пакета с плоскостным армированием. В балке армирование осуществляется в плоскости, и если в поперечном направлении балку можно не армировать из-за слишком малого нормального поперечного напряжения, то небольшое количество слоёв под углами необходимо добавить к пакету, так как изгибаемая балка работает также на сдвиг. Поэтому модуль сдвига определяется не только связующим, но и армирующими волокнами, и может быть соизмерим с модулем упругости, и быть в несколько раз меньше, в зависимости от количества армирующих волокон. Целью работы является оценка влияния сдвиговой деформации на напряжённо-деформированное состояние балки.

**23.04-01.73** Вариант уточнения классической теории изгиба тонких пластин. *Фирсанов В.В. Мех. композиц. матер. и конструкций.* 2020. 26, № 4, с. 501-512. Рус.

Классическая теория изгиба тонких пластин базируется на гипотезах Кирхгофа об отсутствии нормальных напряжений в поперечном к основаниям пластинки направлении, неизме-

няемости длины нормального к срединной плоскости элемента пластинки, что означает неизменяемость толщины и отсутствие линейной деформации в поперечном направлении, отсутствии деформаций сдвига в плоскостях, перпендикулярным основаниям пластинки. При этом в уравнениях равновесия и нормальные напряжения в поперечном направлении, и касательные напряжения, связанные со сдвиговыми деформациями физическими соотношениями, остаются, но при этом, очевидно, нарушаются физические связи. Уточнение классической теории, как правило, связано с отказом от всех гипотез Кирхгофа, что значительно усложняет такую модель, либо отказ от одной или двух кинематических гипотез. Например, можно перемещение в поперечном направлении задавать в виде степенного ряда по поперечной координате. В этом случае, если степени чётные, линейная деформация в поперечном направлении отлична от нуля, но нормальный элемент, соединяющий основания пластинки, не меняет своей длины, что не находится в противоречии с гипотезой Кирхгофа. Но такой подход может не привести к существенным уточнениям классической модели, поэтому для более или менее существенного уточнения предполагается наиболее приемлемым отказ от гипотезы отсутствия сдвиговых деформаций в поперечных к основаниям пластинки плоскостях. В этом случае физическая связь между сдвигами и напряжениями восстанавливается. Учёт указанных деформаций сдвига особенно важен для материалов, обладающих низкой сдвиговой жёсткостью в поперечных направлениях. Ещё одной причиной, побуждающей к уточнению классической модели изгиба пластин, является недостаточно точное удовлетворение некоторых граничных условий, которое связано с внесением в расчётную модель обобщённой перерезывающей силы Кирхгофа, состоящей из чисто перерезывающей силы и приращения по одной из плоскостных координат крутящего момента. При определённых уточнениях можно решить проблему трёх граничных условий на свободных от закрепления краях пластинки.

**23.04-01.74** **Нестационарное взаимодействие трехслойной пластины с затухающей плоской волной в упругой среде.** *Локтева Н.А., Нгуен З.Ф. Мех. композиц. матер. и конструкций.* 2021. 27, № 1, с. 31-46. Рус.

Выполнено исследование взаимодействия трехслойной пластины с затухающей плоской волной в грунте. В качестве модели преграды в грунте рассматривается трехслойная пластина, описываемая системой уравнений Паймушина В.Н., помещенная в грунт и делящая его на две части. Рассматривается плоская постановка задачи. Граничные условия соответствуют шарнирному закреплению преграды, а начальные условия являются нулевыми. В качестве внешнего воздействия рассматривается плоская затухающая волна, индуцированная в одной из полуплоскостей. Для описания движения грунта используются уравнения теории упругости, соотношения Коши и физический закон или же эквивалентные им перемещения в потенциалах и уравнения Ламе. Задача решается в связанной постановке, где совместно рассматривается движение пластины и окружающих ее сред. Все компоненты уравнений движения пластины и сред раскладываются в тригонометрические ряды, удовлетворяющие граничным условиям, и к ним применяется преобразование Лапласа. Для задания плоской затухающей набегающей волны рассматривается скалярный потенциал поля перемещений, к которому так же применяется преобразование Лапласа по времени и разложение в тригонометрический ряд по координате. В качестве условий контакта пластины и грунта принимается равенство нормальных перемещений и напряжений на границе среды и пластины. Так же считается, что амплитуды давлений и нормальные напряжения совпадают. После определения из условий контакта констант, находят значения перемещения и значения нормальных и касательных напряжений, после чего находятся их оригиналы. Так как аналитическое определение оригиналов функций невозможное, то применяется метод Дурбина.

**23.04-01.75** **Конечно-элементное моделирование колебаний композитных балок с учётом демпфирования нелокального во времени.** *Сидоров В.Н., Бадьина Е.С. Мех. композиц. матер. и конструкций.* 2021. 27, № 1, с. 65-72. Рус.

Статья посвящена конечно-элементному моделированию за-

тухающих колебаний изгибаемых стержневых элементов, выполненных из материалов со сложной внутренней структурой. При моделировании методом конечных элементов учитываются внешнее демпфирование (трение о внешнюю среду) и внутреннее демпфирование (внутреннее трение). Внешнее демпфирование принимается локальным, то есть зависящим от скорости перемещения в рассматриваемой точке только в текущий момент времени, а внутреннее демпфирование — нелокальным во времени, то есть зависящим от скоростей перемещений на предыдущих временных шагах. В отличие от модели демпфирования нелокальной по координате, модель демпфирования нелокальная по времени может быть сравнительно легко встроена в алгоритм метода конечных элементов. Для решения уравнения равновесия балочного элемента в движении используется метод центральных разностей. При этом непрерывное ядро оператора внутреннего демпфирования заменяется его дискретным аналогом. Модель колебаний балки с учётом нелокального демпфирования реализована в программном комплексе MATLAB. В качестве численного примера рассматриваются колебания балки, выполненной из термореактивного винилэфирного стеклопластика. Параметры управляемой нелокальной модели подобраны с использованием метода наименьших квадратов по данным численного эксперимента, выполненного в верифицированном расчётном комплексе SIMULIA Abaqus CAE с учётом ортотропных свойств материала балки. Показано преимущество использования более гибкой нелокальной модели вместо локальной (основанной на гипотезе Фойгта) при моделировании колебаний балки, выполненной из ортотропного материала, в случаях, когда предпочтительным является применение одномерных моделей.

**23.04-01.76** **Модель нестационарного изгиба упруго-диффузионной балки Бернулли—Эйлера на винклеровском основании.** *Вестяк А.В., Земсков А.В., Тарлаковский Д.В. Мех. композиц. матер. и конструкций.* 2021. 27, № 1, с. 110-124. Рус.

Рассматривается задача о нестационарных упруго-диффузионных колебаниях ортотропной балки Бернулли—Эйлера, находящейся под действием распределенной поперечной нагрузки. Балка находится на упругом основании, модель которого является основанием Винклера. Математическая постановка представляет собой замкнутую систему уравнений изгиба балки Бернулли—Эйлера с учетом диффузии, которая получена с помощью вариационного принципа Даламбера из модели упругой диффузии для сплошных сред, учитывающей релаксацию диффузионных потоков. Замыкают постановку задачи однородные краевые условия, выражающие условия свободного опирания и нулевые начальные условия, означающие отсутствие внутренних возмущений в начальный момент времени. Решение задачи ищется с помощью метода функций Грина и представляется в виде свертки функций влияния с функциями, задающими нестационарные объемные возмущения. Для нахождения функций Грина используется интегральное преобразование Лапласа по времени и разложение в ряды Фурье по продольной координате. В результате, исходная система уравнений упруго-диффузионных колебаний балки приводится к системе линейных алгебраических уравнений относительно коэффициентов Фурье искоемых функций в пространстве преобразования Лапласа. Обращение преобразования Лапласа осуществляется с помощью вычетов и таблиц операционного исчисления. Рассмотрены расчетные примеры для трехкомпонентной балки прямоугольного сечения. Найдены прогибы балки и изменение концентраций диффузантов под действием внезапно приложенной распределенной поперечной нагрузки. На примере трехкомпонентного материала выполнено численное исследование взаимодействия нестационарных механического и диффузионного полей в ортотропной балке. Результаты вычислений представлены в аналитической форме и в виде графиков зависимости искоемых полей перемещения и приращений концентрации компонент среды от времени и координат. В заключении приведены основные выводы о влиянии связанности полей на напряженно-деформированное состояние и массоперенос в балке.

**23.04-01.77** **Сравнительный анализ вибропоглощающих свойств трехслойной и однородной преград под**

воздействием нестационарной нагрузки. *Локтева Н. А., Нгуен З. Ф. Мех. композиц. матер. и конструкций. 2022. 28, № 1, с. 19-35. Рус.*

Продемонстрирован общий подход, позволяющий решать связанные задачи о взаимодействии упругой среды, в которой возбуждаются нестационарные волны различного типа, и вибропоглощающей преграды. Для этого рассмотрены отдельно движение упругой среды и пластин различного вида. Все поставленные задачи решаются в безразмерном виде. Для построения решений все функции были разложены в тригонометрические ряды Фурье и к ним применено прямое преобразование Лапласа по времени. Решена задача об определении кинематических и динамических параметров среды, в которой были индуцированы волны различного вида: затухающие плоская и цилиндрическая волны. Получено решение вспомогательной задачи об определении поверхностных функций влияния упругого полупространства при возникновении поля перемещения на границе этого полупространства. Решены краевые задачи о нестационарном взаимодействии упругих сред и преграды. При этом использованы различные подходы: поиск решения для однородной пластины Кирхгофа—Лява строится на результатах решения вспомогательной задачи, а для пластины Паймушина В.Н. — условия контакта среды и преграды. Таким образом, в пространстве отображений в коэффициентах рядов были найдены перемещения в грунте после прохождения волной преграды, а также напряжения и деформации. При выполнении обратного преобразования Лапласа оказалось невозможным выполнить обращение аналитическим образом. Тогда был применен численно-аналитический модифицированный метод Ф. Дурбина. В результате были рассмотрены конкретные примеры взаимодействия преград и волн в упругой среде, для чего найдена эквивалентная трехслойной преграде однородная пластина. Исходя из найденных коэффициентов редукции сделан вывод о более эффективных поглощающих свойствах трехслойной пластины. Внешнее воздействие будет представлять собой затухающие волны, распространяющиеся из среды «1» и имеющие различный вид. Будут рассматриваться плоские и цилиндрические волны. Обозначенные задачи будут решаться в плоском безразмерном виде независимо от координаты  $y$ . Модель взаимодействия упругих сред с пластиной, где в качестве преград могут выступать: а — трехслойная пластина, б — однородная пластина; в качестве внешнего воздействия могут выступать: в — плоская затухающая волна, г — цилиндрическая затухающая волна. Приведен один из рассматриваемых вариантов, где в качестве модели трехслойной преграды используется модель пластины Паймушина В.Н. под воздействием плоской волны.

**23.04-01.78** О моделировании субколебаний двух проводов, связанных распорками. *Шавня Р. А., Курдюмов Н. Н., Данилин А. Н., Фельдштейн В. А. Мех. композиц. матер. и конструкций. 2022. 28, № 2, с. 203-222. Рус.*

Рассматривается система из двух проводов, связанных дистанционными распорками в виде жестких стержней. На провода действует ветровой поток так, что один провод находится в аэродинамическом (спутном) следе другого, что приводит к возникновению автоколебательного процесса. Следовая связь между проводами моделируется с помощью модифицированной теории Симпсона с использованием эмпирических данных Блевинса и Прайса. Дифференциальные уравнения колебаний выводятся на основе принципа возможных перемещений в обобщенных координатах с учётом нелинейностей упругих и инерционных сил, а также аэродинамических сил в спутном следе. Для дискретизации по пространственным координатам используется метод конечных элементов с выбором линейных и тригонометрических функций формы в качестве базисных. Сила натяжения и продольная деформация провода считается в пределах элемента постоянными величинами. Зависимость деформации от поперечных перемещений определяется квадратичным приближением. Для получения конечных выражений для аэродинамических сил используются полиномиальные аппроксимации экспериментальных данных, а также линеаризация выражений для этих сил, записанных в локальных (элементных) координатах.

**23.04-01.79** Нелинейная динамика плоской упругой стержневой системы в редуцированной квазистатиче-

ской постановке по изгибу. *Русский С. В. Мех. композиц. матер. и конструкций. 2022. 28, № 2, с. 274-287. Рус.*

Рассматривается нелинейная динамика плоской упругой стержневой системы, которая состоит из произвольного числа упругих нерастяжимых стержней, связанных между собой на концах упруговязкими шарнирами, допускающими большие относительные углы поворота. Перемещения каждого стержня описываются его конечным поворотом как твердого тела относительно прямой, соединяющей два соседних шарнирных узла, и изгибом с малым поперечным перемещением. Активное управление системой осуществляется с помощью горизонтальных и вертикальных сил, приложенных в шарнирных узлах. Уравнения движения составной системы с произвольным числом стержневых элементов в неподвижной системе координат составлены на основе принципа возможных перемещений и представлены в виде конечных формул, удобных для численного интегрирования с использованием стандартных программ и алгоритмов, реализуемых в языках компьютерной алгебры. Редуцирование исходной системы уравнений выполняется по квазистатическому изгибу путем пренебрежения инерцией изгибных форм движения стержней и исключения обобщенных координат, представляющих эти формы, которые являются углами между касательной к изогнутой оси стержня и его недеформированной осью. Таким образом, из уравнений движения системы исключаются «быстрые переменные». Представлен алгоритм преобразования исходных уравнений в уравнения редуцированной системы для произвольного числа стержневых элементов системы. Рассмотрен пример численного решения задачи о реакции стержневой системы на произвольный возмущающий импульс в полной и редуцированной постановках. Приведены сравнения и даны оценки точности и трудоемкости численного интегрирования при рассмотрении полной системы нелинейных дифференциальных уравнений и уравнений редуцированной системы.

**23.04-01.80** Колебание балки, состоящей из волокнистого композита с вязкоупругим покрытием. *Кривень Г. И., Шавелькин Д. С. Мех. композиц. матер. и конструкций. 2022. 28, № 4, с. 511-523. Рус.*

Рассматриваются поперечные колебания шарнирно опертой в общем случае слоистой композитной полосы. Предполагается, что слои полосы выполнены из волокнистого материала с различной ориентацией волокон в различных слоях системы, а волокна имеют тонкое вязкоупругое покрытие, свойства которого отличается от свойств матрицы, обеспечивающей монолитность. Слои балки считаются трансверсально изотропными. Вязкоупругое покрытие может обеспечивать высокие диссипативные свойства материала композитной слоистой полосы. Исследуются собственные частоты и коэффициенты потерь в зависимости от толщины вязкоупругого покрытия. Для оценки диссипативных свойств используется техника комплексных модулей упругости. Эффективные свойства слоев, содержащих волокна с вязкоупругим слоем, определяются с использованием метода трех фаз с использованием самосогласованного метода Эшелби, позволяющего получить аналитические оценки модулей и эффективно использовать метод комплексных модулей упругости. Показывается, что для уточненной оценки собственных частот и коэффициентов потерь при квазистационарных колебаниях следует использовать наиболее точную модель стержней, в противном случае погрешности в оценке искомым параметров являются недопустимо большими. Одной из целей работы является оценка влияния толщины вязкоупругого покрытия на коэффициенты потерь и определение оптимальных значений покрытия, при которых коэффициенты потерь становятся значительными, но и эффективные жесткостные характеристики сохраняются высокими. В качестве примера рассматриваются стержни, выполненные из трех различных слоистых композитных: 1) стержень выполнен из слоев с продольной укладкой модифицированных волокон, 2) стержень выполнен из плоских слоев с волокнами, оложенными в ортогональном направлении по отношению к оси стержня, 3) слоистый материал стержня выполнен из системы двух слоев с укладкой волокон  $\pm 45^\circ$ .

**23.04-01.81** Функции Грина для балки Тимошенко, связанной с деформируемым основанием. *Гриц-*

ков А.В., Киреевков А.А., Федотенков Г.В. *Мех. композиц. матер. и конструкций*. 2022. 28, № 4, с. 561-574. Рус.

Построены и исследованы нестационарные фундаментальные решения (функции Грина) задачи для неограниченной балки Тимошенко, связанной с деформируемыми основаниями различных типов. В качестве моделей оснований рассмотрены однопараметрическое основание Винклера, двухпараметрическая модель основания Пастернака и трёхпараметрическая модель инерционного основания Пастернака. Для построения решения использован аппарат интегральных преобразований Лапласа по времени и Фурье по пространственной координате. Для построения оригиналов изображений по Фурье и Лапласу предложено два способа аналитического обращения. Первый из них базируется на связи интегрального преобразования Фурье с разложением в ряд на переменном интервале. Второй способ основан на разложении изображений в ряды по степеням рациональных функций и применим только в случае отсутствия основания. Построены интегральные представления решения. Входящие в них интегральные операторы имеют вид свёрток с ядрами в виде найденных функций влияния. Приведены примеры расчётов.

**23.04-01.82 Нелинейная динамика тел, соединённых растяжимым абсолютно гибким тросом. Шавня Р.А.** *Мех. композиц. матер. и конструкций*. 2023. 29, № 2, с. 231-246. Рус.

Рассматривается динамика пространственного движения космического аппарата (КА) с растяжимым, абсолютно гибким тросом с массой (полезной нагрузкой) на конце в центральном гравитационном поле. В расчетной модели трос разбивается на участки (конечные элементы), распределенная масса троса заменяется системой сосредоточенных масс в узлах элементов. Распределенная гравитационная нагрузка также приводится к узлам конечно-элементной модели. КА считается абсолютно жестким телом, с которым связывается подвижная координатная система, совершающая движение относительно некоторой инерциальной системы координат. Участки выпущенной части троса считаются прямолинейными. Сила натяжения и продольная деформация троса считаются в пределах конечного элемента постоянными величинами. Искомыми неизвестными задачи являются координаты узлов конечно-элементной модели и узлы поворота КА относительно инерциальной системы координат. Дифференциальные уравнения движения космического аппарата с выпускаемым тросом составляются на основе принципа возможных перемещений в обобщенных координатах с учётом нелинейностей упругих и инерционных сил. Полученная в результате замкнутая система нелинейных дифференциальных уравнений позволяет определить зависимости искомых величин от времени. В качестве примеров приводятся решения двух консервативных задач: о падении закрепленного в начальной точке троса в плоскости с грузом на свободном конце; о буксировке груза с помощью веселого троса. В задаче о буксировке предварительно была решена нелинейная статическая задача с целью определения начальной конфигурации троса. Решения получены путём численного интегрирования нелинейных уравнений движения методом Рунге—Кутты—Фельберга 4—5 порядков с автоматическим выбором шага. Устойчивость вычислений контролировалась по выполнению закона сохранения полной энергии системы.

**23.04-01.83 Динамика микромеханического гироскопа типа R-L с двумя точечными массами в режиме свободных колебаний. Антонов Е.А., Грибова О.В.** *Вестн Том. гос. ун-та. Математика и механика*. 2023, № 82, с. 55-65. Рус.

Рассматривается микромеханический гироскоп типа R-L в режиме свободных колебаний. Для рассматриваемой расчетной схемы гироскопа построена соответствующая функция Лагранжа и получены уравнения движения в линейной постановке задачи. Найдено решение в переменных амплитуда-фаза при помощи метода осреднения Крылова—Боголюбова. В итоге получены уравнения для угла прецессии гироскопа и исследовано поведение гироскопа в орбитальных координатах.

**23.04-01.84 Численное определение нелинейных сил второго порядка, возникающих при взаимодействии от-**

**дельных видов качки судна в условиях мелководья. Семенова В.Ю., Альбаев Д.А.** *Морские интеллектуальные технологии*. 2022. 3, № 3-1, с. 319-327. Рус.

Рассматривается определение нелинейных сил второго порядка, обусловленных взаимодействием различных видов колебаний судна на основании применения трехмерной потенциальной теории в условиях мелководья. Для их определения необходимо вычисление потенциалов второго порядка малости. Представленное решение в отечественной практике является новым. Решение задачи осуществляется на основании методов малого параметра и интегральных уравнений с учетом нелинейного граничного условия на свободной поверхности жидкости. В работе расчет интегралов по свободной поверхности проводится напрямую за счет их сходимости на бесконечном удалении от судна. Нелинейные силы и моменты определяются в работе с использованием функции Грина для жидкости ограниченной глубины. Приводятся результаты расчетов нелинейных сил и моментов для разных типов судов. Расчеты представлены в сравнении с расчетами по двумерной теории, выполненными также для случая жидкости ограниченной глубины. Показано хорошее согласование результатов между собой в большинстве случаев. Показано значительное влияние уменьшения относительной глубины на все составляющие нелинейных сил без исключения, независимо от типа судна. Ключевые слова: метод интегральных уравнений, трехмерная потенциальная теория, потенциал второго порядка, функция Грина, нелинейные силы, взаимодействие колебаний, мелководье.

**23.04-01.85 Применение и сравнение различных методов вычисления предельных изгибающих моментов корпуса судна. Коршунов В.А., Манухин В.А., Родионов А.А.** *Морские интеллектуальные технологии*. 2022. 4, № 4-2, с. 27-35. Рус.

Статья посвящена сравнению трех методов вычисления предельных изгибающих моментов корпусов судов: классического метода Ю.А. Шиманского; пошагово-итерационного метода согласно Общим правилам МАКО и метода конечных элементов (МКЭ). Расчеты выполнены для стального понтона упрощенной формы и конструкции при действии постоянного прогибающего момента в продольной вертикальной плоскости понтона. Величины предельного изгибающего момента, являющегося характеристикой общей несущей способности при прогибе и перегибе корпуса судна, используются в критерии предельной прочности и нормируются. Поэтому сравнение методов расчета и получаемых величин предельных моментов между собой весьма актуально. В статье для расчетов использованы, с одной стороны — расчетная процедура пошагово-итерационного метода, реализованная в СПбГМТУ в виде программного приложения Ultimate Strength (VB) для PMPC, а с другой — конечно-элементное моделирование в ANSYS. Показано, что все три метода приводят к близким результатам. Однако наименьшие значения предельного момента получаются в случае использования МКЭ. Проанализированы варианты конечно-элементной модели (КЭМ) с идентичной сеткой, приводящие к различным по виду предельным состояниям модели и соответствующим им значениям предельного момента. Ключевые слова: предельный изгибающий момент, фибровая текучесть, редуцированная жесткость, пошагово-итерационный метод, кривизна оси, конечно-элементная модель.

**23.04-01.86 Определение амплитуд вторых гармоник нелинейной качки судна на регулярном волнении. Семенова В.Ю., Альбаев Д.А.** *Морские интеллектуальные технологии*. 2022. 4, № 4-2, с. 36-44. Рус.

Рассматривается определение суммарных нелинейных сил и соответствующих амплитуд второго порядка различных видов качки на основании применения трехмерной потенциальной теории. Проведена оценка влияния отдельных составляющих нелинейных сил в суммарном силовом воздействии на судно. Выполнено сравнение расчетов амплитудно-частотных характеристик второго порядка с расчетами по различным двумерным методам. Показано хорошее согласование результатов между собой в большинстве случаев. Показано, что влияние нелинейных сил приводит к появлению супергармонических резонансных режимов вертикальной, бортовой и килевой качки, имеющих место в зоне частот в два раза меньших соответствующим

ющих собственных частот. Приведены результаты расчетов амплитуд вторых гармоник на различных курсовых углах. Показано, что наибольшее влияние нелинейные факторы имеют место при расположении судна лагом. Приведены результаты расчетов амплитудно-частотных характеристик поперечных видов качки с учетом нелинейных факторов. Показано их значительное влияние в зоне низких частот.

**23.04-01.87 Особенности колебаний регулярных перекрытий с одним стрингером при разном конструктивном оформлении. Притыкин А.И. Морские интеллектуальные технологии. 2022. 4, № 4-3, с. 46-52. Рус.**

Вибрация является одним из источников появления трещин в обшивке судовых перекрытий, когда, например, конструкция попадает в резонанс с вынужденными колебаниями от гребного винта или работы двигателя. Однако точный динамический расчет перекрытий даже в простейших случаях связан с весьма сложными выкладками. К тому же перекрытие в этом случае рассматривается как система балок с неясными геометрическими характеристиками из-за неопределенности величин присоединенных поясков. Наиболее эффективным методом исследования колебаний перекрытий является метод конечных элементов, позволяющий учесть все нюансы деформации конструкции при динамическом воздействии на нее. В данной работе проведены расчеты собственных частот и соответствующих им форм колебаний бортового перекрытия разного конструктивного оформления, связанного с размерами балок, их формой, размером шпации и характером опирания по контуру. Полученные результаты МКЭ и по известной расчетной зависимости в большинстве случаев согласуются удовлетворительно. Но отдельные расчеты показали, что увеличение шпации может привести к заметным изменениям характера и формы колебаний, когда шпангоуты испытывают не изгибные, а крутильные колебания при значительной вибрации обшивки между ними. Отмечается, что при некотором соотношении изгибных жесткостей стрингера и шпангоутов ширина присоединенного пояска стрингера может существенно уменьшаться по сравнению с принятой в Морском Регистре РФ. На основе проведенных исследований делается вывод, что наиболее надежным способом определения частот колебаний перекрытия является метод конечных элементов, сопровождаемый графической информацией о форме этих колебаний. Ключевые слова: бортовое перекрытие, стрингер, присоединенный пояс, частота собственных колебаний, аналитический расчет, МКЭ.

**23.04-01.88 Исследование амплитуд вторых гармоник нелинейной качки судна на регулярном волнении в условиях мелководья. Семенова В.Ю., Альбаев Д.А. Морские интеллектуальные технологии. 2023. 2, № 2-1, с. 24-31. Рус.**

Рассматривается определение нелинейных сил второго порядка и соответствующих амплитуд вторых гармоник различных видов качки на основании применения трехмерной потенциальной теории. Выполнено сравнение расчетов амплитудно-частотных характеристик второго порядка с расчетами по двумерному методу. Показано хорошее согласование результатов между собой в большинстве случаев. Проведено исследование влияния изменения относительной глубины на амплитуды второго порядка и на суммарные амплитуды качки. Показано их значительное увеличение в зоне низких частот при уменьшении относительной глубины. Приведены результаты расчетов амплитуд вторых гармоник на различных курсовых углах. Показано, что наибольшее амплитуды вторых гармоник поперечных видов качки имеют место при расположении судна лагом, продольных — на косых углах или на встречном волнении. Проведено исследование влияния скорости хода на амплитуды вторых гармоник в условиях мелководья. Показано значительное снижение амплитуд бортовой качки в зоне супергармонического резонанса при увеличении скорости хода. Ключевые слова: трехмерная потенциальная теория, функция Грина, нелинейные силы второго порядка, амплитуды вторых гармоник, супергармонические резонансы.

**23.04-01.89 Современные подходы к демпфированию бортовой качки. Амбросовская Е.Б., Амбросовский В.М. Морские интеллектуальные технологии. 2023. 2, № 2-1, с. 116-122. Рус.**

Работа посвящена задаче демпфирования бортовой качки. Обсуждаются особенности современных датчиков качки, а также средств управления (демпфирования) качки. На примере бортовых рулей показаны особенности динамики приводов. На математической модели качки судна, оборудованного бортовыми рулями, с полигармоническим волновым возмущением подробно исследуется ПД-регулятор демпфирования качки (на примере скоростного катера), анализируется качество демпфирования волнового возмущения при различных значениях коэффициентов регулятора. Проведен анализ изменения качества демпфирования качки при уменьшении быстродействия привода бортовых рулей. Проведен анализ изменения качества демпфирования при транспортном запаздывании измерений качки. Строится оптимальный линейно-квадратичный регулятор состояния второго порядка, приводится корневой годограф замкнутой системы при изменении весовых матриц. Помимо регулятора состояния (ПД-регулятора) строится также динамический робастный к возмущению регулятор. Описывается современный робастный подход к синтезу регуляторов качки, введение частотно-зависимых весовых множителей как способ в частности учета спектра возмущающего воздействия при помощи частотно-зависимых весовых множителей и преобразование объекта. Строятся частотные характеристики по возмущению при различных параметрах робастного  $H_\infty$  регулятора, настроенного на подавление волнового воздействия с колоколообразным спектром. Ключевые слова: Качка судна, управление движением, демпфирование качки, бортовые рули, скоростные суда, волновое возмущение, ПД-регулятор, линейно-квадратичный регулятор, робастное управление.

**23.04-01.90 Определение модового состава изгибных колебаний пластин с использованием комплексного спектрального анализа. Жуков Е.А., Адамова М.Е., Жужова В.И., Кузьменко А.П. Известия Юго-Западного государственного ун-та. Серия: Техника и технологии. 2021. 11, № 1, с. 90-101. Рус.**

Цель. Исследовать комплексные спектры изгибных колебаний (волн Лэмба) с экспоненциальным временным убыванием амплитуды для прямоугольной пластины при граничных условиях типа "оперты края". Методы. Комплексный спектральный анализ нелинейного взаимодействия оптических, магнитных и акустических волн в ограниченных образцах. Результаты. В настоящее время хорошо исследованы акустические методы контроля материалов, в частности резонансные методы с использованием волн Лэмба. Анализ распространения и рассеяния волн Лэмба в различных структурах позволяет делать общие выводы о наличии неоднородностей (слоев, дефектов и т.д.). Но в ряде случаев подобные методы оказываются недостаточно эффективными из-за сложности интерпретации полученных результатов, например, при слиянии резонансных кривых двух волн с различными коэффициентами затухания. В ходе исследования проведен комплексный анализ амплитудно-частотного спектра для нескольких мод волн Лэмба с одинаковыми частотами и различными коэффициентами затухания. Сканирование не только реальной, но и мнимой части амплитудно-частотного спектра позволило с более высокой точностью определить модовый состав колебаний. Эффект комплексного резонанса ранее рассматривался для оптических сред, но сходство акустических и электромагнитных волновых уравнений позволило нам распространить принцип комплексной спектроскопии на акустику. Заключение. Комплексный спектр позволяет отличить нормальные моды колебаний с одинаковыми частотами и разными коэффициентами затухания. При этом ширина резонансной кривой вдоль мнимой оси может быть уже, чем вдоль вещественной. Мы делаем вывод, что возмущения акустических методов существенно расширяются при использовании комплексного спектрального анализа генерируемых и регистрируемых волн. Данный метод может быть использован при исследовании нелинейного взаимодействия оптических, магнитных и акустических волн в ограниченных образцах. Комплексный спектральный анализ может найти применение при неразрушающем контроле ограниченных образцов, а также в акустоэлектронике и сейсмологии.

**23.04-01.91 Исследования собственных колебаний прямоугольных пластин. Морозов Н.А., Гребенюк Г.И.,**



**Максак В.И., Гаврилов А.А.** *Вестник Томского гос. архитектурно-строительного ун-та.* 2023. 25, № 3, с. 96-111. Рус.

Исследовались собственные колебания прямоугольных металлических пластин. Актуальность исследования обусловлена широтой применения данных структурных элементов конструкций. Для определения частот собственных колебаний применялись расчетные методы, в частности аналитический расчет и расчет методом конечных элементов. За основу аналитического расчета было принято уравнение движения тонкой прямоугольной пластины. Затем применялся асимптотический метод, учитывающий динамический краевой эффект. В результате были определены частоты собственных колебаний пластины. Расчет по методу конечных элементов проводился в двух программных комплексах: «Лира» и SolidWorks. Была создана твердотельная модель пластины с датчиками, с помощью которой были рассчитаны частоты собственных колебаний, определены коэффициенты массового участия. Для подтверждения правильности результатов аналитических расчетов проводились экспериментальные исследования колебаний прямоугольных пластин на вибростенде. Использовался метод плавного изменения частоты синусоидальных колебаний. По значениям амплитуд виброускорений датчиков были построены спектральные графики колебаний пластины. В результате выявлены определенные расхождения в значениях частот собственных колебаний в зависимости от применяемого метода. В исследовании не принимались во внимание частоты с малым коэффициентом массового участия.

**23.04-01.92** Выбор количества и расположения поддерживающих катков гусеничного трактора на основании анализа колебаний верхней ветви резиноармированной гусеницы. **Жданович Ч.И., Плищ В.Н.** *Известия НАН Беларуси. Серия физико-технических наук.* 2023. 68, № 3, с. 121-136. Рус.

Получена аналитическая зависимость для определения амплитуды колебаний резиноармированной гусеницы в пролете свободной ветви обвода трактора между поддерживающими катками. Исследован процесс колебаний указанного типа гусеницы в середине пролета свободной ветви при работе гусеничных тракторов марки «Беларус» в тяговом и транспортном режимах с учетом скорости движения. Показано, что в качестве определяющего критерия по выбору параметров пролетов свободной ветви обвода необходимо принимать резонансные режимы поперечных колебаний резиноармированной гусеницы на эксплуатационных диапазонах работы трактора. Рассчитаны максимальные значения амплитуд колебаний такой гусеницы в пролете свободной ветви обвода между поддерживающими катками для семейства гусеничных тракторов «Беларус» при различных режимах работы. Проведен частотный анализ колебаний и установлено, что на гусеничных сельскохозяйственных тракторах с резиноармированными гусеницами возможен режим возникновения резонансных колебаний в пролете свободной ветви обвода между поддерживающими катками. Получена аналитическая зависимость для определения предельного расстояния между поддерживающими катками обвода гусеничного трактора с резиноармированной гусеницей, упругой и заблокированной подвесками по критерию вывода резонансного режима колебаний гусеницы в пролете свободной ветви за эксплуатационный диапазон работы трактора. Рассчитаны значения предельных расстояний между поддерживающими катками для тракторов «Беларус» 1802, 2102 и 2103 при различных режимах работы подвески. Определено необходимое количество поддерживающих катков и даны рекомендации по месту их установки. Результаты настоящих исследований могут быть использованы при создании и эксплуатации тракторов с резиноармированными гусеницами.

См. также **23.04-01.27, 23.04-01.34, 23.04-01.37, 23.04-01.38, 23.04-01.42, 23.04-01.43, 23.04-01.44, 23.04-01.45, 23.04-01.46, 23.04-01.47**

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

**23.04-01.93** Влияние акустического воздействия на проницаемость пористых сред (обзор). **Гатаулин Р.Н., Галимзянова А.Р., Марфин Е.А.** *Известия Томского политехнического университета.* 2022. 333, № 10, с. 186-202. Рус.

Актуальность работы обусловлена необходимостью решения проблем, возникающих при разработке нефтяных месторождений: снижение темпов добычи; ухудшение фильтрационных свойств пласта; увеличение обводненности добываемой нефти. Воздействие на пласт упругими колебаниями в широком частотном диапазоне рассматривается как перспективная технология стимулирования и увеличения добычи нефти. Однако широкомасштабное внедрение таких методов сдерживается недостаточным пониманием физики протекающих при этом процессов. Цель: выявление механизмов улучшения проницаемости пористых сред и продуктивных пластов при акустическом воздействии на них на основе теоретических и экспериментальных исследований, промысловых испытаний; обозначение приоритетов будущих научных и практических разработок в области применения акустических технологий для интенсификации добычи нефти. Методы. Анализ результатов лабораторных исследований и обобщение опыта применения в промысловой практике методов акустического и ультразвукового воздействия на продуктивные пласты с целью интенсификации добычи нефти. Объекты: продуктивные пласты нефтяных месторождений; загрязненная призабойная зона скважин; образцы пористых сред терригенных и карбонатных коллекторов. Результаты. Представлен обзор результатов теоретических, лабораторных и промысловых исследований методов повышения эффективности добычи нефти на счет волнового воздействия на среду упругими колебаниями. Проанализированы явления, возникающие при таком воздействии в продуктивных пластах. Отмечается, что большинство исследований в этой области относится к ультразвуковому воздействию и в основном в лабораторных условиях. Рассмотрены явления, приводящие к увеличению проницаемости пористых сред при таком воздействии. В частности, распространение упругих колебаний способствует предотвращению выпадения органических и неорганических осадков, восстановлению и увеличению проницаемости насыщенных пористых сред, удалению пробок и различных отложений в карбонатных и терригенных коллекторах. Сформулированы направления перспективных исследований, даны рекомендации по совершенствованию добычи нефти за счет акустического воздействия. Проведенный анализ и обобщение результатов исследований подтверждают, что воздействие упругими колебаниями в широком диапазоне частот активизирует различные химические и физические процессы, влияет на фильтрационно-емкостные свойства продуктивных пластов, способствует интенсификации добычи нефти.

**23.04-01.94** Формирование пространственных внутренних волн за телом,двигающимся в стратифицированной вязкой жидкости. **Матюшин П.В.** *Известия НАН Беларуси. Серия физико-технических наук.* 2023. 68, № 3, с. 117-130. Рус.

Рассмотрено равномерное движение диска в горизонтальном направлении вдоль оси его симметрии в покоящейся стратифицированной вязкой жидкости. Диск генерирует пространственные гравитационные внутренние волны, занимающие все пространство между диском и местом его старта. Волны наблюдаются при помощи двухцветной бета-плюс-визуализации вихревой структуры течения, рассчитанного при помощи системы уравнений Навье—Стокса в приближении Буссинеска. В настоящей работе существенно дополнен опубликованный ранее механизм формирования полуволн над осью симметрии диска, где основное внимание уделялось периодическому процессу зарождения деформированных вихревых колец над местом старта диска, происходящему в силу гравитационной и сдвиговой неустойчивостей; левое полукольцо трансформируется в полуволну впадин или гребней, а правое полукольцо исчезает со временем. В настоящей работе установлено, что левые части правых нечетных полуколец превращаются в осевые части полуволн гребней.

См. также **23.04-01.74, 23.04-01.77**

## Нелинейная акустика

### Теория нелинейных акустических волн

**23.04-01.95** Структуры классических и особых разрывов для обобщенного уравнения Кортевега—де Вриза—Бюргера в случае функции потока с четырьмя точками перегиба. *Шаргатов В.А., Чугайнова А.П., Томашева А.М. Труды Математического института имени В.А. Стеклова.* 2023. 322, с. <https://www.mathnet.ru/rus/tm4314>. Рус.

Исследована структура множества решений в виде бегущей волны для обобщенного уравнения Кортевега—де Вриза—Бюргера с функцией потока, имеющей четыре точки перегиба. Впервые представлен пример, когда существуют две монотонные структуры устойчивых особых разрывов, распространяющихся с разными скоростями. Обе структуры особых разрывов в этом случае линейно устойчивы. Линейная устойчивость структур классических и особых разрывов исследована с помощью метода, основанного на использовании функции Эванса. Сформулирована гипотеза, устанавливающая допустимость классических разрывов в случае, если существуют два устойчивых особых разрыва.

См. также **23.04-01.25**, **23.04-01.33**

### Распространение интенсивных волн, пилообразные и слабые ударные волны

**23.04-01.96** О взаимодействии ударных волн в двумерных изобарических средах. *Рыков Ю.Г. Успехи математических наук.* 2023. 78, № 4, с. 199-200. Рус.

DOI: <https://doi.org/10.4213/rm10145>.

**23.04-01.97** Особенности ударно-волнового инициирования детонации в жидких взрывчатых веществах. *Рапота Д.Ю., Уткин А.В., Мочалова В.М., Торуннов С.И., Сосиков В.А. Физика горения и взрыва.* 2023. 59, № 4, с. 111-121. Рус.

Проведены эксперименты с целью изучения процесса ударно-волнового инициирования детонации в чистом тетранитрометане и его смесях с ацетоном, нитробензолом и метанолом. Свечение детонационного фронта фиксировалось скоростными камерами в режиме целевой развертки и покадровой съемки. Зафиксирован очаговый режим инициирования детонации как в чистом тетранитрометане, так и в его смесях с разбавителями. Установлено, что количество очагов, характер их возникновения, закономерности их роста и слияния зависят от природы разбавителей. Эволюция волновых профилей регистрировалась многоточечным лазерным интерферометром VISAR. Полученные профили скорости существенно отличаются от предсказываемых классической схемой инициирования и развития детонации при ударно-волновом воздействии.

**23.04-01.98** Структура детонационных волн в смесях тетранитрометана с ацетоном. *Уткин А.В., Мочалова В.М., Астахов А.М., Рыкова В.Е., Сосиков В.А., Рапота Д.Ю., Торуннов С.И. Физика горения и взрыва.* 2023. 59, № 4, с. 122-130. Рус.

С использованием интерферометра VISAR и электронно-оптической камеры НАНОГЕЙТ-22 проведены экспериментальные исследования структуры детонационных волн в смесях тетранитрометана с ацетоном. Показано резкое изменение характера течения в зоне реакции при концентрации разбавителя 10–40%, проявляющееся в уменьшении амплитуды химика вплоть до его полного исчезновения. Практически во всем интервале концентраций, за исключением диапазона вблизи предельного значения 5%, детонационные волны устойчивы. При приближении к предельной концентрации они теряют устойчивость, что проявляется в формировании как ячеистой структуры фронта, так и волн срыва реакции. Полученные экспериментальные зависимости скорости детонации от концентрации

ацетона хорошо согласуются с термодинамическими расчетами.

**23.04-01.99** Формирование сходящейся детонационной волны с обратной кривизной фронта. *Сулатанов В.Г., Дудин С.В., Сосиков В.А., Торуннов С.И., Васильенок Е.В., Размыслов А.В., Рапота Д.Ю. Физика горения и взрыва.* 2023. 59, № 4, с. 131-140. Рус.

При использовании метода многоточечного инициирования боковой поверхности цилиндрического заряда в сечении, перпендикулярном оси, формируется детонационная волна со сложной газодинамической структурой, имеющая форму многоугольника с вершинами в местах сопряжения волн. Стороны многоугольника всегда выпуклые по направлению к оси заряда. Для получения гладкой цилиндрической детонационной волны с обратной кривизной предложено использовать в точках инициирования специальные устройства-линзы из инертного материала. Экспериментально определены динамические характеристики материала, и обоснован метод построения профиля линзы. Проведено математическое моделирование работы узла инициирования и формирования цилиндрической детонационной волны в заряде. Показаны особенности работы одиночного узла инициирования и узла, входящего в состав экспериментальной сборки. Представлена динамика осесимметричного сжатия сходящейся детонационной волной, проведено ее сравнение с расчетами.

**23.04-01.100** Расчеты сжатия сферической слоистой системы ударными волнами с учетом переноса теплового излучения в кинетической модели. *Грабовенская С.А., Завьялов В.В., Шестаков А.А. Известия НАН Беларуси. Серия физико-технических наук.* 2023. 68, № 3, с. 5-13. Рус.

В настоящее время численное моделирование является основным, а зачастую и единственным инструментом для детального описания некоторых физических явлений при исследовании процессов сжатия веществ ударными волнами. Изучение поведения ударных волн и волн разряжения на простейших модельных тестах помогает при анализе более сложных расчетов, например, задач инерциального термоядерного синтеза на лазерных установках. В работе рассмотрены сравнительные расчеты тестовой задачи, моделирующей сжатие ударными волнами сферической слоистой системы, состоящей из двух веществ.

**23.04-01.101** Структура течения и теплообмен в стационарном газокапельном потоке за точкой падения ударной волны на плоскую стенку. *Голубкина И.В., Осипцов А.Н. Известия НАН Беларуси. Серия физико-технических наук.* 2023. 68, № 3, с. 50-63. Рус.

Рассматриваются задачи о структуре стационарного двумерного течения газокапельной смеси в пристеночной области за точкой падения косою и прямой волн уплотнения на плоскую стенку. В данном случае прямая волна соответствует ножке Маха при маховском отражении, а косою — регулярному режиму отражения падающей наклонной волны. Основной целью исследования является оценка влияния мелких капель жидкости, присутствующих в набегающем потоке, на равновесную температуру адиабатической стенки за точкой падения волны. Исследуется вопрос — насколько наличие падающей на стенку косою ударной волны может усилить эффект снижения равновесной температуры стенки присутствующими в потоке мелкими каплями. Область течения разбивается на внешнюю область "эффективно вязкого течения" и область асимптотического ламинарного пограничного слоя. Расчеты течения в каждой из областей проводятся в рамках двухконтинуальной модели газокапельной смеси с учетом фазового перехода (испарения) на поверхности капель. Исследованы наиболее интересные с точки зрения теплообмена волновые конфигурации, соответствующие неполному испарению капель за отраженной волной, а также "волнам с частичной и полной дисперсией" параметров. Используется упрощенная предельная схема формирования жидкой пленки оседающими на стенку каплями, эффектами неустойчивости и разрывивания пленки пренебрегается.

На основании численных расчетов получены оценки возможности снижения равновесной температуры адиабатической стенки за точкой падения ударных волн в стационарном сверхзвуковом потоке.

### Нелинейная акустика твердых тел

**23.04-01.102 Особенности нелинейного расчета изгибаемых стержней, частично опертых на упругое основание.** *Скачѣк П.Д.* *Наука и техника.* 2023. 22, № 2, с. 141-149. Рус.

Исследуются результаты решения пространственных контактных задач о свободном опирании изгибаемых стержней (далее — балок) на упругие четверть-пространство и октант пространства. В задачи исследования входят: определение напряженного состояния контактных площадок, получение картины распределения по ним контактных напряжений и изучение особенностей, возникающих при решении данных контактных задач. Основной метод решения — метод Б.Н. Жемочкина, основанный на дискретизации контактных областей путем замены непрерывного контакта точечным. Такой подход позволяет свести контактную задачу к расчету статически неопределимой системы хорошо разработанными методами строительной механики. Математическая модель решаемых контактных задач строится в предположении линейно-упругой (геометрическая и физическая линейность) работы как изгибаемого элемента, так и упругого основания. Поскольку в процессе деформирования концевые участки балки могут оторваться от опорных площадок, решаемые контактные задачи относятся к группе контактных задач с заранее неизвестной областью контакта. Расчетные схемы таких задач являются конструктивно нелинейными, и их расчет ведется итерационными методами. По результатам решения рассматриваемых контактных задач обнаружено, что при геометрически симметричном опирании балки слева и справа на упругие четверть-пространства (октанты пространства) с равными опорными площадками, но различными механическими характеристиками, а также симметричном нагружении значения опорных реакций, рассматривая их как равнодействующие контактных напряжений на левой и правой контактной площадке, и координаты точек их приложения не равны между собой. К подобному результату приводит и решение контактной задачи в случае опирания балки с одной стороны на упругое четверть-пространство, а с другой — на край октанта пространства. К тому же по всей длине балки появляется постоянный крутящий момент, свидетельствующий о том, что балка находится в условиях поперечного изгиба с кручением.

**23.04-01.103 Применение способа Жемочкина в нелинейном расчете железобетонных плит покрытия автомобильных дорог на упругом основании.** *Кумашов Р.В.* *Наука и техника.* 2023. 22, № 2, с. 158-167. Рус.

Рассмотрена прямоугольная железобетонная плита с учетом ее физической нелинейности на линейно-упругом однородном основании под действием вертикальной внешней нагрузки. Анизотропия и неоднородность плиты обусловлены свойствами железобетона, а также образованием трещин от действия произвольной нагрузки в процессе эксплуатации. Нелинейную задачу решали способом Жемочкина с использованием итерационного алгоритма метода упругих решений Ильюшина. Для определения коэффициентов разрешающих уравнений способа Жемочкина применяли метод Ритца (определение прогибов плиты с заземленной нормалью) и решение Буссинеска (определение перемещений точек поверхности упругого полупространства). На первой итерации плиту рассчитывали, как линейно-упругую, ортотропную и однородную, на последующих — как линейно-упругую, анизотропную и неоднородную на каждом участке Жемочкина. Прогибы срединной поверхности плиты от единичной силы определяли в виде ряда по первым пяти частным решениям Клебша. Выполнены экспериментальные и численные исследования. Последние — с помощью компьютерной программы МАТЕМАТИКА. Полученные результаты показали, что предлагаемая методика расчета позволяет точно описать распределение осадок и реактивных напряжений под плитой. Верификацию методики статического нелинейного

расчета прямоугольной железобетонной плиты с учетом ее физической нелинейности осуществляли путем сравнения результатов расчетов максимальных осадок и средних давлений под плитой, вычисленных с использованием предлагаемой методики, и результатов, полученных с помощью метода послойного суммирования и современных программных комплексов «Лира» и PLAXIS 3D.

См. также **23.04-01.32**, **23.04-01.69**, **23.04-01.79**

### Нелинейные диспергирующие волны, солитоны

**23.04-01.104 Конвективная модуляционная неустойчивость излучения периодической составляющей в случае резонанса длинной и короткой волн.** *Ильичев А.Т.* *Труды Математического института имени В.А. Стеклова.* 2023. 322, с. <https://www.mathnet.ru/rus/im4315>. Рус.

Излагается доказательство теоремы о том, что модуляционная неустойчивость несущей периодической волны малой (но конечной) амплитуды, распространяющейся в произвольной диспергирующей среде, может быть только конвективной в системе отсчета, движущейся со скоростью, которая конечным образом отличается от групповой скорости этой волны. Обсуждается применение этого результата к излучению резонансной волны солитоноподобным «ядром», которое имеет место в средах, где классические уединенные волны замещаются обобщенными уединенными волнами в результате линейного резонанса длинной и короткой волн. Обобщенные уединенные волны являются бегущими волнами и представляют собой гомоклиническую структуру дwoякоасимптотичную к периодической волне.

### Источники интенсивного звука, фокусирующие устройства

См. **23.04-01.41**

### Методы измерений и инструменты нелинейной акустики

**23.04-01.105 Алгоритмы анализа виброакустических сигналов на основе моделей нестационарности и нелинейности.** *Макшанов А.В., Колесник В.А., Быков Д.В., Тындыкаръ Л.Н.* *Морской вестник.* 2023, № 2, с. 38-42. Рус.

Заключение. Применение современных достижений теории нелинейной динамики для математического моделирования функционирования и диагностирования состояния сложных технических систем — новое и перспективное направление междисциплинарных исследований. Некоторый положительный опыт использования характеристик нелинейности в диагностических целях накоплен в медицине. В настоящее время накапливается опыт интерпретации полученных результатов в различных задачах также в области технического диагностирования. В работе предлагается нетрадиционный подход к анализу виброакустической информации на основе оценки проявлений косвенных эффектов нелинейности, позволяющий в некоторых случаях получать диагностическую информацию для маломощных источников вибрации, что характерно для зарождающихся и слабых дефектов. В последние годы все больше утверждается мнение, что важнейшие прорывные технологии в науке и практике связаны с управлением процессами, описываемыми моделями динамического хаоса. Руководствуясь одними лишь представлениями, основанными на линейной интуиции, нетрудно просмотреть важный эффект, не имеющий аналогов при линейном подходе.

**23.04-01.106 Нелинейная динамика сферических гидроакустических приборов, применяемых в нефтегазовой промышленности.** *Мицкевич С.А., Папкова И.В., Захарова А.А., Крысько А.В.* *Известия Томского политехнического университета.* 2016. 327, № 11, с. 17-23. Рус.

Актуальность исследования. Добыча нефти в настоящее время

мя является одной из важнейших отраслей в экономике России. Ее работа во многом зависит от уровня развития применяемых геофизических информационно-измерительных систем и лежащих в их основе физических методов получения информации. Одним из ведущих методов скважинной геофизики является акустический метод, объемы применения которого составляют около 10% от общего объема геофизических исследований скважин. Актуальность данного исследования обусловлена необходимостью повышения точности получаемых данных с помощью акустического каротажа. Эффективность действия акустического каротажа во многом зависит от качественного пакета упругих колебаний, регистрируемого приборами акустического каротажа. Создание математической модели движения элемента гибкого сферического преобразователя и дальнейшее исследование частотных характеристик упругих колебаний представляется весьма актуальной научно-практической задачей. Цель работы заключается в исследовании вынужденных колебаний сферического преобразователя, который является составной частью акустического каротажа. Результаты. Из вариационных принципов построены исходные дифференциальные уравнения движения элемента осесимметричной сферической оболочки с учетом геометрической нелинейности в виде Кирхгофа—Лява. Разработан алгоритм решения системы нелинейных дифференциальных уравнений при помощи метода конечных разностей, матричного метода и метода Рунге—Кутты. Анализ нелинейных колебаний сферической оболочки проводился с позиции нелинейной динамики и качественной теории дифференциальных уравнений. Показано, что в задачах нелинейной динамики сферических осесимметричных оболочек возможно в окрестностях определенных линий поверхности появ-

ление вмятин. Установлено, что переход от гармонических колебаний к хаотическим для жестко защемленной сферической оболочки происходит по сценарию Рюэля—Такенса—Ньюхауса (частота возбуждения близка к собственной).

**23.04-01.107 Исследование продольного разрушения балок с использованием нелинейной вязкоупругой модели, учитывающей зависимость свойств материала от деформации. Ризов В.И. Прикладная механика и техническая физика. 2023. 64, № 4, с. 188-194. Рус.**

Исследуется продольное разрушение неоднородной консольной балочной конструкции на основе нелинейной вязкоупругой модели, учитывающей зависимость свойств материала от деформации. Вязкоупругий элемент представляет собой параллельно соединенные нелинейную пружину и нелинейный демпфер. Модуль упругости нелинейной пружины и коэффициент вязкости нелинейного демпфера зависят от деформации. Для подтверждения правильности вычисления скорости выделения энергии деформации используется закон сохранения энергии. DOI: 10.15372/PMTF202215233.

### Нелинейная акустика многофазных, пористых, резиноподобных сред, полимеров

См. **23.04-01.93, 23.04-01.102, 23.04-01.103, 23.04-01.107**

### Нелинейная акустика структурно неоднородных сред

См. **23.04-01.106**

## Физическая акустика

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

**23.04-01.108 Кавитация на торце оптоволокна при лазерном нагреве воды в узкой щели. Дац Е.П., Кулик А.В., Гузев М.А., Чудновский В.М. Письма в Журнал технической физики. 2023. 49, № 16, с. 38-41. Рус.**

Проведено экспериментальное исследование процесса роста и схлопывания кавитационного пузырька на кончике оптоволокна, помещенного между плоскими твердыми поверхностями (в щели). Особенности динамики кавитационных пузырьков в данной конфигурации объяснены с помощью численного моделирования. Показано, что лазерную кавитацию на кончике оптоволокна можно применять для селективной очистки и санации поверхностей в щелях и каналах. Ключевые слова: лазеры, кавитация, численное моделирование.

**23.04-01.109 Поверхностные акустические волны как инструмент исследования диэлектрической релаксации адсорбированной воды. Симаков И.Г., Гулгенов Ч.Ж., Базарова С.Б., Очиров Т.Ч. Вестник Бурятского гос. ун-та. 2022, № 2-3, с. 44-49. Рус.**

Продемонстрирована возможность применения поверхностных акустических волн в качестве инструмента исследования диэлектрических характеристик адсорбированной воды. Показано, что частотная зависимость диэлектрических характеристик адсорбированной воды может быть успешно интерпретирована в рамках теории Дебая. Представленный в работе метод позволяет проводить измерения диэлектрических характеристик жидкости в плоских граничных слоях различной толщины и может успешно дополнить существующие методы исследования диэлектрических характеристик граничных слоев жидкостей и релаксационных процессов в них. Ключевые слова: адсорбированная вода; диэлектрическая проницаемость; полярная жидкость; поверхностные акустические волны; диэлектрическая релаксация; акусто-электрический метод.

См. также **23.04-01.52**

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

**23.04-01.110 Задачи о дисперсии волн в неоднородных волноводах: методы решения (обзор). Часть II. Жаворонок С.И. Мех. композиц. матер. и конструкций. 2022. 28, № 1, с. 36-86. Рус.**

Представлен краткий обзор современного состояния и путей развития методов исследования дисперсии волн в функционально-градиентных и слоистых упругих волноводах. В опубликованной ранее части первой данного обзора кратко изложены основные типы функционально-градиентных материалов и определяющих соотношений для них, рассмотрены методы решения задачи о дисперсии волн в неоднородном волноводе на базе передаточных, рассеивающих и глобальных матриц, приемы приближения функционально-градиентного волновода стругурой слоев с постоянными или переменными по толщине константами, и метод рядов Пеано. Перечислены основные способы повышения устойчивости вычислительного процесса. В части второй обзора основное внимание уделено полуаналитическим методам решения дисперсионных задач, основанным на приближении волновода эквивалентной в некотором смысле системой с конечным числом степеней свободы: методу степенных рядов, рядов Фурье, полуаналитических конечных элементов, а также методам, основанным на теориях пластин и оболочек. Изложены основы метода степенных рядов, приведены основные рекуррентные соотношения для плоского слоя и полого цилиндрического волновода с секторной формой поперечного сечения. Альтернативный подход, основанный на разложении неизвестных в ряды Фурье по ортогональным полиномам нормальной координаты (т.н. метод ортогональных полиномов), в отличие от метода степенных рядов приводит к постановке обобщенной проблемы собственных значений и не требует решения трансцендентного характеристического уравнения, притом рекуррентные свойства полиномов допускают аналитическое вычисление коэффициентов уравнений. Рассмотрено приложение метода рядов Фурье к исследова-

нию затухающих волн, а также формулировка метода в терминах пространства состояний механической системы. Кратко изложены основы полуаналитического метода конечных элементов. Описан вариант теории оболочек произвольного высокого порядка, основанный на лагранжевом формализме аналитической механики континуальных систем со связями и биортогональных разложениях неизвестных, и показано, что как метод ортогональных полиномов, так и полуаналитический метод конечных элементов вытекают из данного варианта теории оболочек как ее частные случаи, порождаемые выбором различных базисных функций нормальной координаты на базе единого вариационного формализма, а учет связей, вытекающих из краевых условий на лицевых поверхностях, обеспечивает точное удовлетворение условий отражения при любом порядке теории.

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

**23.04-01.111 Распространение плоских продольных волн в материале с точечными дефектами. Ерофеев В.И., Леонтьева А.В., Шекоян А.В. *Мех. композиц. матер. и конструкций*. 2019. 25, № 4, с. 492-508. Рус.**

Изучается распространение плоских продольных волн в безграничной среде с точечными дефектами, находящейся в нестационарном неоднородном температурном поле. Задача рассматривается в самосогласованной постановке, учитывающей как влияние акустической волны на образование и перемещение дефектов, так и влияние дефектов на особенности распространения акустической волны. Показано, что в случае отсутствия диффузии тепла система уравнений сводится к нелинейному эволюционному уравнению, которое является обобщением уравнения Кортевега—де Вриза—Бюргерса. Методом усеченных разложений найдено точное решение эволюционного уравнения в виде стационарной ударной волны с монотонным убыванием. Отмечено, что диссипативные эффекты, обусловленные наличием дефектов, преобладают над дисперсией, связанной с миграцией дефектов в среде. Исследовано влияние начальной температуры и типа дефектов на основные параметры стационарной волны: скорость, амплитуду и ширину фронта. Нелинейные волны в средах с вакансиями распространяются быстрее, чем в средах с межузлиями. Увеличение начальной температуры приводит к увеличению скорости стационарной волны, если дефектами являются межузлия и уменьшению, если дефектами являются вакансии. Для гармонических волн показано, что наличие дефектов в среде способствует появлению частотно-зависимой диссипации и дисперсии. На низких частотах близких к нулю затухание волн практически отсутствует, и они распространяются с постоянной скоростью близкой к единице, которая не зависит ни от типа дефектов, ни от их наличия. На высоких частотах волны также распространяются с постоянной скоростью, но она зависит от типа дефектов. В средах с межузлиями гармонические волны имеют большую длину и скорость, чем в средах с вакансиями. Исследовано влияние параметра диффузии на распространение гармонической волны.

См. также **23.04-01.30, 23.04-01.110**

### Акустика ГГц частот; Бриллюэновское рассеяние

См. **23.04-01.51**

### Акустическая кавитация, сонолюминесценция

**23.04-01.112 Современное состояние использования кавитационных технологий (краткий обзор). Радзюк А.Ю., Истягина Е.В., Кулагина Л.В., Жуйков А.В. *Известия Томского политехнического университета*. 2022. 333, № 9, с. 209-218. Рус.**

Известны примеры получения гомогенных жидкостей на основе углей, нефтепродуктов, асбеста, цемента и других георесурсов с использованием эффектов гидродинамической кавитации. Эффективность кавитационной обработки многофазных

сред зависит от множества факторов, таких как тип кавитации (акустическая и гидродинамическая), состав обрабатываемой среды, режим течения, температура, давление, вязкость и многие другие. Разнообразие путей применения кавитационных технологий не позволяет выработать единые подходы к оценке их эффективности, в этой связи актуальность приобретает их сравнение на основе индивидуальных для каждого технологического процесса критериев. Цель: на основе анализа и обобщения данных о современном состоянии использования кавитационных технологий в теплоэнергетике, химической и нефтяной отраслях производства, атомной энергетике и др. сделать выводы о том, какие из используемых способов кавитационной обработки обладают наибольшей эффективностью в изменении технологических параметров обрабатываемых сред. Объекты: технологии, устройства и аппараты, в которых при диспергировании, эмульгировании, гомогенизации, очистке и т. д. имеются режимы течения обрабатываемых сред, сопровождающиеся кавитационными явлениями. Методы: анализ информации о применении кавитационных технологий, приведенной в публикации за последние пять лет в журналах, проиндексированных в международных базах Web of Science и Scopus. Результаты. Изложен анализ литературных источников в области использования кавитационных технологий. Приведены основные результаты работ по кавитационной обработке различных жидких композиций, полученные авторами статей. Рассмотрены механизмы кавитационного воздействия, применение кавитационных технологий в различных отраслях, актуальные методы и средства изучения кавитационных явлений. Сделаны выводы об основных достоинствах и недостатках применения кавитационной технологии как элемента технологической обработки. Показано, что наиболее эффективным является воздействие на обрабатываемые среды гидродинамической кавитации.

См. также **23.04-01.108**

### Фононы в кристаллической решетке, квантовая акустика

**23.04-01.113 Механизмы генерации волн Лэмба доменной границей в пластине слабого ферромагнетика. Жуков Е.А., Адамова М.Е., Жукова В.И., Кузьменко А.П. *Известия Юго-Западного государственного ун-та. Серия: Техника и технологии*. 2021. 11, № 4, с. 123-136. Рус.**

Цель исследования. Механизмы генерации волн Рэлея—Лэмба доменной границей в пластине ортоферрита иттрия. Методы. Для решения уравнений, описывающих упругие смещения в пластине при движении доменной границы, использовался метод Фурье. Результаты. Для кристалла ортоферрита иттрия удалось оценить амплитуды смещения волн Лэмба отдельно для случаев их генерации за счет объемных и поверхностных напряжений, возникающих при движении доменной границы. Амплитуда деформаций в неограниченном кристалле имеет тот же порядок величины, что и для волн, возбуждаемых поверхностными деформациями  $10^{-10}$  см для теоретической толщины доменной границы  $D_3=1,1 \cdot 10^{-6}$  м. Определено соотношение между вкладами объемного и поверхностного механизмов в генерацию волн Лэмба доменной стенкой. Заключение. Для разработки логических и запоминающих устройств на основе доменных границ необходимо полностью исследовать факторы, которые могут влиять на доменную динамику в магнетиках. Одним из таких факторов является торможение доменной границы на волнах Рэлея—Лэмба. Из уравнений, описывающих упругие смещения в пластине кристалла ортоферрита при движении доменной границы, можно заключить, что существуют два независимых механизма генерации волн Рэлея—Лэмба: объемный и поверхностный. Оценка вкладов этих механизмов помогает учесть влияние поверхностей на доменную динамику и может быть использована в будущем для разработки устройств магнитной памяти на основе слабых ферромагнетиков.

### Плазменная акустика

**23.04-01.114 Построение радиальной структуры**

**неустойчивых ионно-звуковых колебаний во вращающейся замагниченной плазме при помощи уравнения эйконала.** *Марусов Н.А. Discrete and Continuous Models and Applied Computational Science (ранее Вестник РУДН. Серии Математика. Информатика. Физика). 2022. 30, № 1, с. 374-378. Рус.*

Рассмотрена задача о корректном асимптотическом построении радиальной структуры линейно неустойчивых собственных электростатических колебаний ионно-звукового типа, распространяющихся в однородном цилиндрическом столбе замагниченной плазмы вдоль осевого однородного магнитного поля. В цилиндрической области пространства координат сформулирована задача на собственные значения с краевыми условиями первого и второго рода (электродинамического и гидродинамического типа) для волнового уравнения ионно-звуковых колебаний. На основе базовых принципов геометрической оптики предложен метод построения дискретного спектра мелкомасштабных неустойчивых колебаний исследуемой системы, в основе которого лежит явное представление о типе краевых условий — проводимости и поглощающих свойствах стенки, ограничивающей плазменный цилиндр. При помощи уравнения эйконала получено дисперсионное соотношение для неустойчивых собственных мелкомасштабных мод, дестабилизированных за счёт эффектов дифференциального вращения — неоднородного по радиусу профиля угловой скорости ионов, вращающихся вокруг оси симметрии, вдоль которой направлен вектор индукции магнитного поля. Для корректного построения спектра дискретных инкрементов неустойчивых колебаний предложен универсальный рецепт подбора радиальных волновых чисел мелкомасштабных собственных мод в соответствии с каким-либо из типов краевых условий.

### Наноакустика, акустика тонких плёнок и капель с наночастицами

**23.04-01.115 Осциллирующий режим конвекции наножидкости в пористой среде при наличии гравитации.** *Киран П., Манджула С.Х. Прикладная механика и техническая физика. 2023. 64, № 4, с. 95-107. Рус.*

С использованием теории комплексного матричного дифференциального оператора и методов исследования колебаний конечной амплитуды изучена нелинейная конвекция наножидкости в пористой среде при наличии модулированной гравитации. Конечная амплитуда конвекции при наличии г-джиттера получена из условия разрешимости задачи третьего порядка. Для расчёта тепломассопереноса через пористую среду используется анализ малоамплитудных колебаний. Для оценки тепломассопереноса вычисляются числа Нуссельта со вторым порядком приближения как функции конечной амплитуды. Установлено, что изменение гравитационного поля может оказывать существенное влияние на тепломассоперенос. Показано, что для улучшения тепломассопереноса колебательный режим является более предпочтительным, чем стационарный. DOI: 10.15372/PMTF202215220.

### Поверхностные волны в твёрдых телах и жидкостях

**23.04-01.116 Замечание о вычислении скорости волн Рэлея и производной определителя Рэлея в упругих средах.** *Гуревич С.Ю., Голубев Е.В. Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Математика. Механика. Физика. 2023. 15, № 1, с. 69-75. Рус.*

Существует много приближенных и точных формул для определения скорости поверхностных волн в упругих средах. Получено аналитическое выражение для скорости волны Рэлея через значения скоростей объемных волн, а также формула, позволяющая определить вычит в задачах возбуждения и дифракции поверхностных акустических волн в однородном изотропном упругом полупространстве, допускающих решение для полей деформаций и напряжений в виде квадратур. Вычислены значения скорости волн Рэлея и производной определителя Рэлея для некоторых сред по литературным данным. Полученные результаты могут помочь в получении аналитических выраже-

ний и позволяют уменьшить время расчёта на этапе численного решения задач дифракции и возбуждения акустических волн.

См. также **23.04-01.25, 23.04-01.52, 23.04-01.109**

### Акустоэлектроника

**23.04-01.117 Совершенствование способов и средств контроля отклонений от прямолинейности на основе акустооптических гетеродинных лазерных измерительных систем.** *Леун Е.В. Омский научный вестник. 2019, № 4, с. 71-77. Рус.*

Рассматриваются вопросы построения высокоточных акустооптических (АО) гетеродинных лазерных измерительных систем контроля отклонений от прямолинейности при работе в непрерывном режиме с фазо-цифровым  $\Delta f(\Delta l_y) - \Delta N_{\text{вых}}$  и частотно-цифровым  $\Delta f(\Delta l_y) - \Delta N_{\text{вых}}$  преобразованиями, а также в импульсном режиме. Обсуждаются вопросы применения твердотельных АО модуляторов, систем фазовой автоподстройки фазы и частоты совместно с волоконными фазомодуляторами и прецизионными АЦП. Предложены варианты линейаризации функции преобразования, повышения разрешающей способности. Рассматриваются возможности реализации лазерных измерительных систем с опорными каналами и допускового контроля.

**23.04-01.118 Повышение точности гибридных сканирующих 3D волоконнооптических измерительных головок с акустооптическим датчиком обратной связи для контактных и бесконтактных координатных измерений размеров изделий.** *Леун Е.В., Шаханов А.Е. Омский научный вестник. 2020, № 2, с. 63-70. Рус.*

Представлен способ определения упругих деформаций изделия, возникающих при механическом контактировании со сферическим наконечником, позволяющий исключить влияние на результат измерения деформаций материала в виде навалов («pile-up»). Обсуждаются вопросы построения гибридной сканирующей 3D волоконно-оптической измерительной головки (ВОИГ) с формированием сканирующих движений лазерного луча в угловом секторе полусферы  $180 \times 180^\circ$  на основе низкоконтрастного интерферометра, пространственного модулятора света в виде оптоволоконного пьезосканера и объектива типа «fisheye». рассмотрены возможности высокоточных двухкоординатных измерений сканирующего лазерного луча за счёт использования акустооптического модулятора в датчике обратной связи ВОИГ в качестве пространственно-чувствительного преобразователя.

**23.04-01.119 Повышение быстродействия и разрешающей способности акустооптических гетеродинных лазерных интерферометров перемещений. Адаптивный лазерный интерферометр.** *Леун Е.В. Омский научный вестник. 2020, № 3, с. 92-98. Рус.*

Рассмотрены вопросы реализации в акустооптическом (АО) гетеродинном лазерном интерферометре (в дальнейшем — лазерный интерферометр) дифференциального двухтактного метода измерения перемещений при использовании фазового интерполятора и фазометра. Для снижения уровня шумов в измерительном сигнале введена система фазовой автоподстройки частоты с малым джиттером. В первом такте в начале движения объекта за счёт высокой точности фазометра реализованы т.н. «медленные точные» измерения с высокой разрешающей способностью, вплоть до  $\approx \lambda/10000$ , где  $\lambda$  — длина волны лазерного излучения. Для высокой скорости движения объекта используется второй такт «быстрых грубых» измерений при работе быстродействующего фазового интерполятора и блокировке фазометра. Подобным двухтактным принципом работы лазерного интерферометра улучшаются динамические и метрологические параметры измерений перемещений объекта.

**23.04-01.120 Особенности схемотехники акустооптических лазерных систем для измерения трехкоординатных перемещений. Часть 1.** *Леун Е.В. Омский научный вестник. 2020, № 5, с. 103-110. Рус.*

Рассматриваются вопросы построения акустооптических (АО) лазерных измерительных систем (ЛИС) для контроля

трехкоординатных (3D) движений с одним (1D) продольным  $\Delta l_x$  и двумя (2D) поперечными  $\Delta l_y, \Delta l_z$  смещениями. Обсуждаются особенности использования трехканальной измерительной схемы на основе систем фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) с адаптивным управлением полос пропускания в зависимости от скоростей движения, призматической оптической схемы, преобразующей 2D в 1D поперечные смещения лазерного луча для 1D АО модулятора, оптического сопряжения последнего с волоконными фотоприемными устройствами.

**23.04-01.121 Особенности схемотехники акустооптических лазерных измерительных систем для контроля трехкоординатных (3D) перемещений изделий и элементов оборудования. Часть 2. Леун Е.В. Омский научный вестник. 2021, № 2, с. 52-58. Рус.**

Обсуждаются шумовые, динамические и точностные параметры акустооптических (АО) лазерных измерительных систем (ЛИС) для высокочастотного контроля трехкоординатных (3D) смещений изделий. Показано, что при использовании в них современных быстродействующих малощумящих фотоприемников без специальных технических приемов сейчас достижимы разрешающие способности  $\approx \lambda/1800$  и  $\approx \lambda_{aom}/900$  для продольных  $\Delta l_x$  и поперечных  $\Delta l_y, \Delta l_z$  смещений соответственно, где  $\lambda$  и  $\lambda_{aom}$  — длина волны света и ультразвука в АО модуляторе. Обсуждаются особенности использования в АО ЛИС систем ФАПЧ, рассматриваются возможности повышения разрешающих способностей измерений смещений при использовании для одного входного оптического сигнала двух фотоприемников: быстродействующего и малощумящего, а также за счет управления шириной полосы пропускания системы ФАПЧ.

**23.04-01.122 К вопросу достижения субмикрометрической разрешающей способности акустооптическим двухканальным лазерным интерферометром перемещений с двумя разночастотными фотоприемниками. Леун Е.В. Омский научный вестник. 2022, № 2, с. 110-118. Рус.**

Рассматриваются акустооптический (АО) гетеродинный лазерный интерферометр перемещений (ЛИП) с двумя разночастотными фотоприемниками: высокочастотным (ВЧ) и низкочастотным (НЧ) малощумящим, работающими с «быстрым грубым» и «медленным точным» измерительными каналами соответственно. Описан режим работы АО ЛИП при стартовых циклических движениях объектов, обеспечивающий высокую разрешающую способность на начальных и финальных этапах перемещений с малыми скоростями движения. Проведен метрологический анализ «медленного точного» канала с учетом шумовой частотной характеристики фотоприемников с формированием т.н. ее «оптимистического» и «пессимистического» вариантов. На основе проведенного метрологического анализа определены частотные диапазоны сигнала, позволяющие на малых скоростях движения достичь разрешающей способности АО ЛИП субмикрометрических значений.

**23.04-01.123 Основы совершенствования схемотехники высокочастотных быстродействующих акустооптических лазерных интерферометров перемещений с частотным согласованием составляющих блоков и двойного гетеродинирования на этапе фотопреобразования. Леун Е.В., Шаганов А.Е., Самойлов С.Ю., Колобов А.Ю. Омский научный вестник. 2022, № 3, с. 108-116. Рус.**

Рассматриваются развитие схемотехники акустооптических (АО) лазерных интерферометров перемещений (ЛИП) и достижимые ими значения разрешающей способности. Обсуждаются вопросы частотного согласования блоков АО ЛИП: АО модулятора, фотоприемного устройства (ФПУ) и генератора частоты. Изучаются особенности фотопреобразования ФПУ при его освещении тремя пространственно совмещенными оптическими потоками. Из них два потока разночастотные и созданы в результате дифракции в АО модуляторе и используются для измерения фазового набега от контролируемых смещений объекта. Третий оптический поток является амплитудно-модулированным с частотой модуляции, близкой к разностной частоте первых двух оптических потоков. Такой прием приводит к двукратному переносу (двойное гетеродинирование) фа-

зового набега от смещений на электрический сигнал разностной частоты между тремя оптическими потоками. Рассматриваются схемы АО ЛИП с постоянным значением частоты амплитудно-модулированного оптического потока и с ее автоподстройкой. Обсуждаются особенности использования в АО ЛИП охлаждаемых ФПУ.

**23.04-01.124 Опыт использования электретных датчиков для замера параметров подводного взрыва непосредственно на преграде. Ладов С.В. Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. 2021, № 2, с. 143-149. Рус.**

Приведены результаты по отработке экспериментальной методики регистрации давления на фронте ударной волны как в свободной жидкости, так и на преграде, с использованием электретных датчиков. Рассмотрены механизм действия такого датчика и способ его тарировки. Подобный датчик имеет малые размеры, не имеет массивного корпуса и может закрепляться непосредственно на жесткой или деформируемой преграде. Ключевые слова: заряд взрывчатого вещества, подводный взрыв, ударная волна, давление, массовая скорость, пьезоэффект, диэлектрик, электретный датчик, преграда.

**23.04-01.125 Анализ напряженно-деформированного состояния композиционных цилиндрических оболочек на основе уточненной теории с учетом пьезоэлектрического эффекта. Фирсанов В.В., Нгуен Л.Х. Проблемы машиностроения и надежности машин. 2021, № 4, с. 37-44. Рус.**

Представлена уточненная математическая модель напряженно-деформированного состояния многослойных композиционных цилиндрических оболочек с учетом пьезоэлектрического эффекта. Перемещения и электрический потенциал оболочки представляются в виде полиномов по нормальной координате на две степени выше по отношению к классической теории типа Кирхгофа—Лява. Математическая модель электромеханического состояния композиционных оболочек получена с помощью вариационного принципа Лагранжа. Сформулированная краевая задача электроупругости решается путем сведения трехмерных уравнений к двумерным. Рассматривается пример расчета напряженного состояния типа «погранслои» композиционных цилиндрических оболочек с учетом пьезоэлектрического эффекта с симметричным и асимметричным распределением слоев под действием произвольной механической и электрической нагрузок. Ключевые слова: композиционная цилиндрическая оболочка, уточненная теория, пьезоэлектрический эффект, напряженное состояние «погранслои», электроупругость, электромеханическое состояние.

**23.04-01.126 О выборе средней величины при определении работоспособности четырехкомпонентного вибропреобразователя. Смирнов В.Я. Мир измерений. 2023, № 1, с. 24-28. Рус.**

Рассматриваются вопросы выбора средней величины при определении работоспособного состояния четырехкомпонентного пьезоэлектрического вибропреобразователя, с помощью которого определяется не только модуль вектора пространственной вибрации, но и неисправное состояние вибропреобразователя. Последнее определяется с помощью отклонений от средней величины расчетных значений модуля вектора пространственной вибрации. В качестве средних величин рассмотрены пять вариантов: среднее арифметическое, среднее взвешенное, среднее геометрическое, среднее квадратическое и среднее гармоническое. На конкретном примере определены границы изменений расчетных значений модуля вектора пространственной вибрации в зависимости от типа средней величины и погрешности измерений расчетных значений проекций вектора пространственной вибрации на оси чувствительности ортогональных каналов вибропреобразователя. Показано, что наиболее перспективным при определении работоспособности является использование значения средней взвешенной величины. Приведен ряд рекомендаций по уменьшению влияния границ изменений погрешностей расчетных значений модуля вектора пространственной вибрации при определении работоспособного состояния вибропреобразователя.

**23.04-01.127 О выборе средней величины при**

**определении работоспособности четырехкомпонентного вибропреобразователя (окончание).** *Смирнов В.Я. Мир измерений.* 2023, № 2, с. 35-39. Рус.

Рассматриваются вопросы выбора средней величины при определении работоспособного состояния четырехкомпонентного пьезоэлектрического вибропреобразователя, с помощью которого определяется не только модуль вектора пространственной вибрации, но и неисправное состояние вибропреобразователя. Последнее определяется с помощью отклонений от средней величины расчётных значений модуля вектора пространственной вибрации. В качестве средних величин рассмотрены пять вариантов: среднее арифметическое, среднее взвешенное, среднее геометрическое, среднее квадратическое и среднее гармоническое. На конкретном примере определены границы изменений расчётных значений модуля вектора пространственной вибрации в зависимости от типа средней величины и погрешности измерений расчётных значений проекций вектора пространственной вибрации на оси чувствительности ортогональных каналов вибропреобразователя. Показано, что наиболее перспективным при определении работоспособности является использование значения средней взвешенной величины. Приведены ряд рекомендаций по уменьшению влияния границ изменений погрешностей расчётных значений модуля вектора пространственной вибрации при определении работоспособного состояния вибропреобразователя.

**23.04-01.128 Моделирование работы акустооптического дефлектора терагерцевого излучения, использующего секционированный излучатель ультразвука.** *Никитин П.А. Оптический журнал.* 2023. 90, № 2, с. 59-67. Рус.

Теоретически исследованы особенности акустооптической дифракции терагерцевого излучения на ультразвуковом поле с периодическим неоднородностью. Цель исследования. Выявление оптимальных параметров для реализации эффективного дефлектора терагерцевого излучения. Метод. Для повышения энергоэффективности дефлектора в качестве среды взаимодействия был выбран сжиженный флегза, а для увеличения числа разрешённых световых пятен предложено использовать секционированный фазированный излучатель ультразвука. Основные результаты. Показаны особенности акустического поля, созданного таким излучателем. Выведены аналитические соотношения для основных параметров акустооптического дефлектора. Практическая значимость. Продемонстрирована возможность пятикратного увеличения числа разрешённых пятен по сравнению с акустооптическим дефлектором, в котором используется односекционный излучатель той же длины. Ключевые слова: акустооптическое взаимодействие, дифракция, терагерцевое излучение, сжиженный инертный газ, акустическое поле.

**23.04-01.129 Основные положения методики оценки эффективности пьезопреобразователей.** *Аль-Рубаи Ф.М.М., Якимович Б.А., Кувишинов В.В. Вестник Ижевского гос. техн. ун-та.* 2023. 26, № 1, с. 28-34. Рус.

Пьезоэлементы являются одним из источников альтернативной энергии, на производство которой не требуется использование ископаемых топлив, наносящих ущерб окружающей среде и климату планеты. В связи с этим расширение областей применения пьезоэлементов происходит с каждым годом все интенсивнее. Особенно востребованными являются конструкции пьезоэлементов, которые способны вырабатывать электроэнергию в результате внешних механических воздействий. Эта востребованность обусловлена возможностью работы от получаемой электроэнергии важнейших навигационных приборов, смартфонов, низковольтных зарядных устройств в условиях отсутствия внешних источников электроэнергии или высокой ее стоимостью при выработке другими методами. В связи с тем что пьезоэлементы обладают рядом специфических свойств, обусловленных кристаллической структурой, формой, размерами, электрическими характеристиками, необходимо разработать условия выбора этих устройств, руководствуясь наиболее рациональным подходом, основанным на экономической целесообразности, рыночной доступности и оптимальной технологичности. В настоящее время на российском рынке, несмотря на многочисленные экономические санкции, представлен широкий спектр моделей пьезоэлементов, способный удовлетворить лю-

бые запросы клиентов. Выбор наиболее эффективной модели является важнейшей задачей для компаний, которые используют пьезоэлементы как отдельный компонент в составе выпускаемых серийно электронных устройств. Методика выбора такой продукции отсутствует, однако может быть весьма востребована ввиду большого объема предложений поставщиков. Предлагаемая к реализации методика предусматривает моделирование пьезоэлемента в условиях, близких к реальным условиям эксплуатации, оценку свойств и разработку рекомендаций к применению на основании вариации основных размеров (длина, толщина), а также приложенного напряжения, заложенного в разработанную модель, и анализа влияния на перемещение конца пьезоэлемента, что является основной характеристикой пьезоэлемента в условиях рассмотренной схемы. По результатам моделирования выбираются наиболее приемлемые модели пьезоэлемента.

## Магнитоакустический эффект, осцилляции и резонанс

**23.04-01.130 Периодические, уединенные волны и бездиссипативные структуры разрывов в электромагнитной гидродинамике в случае резонанса волн.** *Вахолод И.Б. Труды Математического института имени В.А. Стеклова.* 2023. 322, с. <https://www.mathnet.ru/rus/tm4338>. Рус.

Описывается метод численного анализа для исследования периодических волн, уединенных волн и структур бездиссипативных разрывов для уравнений электромагнитной гидродинамики. Исследуется расположение ветвей периодических решений. Уединенные волны находятся как предельные решения последовательностей периодических волн, структуры бездиссипативных разрывов — как пределы последовательностей уединенных волн. Показано, что разрыв длинноволновой ветви быстрых магнитозвуковых волн не коррелирует с существованием перехода на короткую ветвь, чем обусловлено возникновение решений хаотического типа при отсутствии диссипации. Исследования медленных магнитозвуковых волн показало, что при малых и умеренных амплитудах есть решение, близкое к уединенной волне. Выявлены приближенные уединенные волны гибридного типа, представляющие собой комбинации альвеновской и медленной магнитозвуковой волны.

**23.04-01.131 Методика проведения эксперимента по исследованию акустомагнитного эффекта в магнитных жидкостях.** *Беседин А.Г., Рышкова О.С., Вутов А.С., Танцора А.О., Чекаданов А.С., Сторозенко А.М. Известия Юго-Западного государственного ун-та. Серия: Техника и технологии.* 2020. 10, № 1, с. 93-106. Рус.

Целью работы является описание экспериментальной установки, предназначенной для исследования акустических эффектов, проявляющихся в нано- и микродисперсных жидких магнитных средах. Она позволяет изучать зависимость величины акустомагнитного эффекта от величины и степени неоднородности магнитного поля, угла между нормалью к катушке индуктивности и направлением магнитного поля, а также физико-химических параметров образцов магнитных жидкостей. Экспериментально наблюдаемый акустомагнитный эффект позволяет исследовать акустические свойства магнитной жидкости. Методы. В статье представлено подробное описание экспериментальной установки, методики подготовки и проведения эксперимента по изучению акустомагнитного эффекта. Основными элементами экспериментальной установки являются стеклянная трубка, заполняемая магнитной жидкостью, акустическая ячейка, электромагнит, генератор, усилитель, осциллограф, катетометр, измерительная катушка индуктивности, тесламер, аналого-цифровой преобразователь и компьютер. Программное обеспечение, необходимое для обработки результатов эксперимента: LabVIEW и MSExcel. Анализ экспериментальной зависимости величины акустомагнитного эффекта от магнитного поля позволяет получать информацию о параметрах магнитных наночастиц. Вычисляя расстояния между узлами и пучностями стоячей звуковой волны, можно определять скорость распространения звука в магнитной жидкости. Результаты. В результате экспериментальных исследований по-



строены амплитудно-частотные характеристики колебательного контура, представляющего собой последовательное соединение измерительной катушки индуктивности и усилителя, характеризующего емкостью. АЧХ входного колебательного контура не меняется в магнитном поле до 1 Тл и при частотах, не превышающих 100 кГц. Следовательно, измерительная катушка индуктивности не влияет на результаты эксперимента. Заключение. В заключении статьи перечислены основные направления практического применения разработанной экспериментальной установки. Исследование зависимости акустомагнитного эффекта от магнитного поля (напряженности и градиента), угла между нормалью к катушке индуктивности и направлением магнитного поля позволяет анализировать магнитные дисперсные системы с точки зрения их строения и внутренней структуры.

**23.04-01.132 Генерация низкочастотных упругих волн в магнитной жидкости. Пауков В.М., Беседин А.Г., Танцюра А.О., Чекаданов А.С., Неручев Ю.А., Булгакова А.А. Известия Юго-Западного государственного ун-та. Серия: Техника и технологии. 2022. 12, № 1, с. 146-158. Рус.**

Цель исследования. Анализ механизмов генерации упругих волн в магнитной жидкости, находящейся в постоянном магнитном поле, посредством наложения переменного магнитного поля. Методы. Теоретический расчет зависимости относительной амплитуды возбуждаемых колебаний от напряженности подмагничивающего поля (постоянной составляющей) проводится в предположении о жесткой связи между магнитной наночастицей и ее магнитным моментом (броуновский механизм намагничивания) и возможности магнитного момента вращаться независимо от самой частицы (неелевский механизм намагничивания). В работе проводится сравнение теоретических выводов с ранее опубликованными экспериментальными данными. Результаты. В случае, когда постоянное и переменное магнитные поля перпендикулярны друг другу, функция амплитуды магнитоакустического эффекта от величины постоянного магнитного поля имеет вначале линейно возрастающий характер, затем переходящий в насыщение. Зависимость величины магнитоакустического эффекта от частоты может обнаруживать несколько максимумов. Теоретический анализ показывает, что число максимумов равно четырем (на опыте обнаружено три). При фиксированном магнитном поле максимум величины упругих колебаний, генерируемых в магнитной жидкости, растет пропорционально квадрату частоты. В случае параллельности переменного и постоянного магнитных полей доминирующим механизмом генерации упругих волн является пондеромоторный механизм. Зависимость магнитоакустического эффекта от постоянного магнитного поля имеет вид функции Ланжевена. Заключение. В работе предложены механизмы генерации упругих волн в магнитной жидкости, находящейся в постоянном магнитном поле, посредством наложения переменного магнитного поля, которое в одном случае перпендикулярно перемещению полю, а в другом — параллельно ему.

См. также **23.04-01.90**

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

См. **23.04-01.117, 23.04-01.118, 23.04-01.119, 23.04-01.120, 23.04-01.121, 23.04-01.122, 23.04-01.123, 23.04-01.128**

### **Термоакустика, высокотемпературная акустика, фотоакустический эффект**

**23.04-01.133 Задача о термоупругих колебаниях стержня, соединенного с космическим аппаратом, при солнечном нагреве с учетом теплоизлучения. Гришанина Т.В., Русских С.В., Шклярчук Ф.Н. Мех. композиц. матер. и конструкций. 2017. 23, № 2, с. 198-213. Рус.**

Рассматриваются термоупругие изгибные колебания тонкостенного стержня с круговым поперечным сечением, соединенного упруго-вязким шарниром с космическим аппаратом и под-

вергающегося прямому солнечному излучению с учетом теплового потока, теряемого за счет внешнего излучения в космическое пространство, и лучистого теплообмена на внутренней поверхности оболочки стержня. Учитывается изменение углов падения солнечных лучей на поверхность стержня за счет его изгиба и поворота вместе с космическим аппаратом. Уравнение нестационарной теплопроводности тонкой цилиндрической оболочки стержня решается путем разложения тепловых потоков и температуры в ряд по косинусам в окружном направлении с удержанием только осесимметричной и антисимметричной гармоник, пренебрегая изменением температуры в осевом направлении. Оно приводится к двум связанным между собой и с перемещениями стержня нелинейным дифференциальным уравнениям первого порядка по времени для осесимметричной и антисимметричной составляющих температуры в рассматриваемом поперечном сечении стержня. Для решения нестационарной задачи термоупругости и теплопроводности стержня используется метод конечных элементов. При этом по длине конечного элемента изгиб аппроксимируется точным решением статической задачи, а температура — линейной функцией. Потенциальная энергия термоупругого изгиба конечного элемента стержня записывается через его поперечные перемещения, углы поворота и антисимметричные составляющие температуры на концах. При вычислении кинетической энергии вращения системы и относительных изгибных колебаний стержня с твердым телом на конце, стержень моделируется сосредоточенными массами и моментами инерции, приведенным к сечению, разделяющие конечные элементы. Получена система нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений для неизвестных функций — угла поворота космического аппарата, поперечных перемещений, углов поворота, осесимметричных и антисимметричных составляющих температуры в расчетных сечениях конечно-элементной модели стержня. Выполнены расчеты динамического поведения системы при выходе ее из тени с оценками сходимости и устойчивости численного решения. Исследовано влияние теплоизлучения и некоторых упругих параметров стержня на колебания системы.

**23.04-01.134 Визуализация эволюции тепловых полей при отражении ударной волны от торца канала ударной трубы. Знаменская И.А., Муратов М.И. Письма в Журнал технической физики. 2023. 49, № 16, с. 42-46. Рус.**

Проведена панорамная термографическая визуализация нестационарных тепловых полей при их регистрации на торцевой стенке прямоугольного канала ударной трубы. Исследована эволюция тепловых полей внешней поверхности торца после отражения ударной волны с числом Маха падающей волны  $M=1.5$ . Получены данные по распределению тепловых потоков в различные моменты времени в течение 4 с после отражения. Проанализировано влияние пограничного слоя на теплообмен в зоне за отраженной ударной волной. Ключевые слова: отраженная ударная волна, ударная труба, нестационарный тепловой поток, инфракрасная термография.

### **Источники ультра- и гиперзвука, аппаратура и методы измерений**

См. **23.04-01.41**

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

**23.04-01.135 Однородность ствола буронабивных свай по результатам четырехканального межскважинного ультразвукового мониторинга. Снежков Д.Ю., Леонovich С.Н., Будревич Н.А. Наука и техника. 2023. 22, № 3, с. 216-223. Рус.**

Исследована однородность структуры ствола буронабивных свай по результатам четырехканального межскважинного ультразвукового (УЗ) мониторинга. Определена фактическая длина свай с выявлением дефрагментации ствола сваи, определена прочность на сжатие, выявлены дефекты сплошности на основе совместного анализа данных метода межскважинного ультразвукового мониторинга. Использование четырех каналов позволяет отдельно контролировать периферийную и центральную

области сваи в шести направлениях. Данные сейсмоакустического метода совпали с параметрами ультразвукового мониторинга в части выявления зон неоднородности бетона, уменьшения сечения сваи и т.д. Для всех перечисленных свай названными методами испытаний не зарегистрированы данные, указывающие на дефрагментацию ствола сваи — присутствие участков, в поперечных сечениях которых полностью отсутствует бетон. Этими методами испытаний для всех свай подтверждено соответствие их фактической длины проектным значениям. Значимый дефект сплошности бетона сваи 40оп, по данным УЗ-мониторинга и сейсмоакустического метода, зарегистрирован в интервале отметок — (17,5—18) м, проявляющий себя снижением скорости распространения УЗ-импульса от 25 до 50% по двум направлениям прозвучивания, включая диаметрально. Указанный дефект можно интерпретировать как снижение эффективного сечения сваи до 25—50% от среднего значения. Дефектные участки свай обнаруживались в их верхней части на отметках по глубине от 0 до —1,5 м, считая от торцевой поверх-

ности оголовка. При этом различия по физико-механическим параметрам бетона на этих отметках наблюдались и в пределах поперечного сечения свай.

**23.04-01.136 Система контроля надежности траверсы на объектах атомной энергетики методом ультразвуковой дефектоскопии. Орлов В.А., Пирожков Р.В., Косогова Ю.П. Инженерный вестник Дона. 2023, № 3, с. 177-160. Рус.**

Рассмотрена проблематика обеспечения контроля состояния и прочности устройства обращения с радиоактивными материалами на объектах атомной энергетики и предложена разработка системы дистанционного ультразвукового контроля для непрерывно-периодичного мониторинга состояния ответственных элементов конструкции траверсы обслуживания, работающей в радиационно-опасной среде. Приведены основные принципы обработки результатов ультразвуковой дефектоскопии и получении характеристик.

## Акустика океана, гидроакустика

### Акустика мелкого моря

**23.04-01.137 Нелинейные эффекты и заплеск береговых волн, порожденных бильярдами с полужесткими стенками, в рамках теории мелкой воды. Доброхотов С.Ю., Назайкинский В.Е., Цветкова А.В. Труды Математического института имени В.А. Стеклова. 2023. 322, с. <https://www.mathnet.ru/rus/tm4330>. Рус.**

Под береговыми волнами мы понимаем периодические или близкие к периодическим по времени гравитационные волны на воде в бассейне глубины  $D(x)$ ,  $x=(x_1, x_2)$ , локализованные в окрестности береговой линии  $\Gamma^0=\{D(x)=0\}$ . В двух конкретных примерах мы строим отвечающие береговым волнам асимптотические решения системы нелинейных уравнений мелкой воды в виде параметрически заданных функций, соответствующих асимптотическим решениям линеаризованной системы, которые в свою очередь связаны с асимптотическими собственными функциями оператора  $-\nabla \cdot (gD(x)\nabla)$ ,  $g$  — ускорение свободного падения, порождаемыми “бильярдами с полужесткими стенками”.

**23.04-01.138 Применение технологий нелинейной акустики для поиска биоресурсов на мелководье. Тарасов С.П., Воронин В.А., Пивнев П.П., Акондзянин Г.Ж. Инженерный вестник Дона. 2022, № 8, с. 18-27. Рус.**

Поиск и определение количества биоресурсов — актуальная задача, как с точки зрения продовольственной безопасности РФ, так и с точки зрения экологии. Большинство биоресурсов в океане концентрируется в мелководных зонах (на глубинах от 1 до 200 м). В работе приведены результаты разработки параметрического гидролокатора траверзного обзора для поиска биоресурсов на мелководье. Сделан расчет энергетической дальности действия параметрического гидролокатора траверзного обзора. Приведены натурные морские испытания разработанного макета гидролокатора траверзного обзора в Таганрогском заливе Азовского моря (условия мелководья). Средняя глубина полигона составляла 2,2 метра. Рассмотрена осциллограмма строки записи эхограммы при определении максимальной дальности обнаружения цели на мелководье (отраженный сигнал от цели на расстоянии 1100 м) и эхограмма от цели, которая удаляется от антенны гидролокатора траверзного обзора на расстояние до 800 м. Сделаны выводы о перспективности применения параметрических гидролокаторов траверзного обзора для поиска рыбных скоплений на мелководье.

**23.04-01.139 Численная оценка законов убывания и интерференционной структуры полей давления и колебательной скорости в волноводах морского шельфа. Лисютин В.А., Ластовенко О.Р., Рыбакова К.А., Дегтяр А.Д., Петренко Н.В., Савченко Е.В. Инженерный вестник Дона. 2022, № 9, с. 12-23. Рус.**

Статья посвящена анализу пространственной структуры акустических полей давления и колебательной скорости в гидроакустических волноводах морского шельфа. Рассматриваются волноводы с двумя типами профиля скорости звука: постоянным и имеющим подводный звуковой канал. Дно предполагается в виде переходного слоя с градиентом скорости звука и полупространства. Акустические характеристики слоя принимаются соответствующими илу или песку. Анализируется интерференционная структура поля давления и поля вертикальной компоненты колебательной скорости. Анализируются пространственные законы убывания полей давления и колебательной скорости. Показывается, что интерференционная структура и законы убывания поля давления и вертикальной компоненты колебательной скорости не совпадают.

**23.04-01.140 Определение нелинейных сил второго порядка, возникающих при взаимодействии волнения и отдельных видов качки судна в условиях мелководья. Семенова В.Ю., Альбаев Д.А. Морские интеллектуальные технологии. 2022. 2, № 2-2, с. 37-45. Рус.**

Рассматривается определение нелинейных сил второго порядка, обусловленных взаимодействием набегающего, дифрагированного волнения и волнения, обусловленного различными видами колебаний на основании применения трехмерной потенциальной теории в условиях мелководья. Для их определения необходимо вычисление потенциалов второго порядка малости. Представленное решение в отечественной практике является новым. Решение задачи осуществляется на основании методов малого параметра и интегральных уравнений с учетом нелинейного граничного условия на свободной поверхностью жидкости. В работе расчет интегралов по свободной поверхности проводится напрямую за счет их сходимости на бесконечном удалении от судна. Нелинейные силы и моменты определяются в работе с использованием различных функций Грина для жидкости ограниченной глубины. Приводятся результаты расчетов нелинейных сил и моментов для разных судов. Расчеты представлены в сравнении с расчетами по двумерной теории, выполненными также для случая жидкости ограниченной глубины. Показано хорошее согласование результатов между собой в большинстве случаев. Показано значительное влияние уменьшения относительной глубины на все составляющие нелинейных сил без исключения, независимо от вида качки и типа судна. Ключевые слова: метод интегральных уравнений, трехмерная потенциальная теория, потенциал второго порядка, функция Грина, нелинейные силы, взаимодействие набегающего волнения и качки, мелководье.

**23.04-01.141 Обнаружение и идентификация малозумного движущегося источника на фоне шумов ближнего судоходства в мелком море. Касаткин Б.А., Злобина Н.В., Касаткин С.В. Морские интеллектуальные технологии. 2022. 3, № 3-1, с. 205-211. Рус.**

Получено модельное описание звуковых полей в волноводе жидкий слой — твердое полупространство в диапазоне частот, меньших первой критической частоты модельного волновода. Выполнено экспериментальное исследование звуковых полей в скалярно-векторном описании, создаваемых движущимся малощумным источником, в присутствии интенсивных шумов ближнего судоходства. Для обнаружения малощумного источника на фоне шумов ближнего судоходства использована вертикальная приемная система, оснащенная комбинированными приемниками, помехоустойчивость которых существенно увеличена использованием алгоритмов обработки по полному набору информативных параметров, характеризующих скалярно-векторную структуру звукового поля. Выполнена верификация модельного описания путем сравнения параметров вертикальной структуры звуковых полей с экспериментальными данными. Для обнаружения и идентификации малощумного движущегося источника в звуковом диапазоне частот использованы параметры инвариантной структуры звукового поля, соответствующей движению источника. Выполнен спектральный анализ дискретных составляющих вально-лопастного звукоядра малощумного источника, подтвердивший его обнаружение на всем интервале наблюдения. Ключевые слова: комбинированный гидроакустический приемник, шумовое поле, инвариант, информативные параметры, инфразвук, мелкое море.

**23.04-01.142** Генерация длинных волн при движении подводного оползневоего тела и сила волнового сопротивления. *Левков М.В. Ученые записки физического факультета МГУ.* 2023, № 4, <http://uzmu.phys.msu.ru/toc/2023/4>. Рус.

В рамках линейной теории длинных волн на основе точного аналитического решения одномерной задачи исследуются особенности генерации гравитационных поверхностных волн при движении недеформируемого оползневоего тела. Получены явные выражения, описывающие энергию волн, а также силу волнового сопротивления. Установлено, что накачка энергии к волнам, а, следовательно, и действительные силы волнового сопротивления, ограничены во времени. Показано, что расчёт силы волнового сопротивления по мгновенным параметрам движения тела невозможен в силу того, что величина этой силы определяется предысторией движения оползневоего тела. Оценки величины силы волнового сопротивления позволяют утверждать, что она может быть сопоставима с силами «сухого» и турбулентного трения.

**23.04-01.143** Критерий применимости теории длинных волн для описания диспергирующих волн цунами. *Носов М.А., Зарубина А.И. Известия РАН. Физика атмосферы и океана.* 2023, 59, № 4, с. 485-496. Рус.

Проанализированы условия применимости бездисперсионной теории длинных волн для воспроизведения диспергирующих волн цунами. В качестве количественного критерия предложена к использованию дистанция дисперсионного разрушения, — величина, которая однозначно определяется длиной волны, доминирующей в спектре начального возвышения водной поверхности в очаге цунами, и корректирующим коэффициентом  $\alpha$ . Физический смысл величины  $\alpha$  — доля длины волны, на которую диспергирующий волновой пакет отстанет от фронта длинной волны, при распространении на расстояние, равное дистанции дисперсионного разрушения. С использованием модельного остаточного смещения поверхности дна, геометрические параметры которого варьируются случайным образом, в рамках предположения о мгновенной генерации волн и с учетом сглаживающего эффекта водного слоя методом Монте-Карло установлена связь между точностью воспроизведения волн бездисперсионной моделью и величиной  $\alpha$ . С использованием «шкалы коэффициента  $\alpha$ » выполнено ранжирование критериев, которые были предложены ранее другими авторами.

**23.04-01.144** Внутренние волны в районе пролива Акселя острова Западный Шпицберген. *Морозов Е.Г., Писарев С.В. Известия РАН. Физика атмосферы и океана.* 2023, 59, № 4, с. 497-508. Рус.

Выполнен анализ измерений температуры, солёности и течений на трех заякоренных буйковых станциях, проработавших в течение года в районе сильных приливных течений около пролива Акселя у устья фьорда Ван Майен на острове Запад-

ный Шпицберген. Приливные течения при обтекании подводного поперечного хребта в проливе генерируют интенсивные внутренние волны приливного периода. Над подводным склоном внутренние волны вынужденные. Вертикальные смещения частиц воды достигают 20 м. Волны быстро затухают по мере удаления от пролива и склона. На удалении 12 км от пролива они уже не регистрируются. Приливные течения в проливе достигают скорости 3 м/с и формируют интенсивную струю при вытекании из пролива. Сильная струя течений во время сизигийных приливов прижимает приборы, установленные на буйковых станциях, ко дну. Результаты численного моделирования подтверждают наблюдения о том, что интенсивность вынужденных внутренних волн быстро уменьшается с увеличением расстояния от места генерации.

См. также **23.04-01.84**, **23.04-01.88**

### Излучение колеблющихся под водой объектов, импеданс

**23.04-01.145** Колебания составной цилиндрической оболочки в жидкости, возбуждаемые дискретной и распределенной нагрузкой. *Косарев О.И. Проблемы машиностроения и надежности машин.* 2023, № 1, с. 16-25. Рус.

Предложен метод расчета вынужденных колебаний составной цилиндрической оболочки, погруженной в жидкость, возбуждаемой совместно дискретными силами и распределенной по длине нагрузкой. Система состоит из цилиндрических оболочек (отсеков), соединенных упругими кольцами. Ключевые слова: вынужденные колебания, цилиндрическая оболочка, жидкость, дисперсионное уравнение, дискретные силы, распределенная нагрузка.

**23.04-01.146** Точное решение задачи излучения цилиндрической оболочки в жидкости. *Косарев О.И. Проблемы машиностроения и надежности машин.* 2023, № 2, с. 18-27. Рус.

На основе решения волнового уравнения в цилиндрических координатах получена точная формула звукового давления поля, излученного колеблющейся цилиндрической оболочкой, погруженной в жидкость. Ключевые слова: точное решение, излучение, звуковое давление, импеданс, цилиндрическая оболочка, волновое уравнение, волновое число.

**23.04-01.147** Действие пульсирующего источника в жидкости при наличии сдвигового слоя. *Стурова И.В. Известия НАН Беларуси. Серия физико-технических наук.* 2023, 68, № 3, с. 14-26. Рус.

Решена двумерная нестационарная задача о развитии волнового движения в двухслойной жидкости конечной глубины, ограниченной сверху свободной поверхностью. Рассмотрены случаи, когда в невозмущенном состоянии один из слоев покоится, а в другом (приповерхностном или придонном) горизонтальная скорость потока линейно меняется по глубине. Определены дисперсионные зависимости и групповые скорости трех волновых мод, возникающих при наличии сдвигового потока. Вычислены вертикальные смещения свободной поверхности, вызванные включением пульсирующего источника, расположенного в изначально неподвижном слое жидкости. Задача рассматривается в линейной постановке, жидкость предполагается идеальной и несжимаемой.

### Акустика морских осадков, ледяного покрова, подводная сейсмоакустика

**23.04-01.148** Классификация особых точек и пространственная структура поля потока мощности в гидроакустических волноводах. *Листотин В.А., Ластовенко О.Р. Инженерный вестник Дона.* 2023, № 2, с. 490-503. Рус.

Векторными полями в акустике океана называют поля колебательной скорости и плотности потока мощности. Методами векторного анализа проводится теоретический анализ и классификация особых точек в гидроакустическом волноводе. Моделирование поля потока мощности осуществляется как произ-

ведение полей давления и компонент поля вектора колебательной скорости. Поля давления и колебательной скорости вычисляются методом нормальных волн. Осуществляется моделирование поля потока мощности в гидроакустических волноводах с различными профилями скорости звука и различными акустическими свойствами дна. Выявляются некоторые закономерности расположения особых точек.

**23.04-01.149 Влияние формы поперечной нагрузки на напряженно-деформированное состояние. Козин В.М.** *Вестн. Том. гос. ун-та. Математика и механика.* 2023, № 83, с. 102-110. Рус.

Приведены результаты исследования влияния формы в плане поперечной статической нагрузки на напряженно-деформированное состояние (НДС) ледяного покрова, что определяет его несущую способность (грузоподъемность) при кратковременных режимах нагружения. Ледяной покров рассматривается как изотропная упругая среда на упругом основании. Приведены результаты обзора экспериментально-теоретических исследований, подтверждающих правомерность такого подхода в условиях поставленной задачи. Сделан вывод о целесообразности исследований влияния формы поперечной нагрузки на изгибные напряжения в ледяном покрове при воздействии на него кратковременной статической нагрузки. Исследовалось влияние соотношения размеров сторон поперечной, статической, равномерно распределенной по площадям прямоугольника, круга и квадрата постоянной по суммарной величине нагрузки на НДС бесконечной, изотропной упругой ледяной пластины, лежащей на основании винклеровского типа. Сделано заключение относительно выбора наиболее целесообразных форм нагрузок с точки зрения обеспечения наибольшей несущей способности ледяного покрова.

**23.04-01.150 Изгибно-гравитационные волны в море с ледяным покровом от движущихся возмущений в условиях равномерного сжатия. Ярошенко А.А., Маленко Ж.В., Маркина Е.В., Боран-Кешишьян А.Л., Кондратьев А.И.** *Морские интеллектуальные технологии.* 2022. 4, № 4-1, с. 251-257. Рус.

В зимний период многие реки, озера и моря в северных широтах покрываются льдом. Для продления навигации возникает необходимость разрушения ледяного покрова. Для этой цели используются суда на воздушной подушке. Ледяной покров используется также в качестве ледовых переправ и доставки по ним различных грузов. Поэтому важно знать режимы движения источника возмущений, при которых происходит разрушение ледяного покрова. В линейной постановке выполнен теоретический анализ влияния ледового сжатия и скорости перемещения нагрузки на трехмерные изгибно-гравитационные волны, которые при этом образуются. Ледяной покров моделируется тонкой упругой изотропной пластинкой, плавающей на поверхности жидкости конечной глубины. Уравнение колебаний пластинки принимается в качестве граничного условия на поверхности жидкости. На основе аналитических выражений, полученных методом интегральных преобразований, проведено исследование структуры возникающего волнового движения. Для скорости перемещения нагрузки больше минимального значения фазовой скорости изгибно-гравитационной волны образуется одна, три или две системы волн. При больших значениях сжимающего усилия существенно меняется характер волнового возмущения в волновом следе за источником, происходит наложение волн. В этом случае, в зависимости от скорости перемещения источника, образуется от двух до трех систем волн. Получены аналитические выражения для критических скоростей, при которых происходит изменение структуры волнового возмущения. Исследуется зависимость критических скоростей от сил сжатия, растяжения и толщины ледяного покрова. Определены угловые зоны, в которых образуются волны. Исследовано влияние сжимающих усилий и скорости перемещения возмущений на размеры угловых зон, покрытых волнами. Ключевые слова: изгибно-гравитационные волны, упругая пласт.

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

**23.04-01.151 Типичное рождение автоколебаний в блочной модели океанической циркуляции с турбулентными потоками. Давыдов А.А., Зосимов С.О.** *Труды Математического института имени В.А. Стеклова.* 2023. 321, с. <https://www.mathnet.ru/rus/tm4309>. Рус.

Для модели температурно-соленостной циркуляции в океане, доставляемой двумерной системой обыкновенных дифференциальных уравнений с разрывной функцией переноса, зависящей от параметров, описаны типичные бифуркации рождения нескольких автоколебательных режимов при изменении параметров функции переноса; в пространстве параметров найдены соответствующие бифуркационные диаграммы.

## Активные и пассивные сонарные системы, алгоритмы обработки сигналов

**23.04-01.152 Определение оптимальной средней частоты поиска пассивного нелинейного гидроакустического маркера-отражателя. Феценко Я.В.** *Экологические системы и приборы.* 2023, № 8, с. 18-26. Рус.

В настоящее время подводные маркеры используются в различных областях: в системах навигации и позиционирования, в морских исследованиях, в оборонном секторе, в водолазном оборудовании, подводной археологии и др. Цель их использования — определение местоположения подводных объектов. Анализ существующих маркеров показал невозможность их универсального и эффективного использования для решения данных задач из-за наличия существенных недостатков, таких как: ограниченный срок службы; нескрытый режим работы; дороговизна и сложность в производстве; небезопасность для экологии. С целью создания устройства, способного решить эти недостатки была математически выведена формула зависимости оптимальной частоты зондирующего сигнала гидролокатора от расстояния до пассивного нелинейного маркера с учетом потерь в водной среде. Для этого исследовалась математическая модель процесса формирования сигнала. Было рассмотрено полное уравнение величины принятого сигнала от гидроакустического маркера-отражателя, обеспечивающего его обнаружение поисковым гидролокатором. Вследствие неустраняемого разрыва первого рода из-за наличия двух разных эмпирических формул поиска коэффициента затухания для разных частот были выведены зависимости для трех разных случаев, а также описан общий алгоритм нахождения оптимальной частоты для конкретных значений коэффициента преобразования и расстояния между гидролокатором и нелинейным маркером-отражателем. На основе полученных формул построены графики зависимостей, которые показали, что наибольшее влияние на величину плотности потока мощности сигнала оказывают требуемая дальность и размеры апертур гидроакустических антенн. Ключевые слова: гидроакустика, нелинейный эффект, коэффициент затухания, оптимальная частота. DOI: 10.25791/esip.7.2023.1384.

## Гидроакустические преобразователи и антенны

**23.04-01.153 Определение оптимальной средней частоты поиска пассивного нелинейного гидроакустического маркера-отражателя. Феценко Я.В.** *Экологические системы и приборы.* 2023, № 7, с. 18-26. Рус.

В настоящее время подводные маркеры используются в различных областях: в системах навигации и позиционирования, в морских исследованиях, в оборонном секторе, в водолазном оборудовании, подводной археологии и др. Цель их использования — определение местоположения подводных объектов. Анализ существующих маркеров показал невозможность их универсального и эффективного использования для решения данных задач из-за наличия существенных недостатков, таких как: ограниченный срок службы; нескрытый режим работы; доро-

говизна и сложность в производстве; небезопасность для экологии. С целью создания устройства, способного решить эти недостатки была математически выведена формула зависимости оптимальной частоты зондирующего сигнала гидролокатора от расстояния до пассивного нелинейного маркера с учетом потерь в водной среде. Для этого исследовалась математическая модель процесса формирования сигнала. Было рассмотрено полное уравнение величины принимаемого сигнала от гидроакустического маркера-отражателя, обеспечивающего его обнаружение поисковым гидролокатором. Вследствие неустойчивого разрыва первого рода из-за наличия двух разных эмпирических формул поиска коэффициента затухания для разных частот были выведены зависимости для трех разных случаев, а также описан общий алгоритм нахождения оптимальной частоты для конкретных значений коэффициента преобразования и расстояния между гидролокатором и нелинейным маркером-отражателем. На основе полученных формул построены графики зависимостей, которые показали, что наибольшее влияние на величину плотности потока мощности сигнала оказывают требуемая дальность и размеры апертур гидроакустических антенн. Ключевые слова: гидроакустика, нелинейный эффект, коэффициент затухания, оптимальная частота. DOI: 10.25791/esip.7.2023.1384.

**23.04-01.154 Навигационная система автономного подводного аппарата на основе данных, передаваемых по акустическому каналу от гидроакустической станции. Юхимец Д.А., Губанков А.С. Изв. ЮФУ. Техн. н. 2023, № 1, с. 227-240. Рус.**

Предложен метод построения навигационной системы автономного необитаемого подводного аппарата (АНПА), использующей ограниченный набор бортовых датчиков и принимающей данные о положении АНПА по акустическим каналам связи от гидроакустической станции освещения подводной обстановки (ГАСО). Предложенный метод формирует оценки положения и скоростей АНПА на основе его динамической модели в предположении, что угловые скорости, углы ориентации и глубина АНПА определяются с помощью его бортовых датчиков. Линейные скорости непосредственно не измеряются. Для реализации навигационного алгоритма используется фильтр Калмана. При этом особенность этого алгоритма заключается в реализации двухступенчатой процедуры коррекции оценок координат и линейных скоростей АНПА, полученных на основе его динамической модели. Указанная коррекция осуществляется в двух вариантах в зависимости от того, какие данные доступны на текущем шаге работы системы. Первый вариант предполагает коррекцию указанных оценок только на основе данных от датчика глубины, обновление которых происходит на каждом шаге работы системы. А второй вариант используется, когда приходят данные от ГАСО по акустическим каналам связи. Эти данные приходят с задержкой из-за ограниченной скорости распространения акустических сигналов в водной среде, а также могут периодически искажаться и пропадать. В работе предложен метод компенсации указанных задержек, за счет сохранения массива ранее рассчитанных данных и оценки необходимых поправок за счет сравнения пришедших данных с оценками, полученными ранее. Предложенная схема построения навигационной системы позволяет обеспечить коррекцию ее показаний в условиях нерегулярного обновления данных от ГАСО. Результаты моделирования с использованием модели, описывающей все основные особенности работы ГАСО и ее взаимодействия с АНПА (задержки в получении информации, наличие шумов измерений и дискретизация данных ГАСО) показали достаточно высокую эффективность предложенного решения. При этом в качестве основного преимущества можно указать возможность использования минимального количества бортовых датчиков и возможность быстрого развертывания ГАСО для взаимодействия с АНПА.

**23.04-01.155 Результаты апробации алгоритма позиционирования и определения ориентации подводного аппарата по данным от гидроакустических маяков. Грузицкий А.М., Караулов В.Г., Мужин Д.А., Шалаев Н.А. Изв. ЮФУ. Техн. н. 2023, № 1, с. 265-274. Рус.**

Статья посвящена вопросу определения координат и углов ориентации автономного необитаемого подводного аппарата

(АНПА) относительно стационарной посадочной платформы с использованием высокочастотной гидроакустической системы ближнего радиуса действия. Задача навигации предполагает маневрирование аппарата и приближение к подводной станции, что сопряжено с формированием зон с различной акустической видимостью излучателей станции приёмными элементами аппарата. Можно выделить три зоны акустической видимости. Первая зона характеризуется наблюдением сигналов всех маяков подводной станции. Как следствие, данная зона является наиболее информативной для решения задачи позиционирования и определения ориентации АНПА. Вторая зона соответствует частичному сокращению числа наблюдаемых маяков, не оказывающему критического влияния на возможность решения задачи. Третья зона (посадка) определяется существенным сокращением числа наблюдаемых маяков, что, как следствие, значительно затрудняет решение задачи позиционирования, учитывая повышенные требования по точности в момент посадки аппарата, обусловленные обеспечением безопасности. Для сохранения точности позиционирования и определения ориентации подводного аппарата в зоне посадки, предлагается использовать результаты, полученные на ранних этапах приближения аппарата к подводной станции (первая и вторая зоны). В работе приводится математическая постановка задачи, описан алгоритм её решения. При нахождении АНПА в первой и второй зоне алгоритм решения состоит из двух подзадач. Первая подзадача — грубая оценка окрестности местоположения и углов ориентации аппарата с использованием метода К-ближайших соседей; вторая подзадача — уточнение оценок с использованием псевдодальномерного метода путём решения системы алгебраических уравнений с использованием алгоритма Левенберга—Марквардта. Дополнительно осуществляется оценка времени излучения маяками. При нахождении АНПА в третьей зоне алгоритм сводится к решению системы алгебраических уравнений с использованием прогноза времени излучения сигнала маяком, полученного при нахождении аппарата в зонах один и два. Приведены результаты имитационного моделирования и результаты апробации алгоритма, полученные с использованием макета аппарата и макета подводной станции в испытательном бассейне.

**23.04-01.156 Малогабаритная гидроакустическая антенна подводного аппарата. Ермолаев Э.В., Махов В.И. Морские интеллектуальные технологии. 2022. 2, № 2-2, с. 111-114. Рус.**

Предлагается малогабаритная гидроакустическая антенна, предназначенная для использования на подводном аппарате. Антенна выполнена в виде концентрической трёхкольцевой дискретной антенны, при этом площадь, занимаемая ею на подводном аппарате, меньше, чем в случае применения линейной антенны, кроме того, характеристика направленности (ХН) её близка к осесимметричной, что важно в ряде практических применений. Целью работы был расчёт ХН по известным выражениям при различных амплитудных распределениях (равномерное, треугольное, Хэмминга, Блэкмана) возбуждения элементов, расположенных на кольцах антенны, и выбор оптимального варианта. В качестве элементов антенны применены трёхсекционные стержневые преобразователи асимметричной, обеспечивающей широкополосность преобразователя, конструкции. Расчёт ХН выполнен для средней частоты широкого диапазона частот, приведены графики рассчитанных ХН при заданных распределениях. Известны результаты работы, где показано, что при большом количестве колец (10 колец, 320 элементов в антенне) уменьшение амплитуды возбуждения колец от центрального к периферийному кольцу приводит к тому, что основной лепесток ХН несколько расширяется и уменьшаются боковые лепестки. В данной работе показано, что при малом числе колец (3 кольца) такой эффект не наблюдается, и этот результат объясняется с применением теоремы смещения. Оптимальным из рассмотренных амплитудных распределений для данной трёхкольцевой концентрической антенны является равномерное амплитудное распределение, при котором антенна имеет наиболее узкий лепесток ХН и меньший уровень боковых лепестков. Ключевые слова: гидроакустическая антенна, концентрическая трёхкольцевая антенна, характеристика направленности, боковые лепестки, ширина основного лепестка, амплитудное распределение.

## Подводные измерения и калибровка аппаратуры

**23.04-01.157** Подводный старт суперкавитирующего ударника из лабораторной баллистической установки. *Ищенко А.Н., Буркин В.В., Дьячковский А.С., Чупащев А.В. Вестн Том. гос. ун-та. Математика и механика. 2023, № 82, с. 97-107. Рус.*

Рассматриваются особенности подводного старта суперкавитирующих ударников из канала лабораторной баллистической установки. Приводятся примеры экспериментальной реализации подводного выстрела и описываются быстротекающие

высокоэнергетические процессы, сопровождающие выход ударника из канала баллистической установки в воду. Проводится баллистическое проектирование перспективной лабораторной метательной установки и делаются оценки дальности суперкавитирующего движения ударников, выпущенных из ее канала.

См. также **23.04-01.153, 23.04-01.154, 23.04-01.155**

## Лабораторное экспериментальное моделирование

См. **23.04-01.36**

## Атмосферная и аэроакустика

### Инфразвуковые и акустико-гравитационные волны

**23.04-01.158** Аналитические свойства решений уравнения внутренних гравитационных волн с течениями для критических режимов волновой генерации. *Булатов В.В. Труды Математического института имени В.А. Стеклова. 2023. 322, с. <https://www.mathnet.ru/rus/tm4347>. Рус.*

Рассмотрены вопросы, связанные с постановкой задач описания динамики линейных внутренних гравитационных волн в стратифицированных средах с горизонтальными сдвиговыми течениями при критических режимах волновой генерации. В плоской постановке обсуждены модельные физические постановки задач, в которых могут возникать критические уровни. Изучены аналитические свойства решений вблизи критических уровней. Рассмотрена постановка задачи о потоке стратифицированной среды, набегающим на препятствие, за которым могут возникать уходящие волны, при этом особенность на критическом уровне формируется вдали от препятствия. Построены асимптотики решений вблизи критического уровня, которые выражаются через неполную гамма-функцию.

**23.04-01.159** Метод декомпозиции в задаче акустического зондирования анизотропной структуры атмосферы. *Закиров М.Н. Ученые записки физического ф-та МГУ. 2023, № 4, <http://uzmu.phys.msu.ru/toc/2023/4>. Рус.*

Представлен метод декомпозиции сигнала на составляющие известной формы в виде N- и U-волн, получаемых при частичном отражении инфразвука от тонких неоднородных слоев атмосферы. Предложена математическая модель сигнала как сумма пришедших волн с разными амплитудами и фазами, а также случайного шума. Показана полнота системы функций, состоящих из таких волн. Метод позволяет выделять из сигнала компоненты известной формы и определять их параметры. Предложенный метод может использоваться для поиска в сигнале компонент произвольной формы.

**23.04-01.160** Изменение характеристик предсейсмических волновых возмущений в нижней атмосфере. *Свердлик Л.Г. Вестник Кыргызско-Российского Славянского ун-та. 2022, № 4, с. 199-204. Рус.*

Представлены результаты анализа вариаций температуры в нижней и средней атмосфере, которые наблюдались перед крупным Нуриным землетрясением с магнитудой  $M=6.7$ , произошедшим 05 октября 2008 г. Профили температуры были получены по данным глобального реанализа MERRA-2. Использование специально разработанного алгоритма позволило выделить и идентифицировать предсейсмические аномальные изменения температуры на высотах вблизи тропопаузы. Аномалия наблюдалась за 2–3 дня до землетрясения. Низкая солнечная активность в период, предшествующий землетрясению, указывает на вероятное сейсмическое происхождение возмущений температуры. В качестве возможного механизма формирования сейсмоатмосферного эффекта рассматривались атмосферные гравитационные волны. Определены характеристики

волновых возмущений температуры. По флуктуациям температуры рассчитаны высотные профили потенциальной энергии гравитационных волн. Ключевые слова на русском языке: землетрясение; температура; верхняя тропосфера; нижняя стратосфера; возмущения; атмосферные гравитационные волны; флуктуации; плотность потенциальной энергии.

См. также **23.04-01.150**

### Распространение и рассеяние на турбулентности и на неоднородных течениях

**23.04-01.161** Определение влияния границ потока на обтекание профиля в аэродинамической трубе Т-128. *Глазков С.А., Семенов А.В. Теплофиз. и аэромех. 2023, № 3, с. 487-502. Рус.*

В рамках линейной дозвуковой теории решена задача о влиянии границ потока на обтекание профиля по измеренным распределениям давления на нем и на стенках рабочей части. Для тестового случая (испытания профиля ВГК1 в аэродинамической трубе IAR1.5m) проведено сравнение поправок к числу Маха набегающего потока и углу атаки профиля, полученных с помощью данного метода и в работах других авторов. Для модели профиля ОСПБ-77, испытанной в аэродинамической трубе Т-128 для двух вариантов проницаемости стенок  $f=0$  и  $3\%$ , выполнена коррекция распределенных данных и интегральных нагрузок в диапазоне чисел Маха от 0,2 до 0,78. Внесение поправок позволило существенно сблизить результаты для  $f=0$  и  $f=3\%$  вплоть до углов атаки, когда на профиле возникает отрыв потока.

### Аэро-термо-акустика и акустика горения

**23.04-01.162** Экспериментальные исследования процессов ускорения пламени и перехода горения в детонацию (обзор работ ИТМО НАН Беларуси). *Кривошеев П.Н., Кузьмицкий В.В., Пенязков О.Г. Физика горения и взрыва. 2023. 59, № 4, с. 3-11. Рус.*

Работа посвящена краткому обзору и систематизации результатов исследований процессов ускорения пламени и перехода горения в детонацию в круглых гладких трубах, выполненных за последние несколько лет в Институте тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова (Минск, Беларусь). Показаны и описаны все стадии процесса ускорения пламени, начиная от инициирования горения слабым источником и заканчивая возникновением детонации.

**23.04-01.163** Численное моделирование теплового запыления канала при горении водородно-воздушной смеси в сверхзвуковом потоке. *Федорова Н.Н. Физика горения и взрыва. 2023. 59, № 4, с. 12-24. Рус.*

Представлены результаты расчетов высокоскоростного реагирующего течения предварительно не перемешанной водородно-воздушной смеси в канале с резким расширением в форме вступов с поперечной инжекцией водородных струй. Расчеты проведены в пакете Ansys Fluent на основе решения трехмер-

ных нестационарных осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье—Стокса, дополненных  $\kappa-\theta$  SST моделью турбулентности и блоком уравнений детальной химической кинетики горения водорода в воздухе. Численно получено самовоспламенение водородно-воздушной смеси, переходящее в режим интенсивного горения с движением пламени от зоны воспламенения вверх по потоку. Показано, что горение происходит в толстых дозвуковых зонах, которые в местах повышенного тепловыделения смыкаются на оси канала, образуя тепловое горло. В результате формируется система прямых скачков уплотнения, которые отрывают пограничный слой от стенки канала. Возвратное течение переносит горячие продукты реакции по направлению к торцу уступа, в результате чего тепловое горло и скачки уплотнения смещаются навстречу потоку. Это приводит к выходу волны горения и ударной волны в инжекторную часть, при этом «выбитая» ударная волна объединяется с головным скачком перед струями, в результате чего канал запирается.

См. также 23.04-01.133, 23.04-01.134

### Ударные и взрывные волны, звуковой удар

**23.04-01.164** Расчет нагрузок за тройной конфигурацией частично локализованных ударных волн на элементы конструкции воздушного судна. *Каприлова А.С. Известия высших учебных заведений. Авиационная техника.* 2022, № 2, с. 80-86. Рус.

Построена инженерная математическая модель для расчета и анализа тройных конфигураций подвижных ударных волн, возникающих при приповерхностном взрыве. Разработанная модель используется для расчета и сопоставления параметров взрывных волн и спутных потоков за ними, характеризующих основные поражающие факторы взрыва, частично локализованного специальным устройством, на борту воздушного судна. Тройная конфигурация, приповерхностный взрыв, ударная волна.

**23.04-01.165** Тройные конфигурации скачков уплотнения и бегущих ударных волн. *Чернышов М.В., Гвоздева Л.Г. Известия высших учебных заведений. Авиационная техника.* 2022, № 2, с. 87-110. Рус.

Представлен обзор современных исследований тройных конфигураций скачков уплотнения и бегущих ударных волн в сверхзвуковых установившихся или нестационарных газовых течениях. Определены перспективные направления дальнейших исследований тройных конфигураций, а также некоторые возможные технологические приложения.

**23.04-01.166** Унифицированный подход к моделированию равновесных течений детонирующих газов. *Прохоров Е.С. Инженерно-физический журнал.* 2023. 96, № 3, с. 671-681. Рус.

Сформулирована приближенная модель химического равновесия для моделирования детонационных процессов в реагирующих газовых смесях. В ней по сравнению с точными (более детальными) моделями используются дополнительные физические предположения, позволяющие не только расширить область ее применения, но и существенно упростить вид системы решаемых уравнений. Показано, что для адекватных (согласованных с экспериментом) расчетов газодинамики детонационных течений вполне достаточно описывать компоненты продуктов детонации стандартным и ограниченным по количеству набором веществ. Предложена процедура для однозначного определения молярных долей этих веществ в состоянии химического равновесия, основываясь только на относительных концентрациях атомов, таких как кислород, углерод, водород, азот и любых других одноатомных инертных веществ, например, аргона.

**23.04-01.167** Импульсная нагрузка на стенку при взаимодействии ударной волны с эллипсоидальным пристоичным пузырем газа повышенной плотности. *Сиренко А.Г., Сутырин О.Г. Письма в Журнал технической физики.* 2023. 49, № 16, с. 33-37. Рус.

На основе численного решения уравнений Эйлера исследована задача о взаимодействии ударной волны с эллипсоидаль-

ным газовым пузырем повышенной плотности, прилегающим к твердой стенке. Описан процесс преломления и фокусировки ударной волны — формирования и отражения поперечных скачков уплотнения от оси симметрии и стенки. Обнаружено, что в зависимости от формы пузыря реализуются качественно различные режимы течения, в которых фокусировка волны на оси симметрии происходит до или после начала отражения прошедшей по пузырю волны от стенки. Исследована сеточная сходимость различных мер импульсного ударно-волнового воздействия на стенку и определена их зависимость от формы пузыря. Наибольший импульс давления достигается для слегка сплюснутых пузырей, когда поперечные волны фокусируются у центра стенки сразу после отражения от нее плоской прошедшей волны. Ключевые слова: ударная волна, газовый пузырь, стенка, фокусировка, кумуляция.

**23.04-01.168** Газодинамическое проектирование и численное исследование сверхзвукового контура аэродинамической трубы. *Ртищева А.С. Вестник Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана (МГТУ). Серия: Машиностроение.* 2021, № 1, с. 68-84. Рус.

Для перспективной трехрежимной аэродинамической трубы проточного типа с размером рабочей части  $1,2 \times 1,2$  м, предназначенной для наземных испытаний моделей ракетно-космических и авиационных летательных аппаратов, выполнено газодинамическое проектирование контура и численное моделирование течения для основных сверхзвуковых режимов ( $M=2$ ;  $M=4$ ). Газодинамическое проектирование контура аэродинамической трубы проведено на основе разрабатываемых в Центральном аэрогидродинамическом институте имени профессора Н.Е. Жуковского методик и опыта эксплуатации имеющихся установок. Рассмотрены как традиционные компоновки тракта с изгибом стенок всех элементов: сопла, рабочей части и диффузора в плоскости  $XU$ , так и альтернативные конструкторские разработки с изгибом стенок диффузора в плоскости  $XZ$ . При проведении численных исследований во всех областях тракта аэродинамической трубы программным комплексом ANSYS Fluent решались уравнения Навье—Стокса для вязкого и теплопроводного воздуха с использованием модели турбулентности (Spalart—Allmaras, SST). Исследовано влияние на характеристики течения угла раскрытия стенок рабочей части, компенсирующего увеличение толщины вытеснения пограничного слоя по длине. Показаны возможности получения достаточно равномерного потока с точностью реализации числа Маха  $\Delta M = \pm 0,005$  в области размещения модели. Проанализировано влияние геометрических параметров и граничных условий на эффективность работы сверхзвукового диффузора.

См. также 23.04-01.96, 23.04-01.97, 23.04-01.98, 23.04-01.99

### Авиационная акустика

**23.04-01.169** Исследование влияния дополнительной массы на динамическую устойчивость модели крыла в потоке воздуха. *Наумов А.М. Машиностроение и компьютерные технологии.* 2019, № 7, с. 1-17. Рус.

Работа посвящена исследованию динамической устойчивости модели крыла в потоке набегающего воздуха. Как известно, при некоторой скорости потока, называемой критической, возникает явление самовозбуждающийся незатухающих изгибно-крутильных автоколебаний, называемых флаттером. В работе рассматривается один из методов борьбы с данным явлением, а именно размещение в модели крыла дополнительного груза на упругих элементах (пружинах). Таким образом, рассматривается трёхстепенная модель крыла, тогда в литературе, посвящённой данной проблеме, чаще рассматривается двухстепенная модель крыла. Данная работа является естественным продолжением первой работы авторов, где подробно была рассмотрена именно двухстепенная модель крыла. Работа продолжает и развивает исследования в данной области многих известных учёных, таких как В.Л. Бидерман, С.П. Стрелков, Я.Г. Пановко, И.И. Губанова, Е.П. Гроссман, Я.Ц. Фын и многих других, которые исследовали данное явление. Также необхо-

димо упомянуть учёных, которые не только изучали данное явление, но разрабатывали методы борьбы с ним. Ими являлись Келдыш М.В., Риз П.М., Пархомовский Я.М. и др. Необходимо отметить, что в решении проблемы флаттера внесли вклад не только учёные-теоретики, но и лётчики-испытатели, в частности Галлай М.Л. В данной работе подробно излагаются вывод линейных дифференциальных уравнений малых колебаний модели крыла с дополнительным грузом в потоке, определяются собственные частоты и формы изгибно-крутильных колебаний, проверяется их ортогональность, исследуются вынужденные колебания под действием аэродинамических силы и момента, определяется критическая скорость потока для ряда параметров системы, а именно массы дополнительного груза и жёсткости его подвеса. Делается вывод о влиянии этих параметров на критическую скорость. На основе результатов расчётов можно сделать вывод о влиянии дополнительного груза на критическую скорость флаттера и о том, насколько этот метод актуален для борьбы с этим явлением. Представленная работа может оказаться интересной как для студентов технических специальностей, изучающих теорию механических колебаний, так и для инженеров — специалистов в вопросах аэроупругости и динамической устойчивости элементов механических систем.

**23.04-01.170 Исследование аэроупругих явлений корпуса и тонкостенных конструкций беспилотных ЛА при больших сверхзвуковых скоростях. Абдухакимов Ф.А., Быков А.В., Веденеев В.В., Гареев Л.Р., Нестеров В.А. Проблемы машиностроения и надежности машин. 2021, № 4, с. 70-80. Рус.**

Флаттер беспилотных летательных аппаратов на гиперзвуковых скоростях является одной из малоизученных проблем, стоящих перед разработчиками гиперзвуковых аппаратов. Современные методы расчета аэроупругой устойчивости либо позволяют решать упрощенные варианты реальных задач (например, без учета физико-химических явлений), либо требуют большой вычислительной мощности. В настоящей статье описывается методика расчета сверх- и гиперзвукового флаттера летательного аппарата с использованием стандартного инженерного программного обеспечения и дополнительных разработанных программных модулей. Дано обоснование необходимости уточнения существующих методик расчета аэроупругости летательных аппаратов с учетом реальной геометрии конструкции и с возможностью учета физико-химических процессов, происходящих в воздухе при движении тел с большой скоростью. Разработаны теоретические положения расчета аэроупругой устойчивости с учетом этих факторов и приведены три примера расчета аэроупругой устойчивости модельных объектов. Ключевые слова: гиперзвуковая аэродинамика, аэроупругость, флаттер, обтекание, CFD.

**23.04-01.171 Акустическое воздействие на авиационные агрегаты из полимерных композиционных материалов. Ша М., Гончаренко В.И., Юров В.М., Олешко В.С., Сучь И. Проблемы машиностроения и надежности машин. 2023, № 1, с. 48-57. Рус.**

Исследованы особенности акустического воздействия на авиационные агрегаты из полимерных композиционных материалов. Разработана методика выставки угла волны, которая выравнивает масштабные коэффициенты обоих измерительных каналов дифференциального агрегата из полимерных композиционных материалов и компенсирует погрешность от перекрестного демпфирования. Получены аналитические выражения для масштабного коэффициента и смещения нуля дифференциального агрегата из полимерных композиционных материалов. Показано, что этот масштабный коэффициент, в отличие от режима дискретных шумовых колебаний, не зависит от амплитуды и частоты резонансных колебаний. Показано, что режим работы агрегата из полимерных композиционных материалов имеет возможность компенсации разности частот резонатора системой управления при измерении угловой скорости. Ключевые слова: струя, удар, конструкция, авиационный агрегат, полимерные композиционные материалы, расслоение, деформация.

**23.04-01.172 Глушение шума в установках калибровки сопел летательных аппаратов. Душина О.А., Валеев А.А., Душин Н.С., Колчин С.А. Известия высших**

**учебных заведений. Авиационная техника. 2022, № 4, с. 116-122. Рус.**

Экспериментально исследована эффективность нескольких вариантов конструкций кондиционеров потока с изогнутыми перфорированными пластинами с точки зрения снижения влияния акустического шума на работу ультразвукового расходомера газа, потерь давления, компенсации искажений поля течения и сочетания этих факторов.

**23.04-01.173 Модели и анализ методических погрешностей панорамного датчика аэродинамических углов и воздушной скорости с неподвижным приемником и ультразвуковыми измерительными каналами. Мифтазов Б.И., Солдаткин В.М., Ефремова Е.С., Никитин А.В., Солдаткин В.В. Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. 2023, № 1, с. 116-120. Рус.**

Обосновывается важность достоверной информации об аэродинамических углах и воздушной скорости для пилотирования, управления и обеспечения безопасности полета самолетов и других типов летательных аппаратов в приземном слое атмосферы. Разработаны аналитические модели и приведены результаты расчета методических аэродинамических погрешностей измерения истинной воздушной скорости, приборной скорости, числа Маха и аэродинамических углов атаки и скольжения панорамного датчика параметров вектора воздушной скорости. Рассматриваются пути уменьшения систематических и случайных составляющих методических аэродинамических погрешностей за счет введения поправок в алгоритмы вычисления, реализации принципов комплексирования и оптимальной фильтрации.

**23.04-01.174 Модель упругих колебаний летательного аппарата. Ромадов С.В., Козырь А.В. Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2023, № 1, с. 79-84. Рус.**

Рассмотрены вопросы построения математической модели динамики гибкого летательного аппарата на основе уравнения Эйлера—Бернулли. Проведено компьютерное моделирование. Сделаны выводы о влиянии экспериментальных параметров и критериях, которым должна соответствовать система управления.

**23.04-01.175 Аэродинамические характеристики профиля крыла с нелинейно деформируемой мембраной в дозвуковом потоке. Гришанина Т.В., Шклярчук Ф.Н. Мех. композиц. матер. и конструкций. 2016. 22, № 4, с. 491-501. Рус.**

Рассматривается прямое крыло большого удлинения, образованное передней тонкостенной балкой, работающей на изгиб и кручение, и задней горизонтальной пластинкой с острой задней кромкой. Передняя балка и задняя пластинка соединены между собой дискретно расположенными нервюрами с находящимися между ними прямоугольными растяжимыми мембранами в срединной плоскости крыла, покрытыми сверху и снизу профилированными слоями легкого пенопласта. Решается плоская задача аэроупругости профиля крыла с растяжимой мембраной в дозвуковом потоке при заданном угле атаки профиля и заданном натяжении мембраны, обусловленном регулируемым увеличением расстояния между её передней и задней кромками и искривлением под действием поперечной нагрузки. Искривление мембраны считается малым, при котором растягивающее усилие приблизительно будет постоянным по длине. Деформация растяжения мембраны зависит от её прогиба нелинейно. Для решения задачи используется метод конечных элементов (МКЭ). В пределах длины каждого КЭ поперечное перемещение мембраны аппроксимируется линейной функцией. Аэродинамическое давление на тонкий деформируемый профиль крыла в дозвуковом сжимаемом потоке определяется по линейной теории плоскопараллельного обтекания искривленной пластины при малых углах атаки. Уравнения равновесия деформируемой мембраны профиля в потоке получены в виде системы неоднородных уравнений для поперечных перемещений в узлах. Коэффициенты жесткости системы зависят от натяжения мембраны, а оно, в свою очередь, квадратично зависит от неизвестных перемещений. Получены решения этих



уравнений при различных заданных значениях безразмерного параметра, представляющего отношение натяжения к скоростному напору. Определены перемещения мембраны, распределение аэродинамического давления и коэффициенты подъемной силы и момента тангажа профиля с искривленной мембранной. Найдены соответствующие значения регулируемого натяжения мембраны, при которых обеспечиваются заданные суммарные (с учетом искривления) натяжения мембраны и аэродинамические характеристики профиля.

**23.04-01.176** Аэродинамические характеристики деформируемого профиля крыла при квазистационарном дозвуковом обтекании. *Гришанина Т.В., Русских Н.М. Мех. композиц. матер. и конструкций. 2018. 24, № 3, с. 477-489. Рус.*

Рассматривается линейная задача деформирования и аэродинамического нагружения тонкого профиля прямого крыла большого удлинения. Профиль крыла состоит из недеформируемой носовой части и упругого хвостика. Поперечное перемещение и малый угол поворота носовой части считаются заданными функциями времени. Поперечное перемещение упругого хвостика представляется по методу Ритца в виде разложения по заданным функциям с неизвестными коэффициентами, которые принимаются за обобщенные координаты. Аэродинамическая нагрузка определяется по теории плоского безотрывного обтекания профиля квазистационарным дозвуковым потоком сжимаемого газа. Уравнения аэроупругих колебаний деформируемого профиля для обобщенных координат получаются на основе принципа возможных перемещений. Выполнены расчеты для двух вариантов силовых схем упругого хвостика профиля. В первом варианте хвостик образован тонкой упругой пластиной постоянной толщины, жестко соединенной с носовой частью, аэродинамическая форма которого получается с помощью накладного профилированного пенопласта. Заполнитель в этом случае не работает на изгиб и сдвиг, и расчеты проводятся для профиля с постоянными характеристиками по длине без учета сдвига. Во втором варианте хвостик состоит из сотового заполнителя, работающего на сдвиг, и тонкой обшивки постоянной толщины, работающей на растяжение-сжатие. В этом случае толщина хвостика уменьшается по линейному закону до нуля на задней кромке. Получены распределения аэродинамической нагрузки по хорде деформируемого профиля и значения квазистационарных аэродинамических коэффициентов подъемной силы и момента тангажа для угла атаки и скорости тангажа носовой части путем квазистатического исключения обобщенных координат.

**23.04-01.177** Анализ влияния нестационарности несжимаемого потока на изгибно-крутильные аэроупругие колебания крыла большого удлинения. *Гришанина Т.В., Русских Н.М. Мех. композиц. матер. и конструкций. 2019. 25, № 2, с. 207-218. Рус.*

Рассматриваются вынужденные изгибно-крутильные колебания прямого крыла большого удлинения в несжимаемом потоке идеальной жидкости (газа). Используется гипотеза плоского безотрывного обтекания поперечных сечений тонкого крыла. Аэродинамическая нагрузка, действующая на колеблющийся тонкий профиль в несжимаемом потоке идеального газа, при малых гармонических колебаниях крыла определяется на основании точного решения по нестационарной линейной теории, а также по квазистационарной теории. Крыло рассматривается как подкрепленная продольными элементами (лонжеронами, стрингерами) тонкостенная балка с однозамкнутым или многозамкнутым контуром поперечных сечений, которые считаются недеформируемыми в своих плоскостях. Упругие перемещения консоли крыла при изгибно-крутильных колебаниях представляются по методу Ритца в виде ряда по заданным базисным функциям с неизвестными коэффициентами, которые рассматриваются в качестве обобщенных координат. Уравнения аэроупругих колебаний крыла при действии поперечной гармонической силы, с заданной частотой, составляются как уравнения Лагранжа и решаются в комплексных переменных. Основной целью работы является сравнение результатов расчета амплитудно-частотных характеристик вынужденных колебаний крыла, полученных при использовании нестационарной и квазистационарной аэродинамических теорий. Выполнены рас-

четы для модели крыла постоянного поперечного сечения, в которой одна обобщенная координата представляет изгиб крыла, а другая — кручение. На основе полученных результатов показано, что при малых приведенных частотах колебаний простая (с точки зрения трудоемкости вычислений) квазистационарная теория позволяет получить решения с вполне приемлемой точностью. Влияние присоединенных масс воздуха, которое учитывалось в нестационарной теории, весьма мало.

**23.04-01.178** Моделирование нестационарного горения твердого топлива в камере сгорания и расчет акустической проводимости поверхности горения топлива. *Крайнов А.Ю., Порязов В.А., Мочеева К.М. Инженерно-физический журнал. 2023. 96, № 3, с. 692-702. Рус.*

С использованием моделей нестационарного горения твердого ракетного топлива и газодинамики течения продуктов его сгорания в камере выполнено численное моделирование нестационарного горения зарядов такого топлива и течения продуктов их сгорания в Т-камере. Проведено моделирование возникновения и затухания акустических колебаний в Т-камере. Представлены результаты расчета акустической проводимости горящей поверхности пороха Н. Расчетно-теоретические зависимости акустической проводимости поверхности горения твердого ракетного топлива от частоты колебаний давления и среднего давления в Т-камере качественно совпадают с имеющимися аналогичными экспериментальными зависимостями.

**23.04-01.179** Численное моделирование двумерного и пространственного нестационарного обтекания толстых профилей и крыльев малого удлинения со щелевым отсосом в вихревой ячейке применительно к гибридным аэростатическим аппаратам. *Исаев С.А., Усачов А.Е., Сустин С.А., Никущенко Д.В., Судakov А.Г., Тряскин Н.В. Инженерно-физический журнал. 2023. 96, № 3, с. 746-757. Рус.*

С помощью численного моделирования на основе осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье—Стокса при их замыкании SST-моделью турбулентности проведено сравнение автоколебательных режимов обтекания толстого профиля и крыла малого удлинения с вихревой ячейкой при наличии и отсутствии щелевого отсоса. Включение отсоса с размещением вентилятора в отводящем канале и выбросом струи в районе задней кромки двумерного профиля, а также отсос в двигательную установку на внутреннем контуре вихревой ячейки толстого крыла стабилизируют обтекание тел и существенно улучшают их аэродинамические характеристики. В двумерном случае аэродинамическое качество возрастает до 7, в трехмерном варианте увеличивается до 2.7.

**23.04-01.180** Экспериментальное исследование эволюции контролируемых возмущений в продольном вихре, порожденном в пограничном слое на плоской пластине при числе Маха  $M=2$ . *Косинов А.Д., Питеримова М.В., Шмакова А.В., Семенов Н.В., Ермолаев Ю.Г. Прикладная механика и техническая физика. 2023. 64, № 4, с. 118-129. Рус.*

С использованием результатов экспериментальных исследований проведено сравнение пространственно-временных распределений амплитуды контролируемых пульсаций в линейной и слабонелинейной фазах развития волнового поезда в однородном и неоднородном пограничных слоях на плоской пластине при числе Маха  $M=2$ . (Неоднородность течения вызвана продольным стационарным возмущением, порожденным парой слабых ударных волн. Контролируемые возмущения генерировались локально с поверхности при фиксированной мощности высокочастотного тлеющего разряда внутри модели). Установлено, что неоднородность течения изменяет механизм взаимодействия субгармонических возмущений. Показано, что в центре волнового поезда наблюдается нарушение пространственного синхронизма пульсаций субгармонической частоты. DOI: 10.15372/PMTF202215232.

**23.04-01.181** Экспериментальное исследование структуры возмущений от двух импульсных источников в сверхзвуковом пограничном слое пластины. *Афанасьев Л.В., Ермолаев Ю.Г., Косинов А.Д., Кочарин В.Л., Семенов Н.В., Яцких А.А. Известия НАН*

Беларуси. Серия физико-технических наук. 2023. 68, № 3, с. 27-36. Рус.

Описано развитие нового экспериментального метода введения в сверхзвуковой пограничный слой контролируемых возмущений с заданной частотно-волновой структурой. Представляются данные экспериментов по формированию возмущений от двух импульсных источников (импульсный тлеющий разряд) в ламинарном пограничном слое пластины при числе Маха, равном 2. Эксперименты выполнены в аэродинамической трубе Т-325 ИТПМ СО РАН. Локализованные источники располагались на одинаковом расстоянии от передней кромки пластины в 6 мм друг от друга по размаху. Пульсации потока измерялись с помощью одноточечного датчика термоанемометра постоянного сопротивления, запись сигнала проводилась синхронно с зажиганием разрядов, что позволяло выделять возмущения от разрядов из фона случайных неконтролируемых "естественных" пульсаций пограничного слоя. Анализируются пространственно-временная структура и частотно-волновой состав генерируемых возмущений от одиночного и двух разрядов, работающих синхронно и с задержкой во времени. Получено, что наибольшие отличия в структуре возмущений от одного и двух источников наблюдаются в центральной области, тогда как на боковых границах возмущения пульсации близки во всех рассматриваемых случаях. В спектрах возмущений по поперечным волновым числам от двух разрядов формируются узлы и пучности, положение которых определяется расстоянием между источниками и временной задержкой в их работе.

**23.04-01.182 Резонансное воздействие периодической последовательности плазменных актуаторов при управлении течением в пограничном слое на стреловидном крыле.** Мануйлович С.В. *Известия НАН Беларуси. Серия физико-технических наук.* 2023. 68, № 3, с. 37-49. Рус.

Теоретически изучен процесс управления течением в пограничном слое на стреловидном крыле с помощью ряда плазменных актуаторов, установленных под углом к передней кромке. Исследован резонансный отклик управляемого течения в случае, когда угол наклона актуаторов близок углу наклона стационарных вихрей неустойчивости поперечного течения. Расчет управляемого течения произведен в рамках параболизированной системы уравнений Навье—Стокса. Вычислены характеристики устойчивости периодических течений, сформированных воздействием управляющей объемной силы.

См. также **23.04-01.71, 23.04-01.164, 23.04-01.168**

### Колебания тел и структур в потоке, аэроупругость

**23.04-01.183 Аэроупругие колебания тонкой ленты в ламинарном воздушном потоке.** Афанасьева А.А., Гуськов А.М., Пановко Г.Я. *Проблемы машиностроения и надежности машин.* 2021, № 5, с. 49-61. Рус.

Исследуются нелинейные аэроупругие колебания тонкой плоской ленты в ламинарном воздушном потоке. В качестве расчетной схемы принимается длинная плоская мембрана с двумя струнами, закрепленными по ее длинным краям, к которым приложены растягивающие усилия. Воздушный поток

направлен вдоль плоскости мембраны. Исследуются поперечно-крутильные колебания, возникающие при действии аэродинамических сил. Получены связанные дифференциальные уравнения в безразмерной форме, в которых изгибная и крутильная жесткости системы обеспечиваются усилиями натяжения струн и крутящего момента от подъемной силы. Решение задачи представлено в соответствии с методом Галеркина. Выполнен анализ устойчивости и выявлены: бифуркация Пуанкаре—Андропова—Хопфа (появление флаттера ленты в потоке воздуха), бифуркация Эйлера (дивергенция ленты). Определена зависимость критической скорости и частоты колебаний при возникновении флаттера в зависимости от силы натяжения ленты. Исследовано закритическое поведение системы и установление автоколебательного режима, для которого определена его частота и амплитуда колебаний. Ключевые слова: тонкая лента, мембрана, струна, изгибно-крутильные колебания, аэроупругие колебания, флаттер, автоколебания.

**23.04-01.184 К расчету флаттера прямого крыла большого удлинения в несжимаемом потоке с использованием нестационарной аэродинамической теории.** Гришанина Т.В., Рыбкина Н.М. *Мех. композиц. матер. и конструкций.* 2020. 26, № 1, с. 43-57. Рус.

Рассматриваются изгибно-крутильные колебания прямого крыла большого удлинения в несжимаемом потоке идеального газа. Погонные аэродинамические нагрузки (подъемная сила и крутящий момент) определяются по нестационарной и квазистационарной теориям плоского обтекания поперечных сечений. Перемещения и углы закручивания поперечных сечений консоли крыла при изгибно-крутильных колебаниях представляются по методу Ритца в виде разложения по заданным функциям с неизвестными коэффициентами, которые рассматриваются в качестве обобщенных координат. Уравнения аэроупругих колебаний крыла составляются как уравнения Лагранжа и записываются в матричном виде как дифференциальные уравнения первого порядка. На основе полученных уравнений решается задача определения собственных значений. Основной целью работы является сравнительный анализ расчетов по определению границы динамической устойчивости (флаттера), полученных при использовании нестационарной и квазистационарной аэродинамических теорий. Выполнены расчеты для модели крыла с постоянными характеристиками поперечных сечений. В качестве заданных функций использовались собственные формы изгибных и крутильных колебаний консольной балки постоянного поперечного сечения. Выполнены расчеты по определению границы флаттера для различного числа аппроксимирующих функций. Полученные результаты позволяют сделать вывод, что при использовании квазистационарной и уточненной квазистационарной теорий при определении аэродинамических нагрузок значения критической скорости флаттера получаются меньше, чем при расчетах по нестационарной теории. Это дает возможность для определения границ флаттера использовать более простую (с точки зрения трудоемкости) квазистационарную теорию. Также установлено, что влияние присоединенных масс воздуха, которое учитывается в нестационарной и уточненной квазистационарной теориях, весьма мало.

См. также **23.04-01.169, 23.04-01.170, 23.04-01.171, 23.04-01.174, 23.04-01.175, 23.04-01.176, 23.04-01.177, 23.04-01.180, 23.04-01.181**

### Акустика структурно неоднородных сред; Геологическая акустика

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

**23.04-01.185 Численная оценка плотности грунта методом конечно-разностных сеток при математическом моделировании уплотнения просадочных грунтов**

глубинными взрывами. *Тарасенко Е.О. Известия Томского политехнического университета.* 2023. 333, № 5, с. 103-108. Рус.

С целью обеспечения длительной эксплуатации и прочности зданий и сооружений на этапах их проектирования и строительства на просадочных лёссах необходимо проводить численную оценку плотностных характеристик грунтов. Просадочные лёссы широко распространены в мире. Их можно наблюдать в России, Китае, странах Средней Азии и т.д. На территории Рос-

сии их залегание отмечается более чем на 17% от всей территории страны. Практически повсеместное распространение лёссовых грунтов встречается на территории Северо-Кавказского региона (80–85% площади). Отмечается большая их мощность (до 50 м). Настоящая работа посвящена численному моделированию оценки плотностных характеристик просадочных грунтов методом конечно-разностных сеток в рамках математической модели уплотнения лёссов глубинными взрывами. Применение аппарата вычислительной математики позволило решить задачу оценки плотности уплотняемого просадочного грунта в зависимости от глубины заложения заряда взрывчатого вещества. Цель: провести численную оценку плотности грунта в рамках математического моделирования уплотнения методом глубинных взрывов просадочных лёссовых грунтов. Методы: применение аппарата вычислительной математики, дифференциальных уравнений в частных производных, методов и результатов физики твёрдого тела, инженерной геологии, механики грунтов. Методика эксперимента. Проведено численное моделирование оценки плотности уплотняемого грунта глубинными взрывами на основе метода сеток. Результаты. На основе метода сеток по явной конечно-разностной схеме построены дискретные линейные динамические системы для численного расчёта плотности уплотняемого просадочного грунта глубинными взрывами. Описано посылное приближение к решению дифференциального уравнения в частных производных с заданными начальными и граничными условиями, математически описывающего технологический процесс уплотнения просадочного грунта для случаев реализации поверхностного выброса и камуфлетного уплотнения. Указано условие устойчивости полученных конечно-разностных схем. Проведён вычислительный эксперимент, который продемонстрировал адекватность предложенного метода оценки плотности уплотняемого грунта экспериментальным данным. Выводы. Построенные численные решения задач в рамках математического моделирования уплотнения просадочных грунтов глубинными взрывами указывают на возможности их практического применения в качестве расчётных методик для снижения затрат на проведение производственных работ по уплотнению лёссов. Предложенные в работе методики определения плотности грунтов могут найти реализацию в ряде направлений прикладных исследований механики грунтов.

### Акустические волны в многофазных средах

**23.04-01.186** Комплексный подход к оценке проницаемости карбонатных пород по материалам широкополосного акустического каротажа. *Симоненко Е.П., Долгирев С.С., Кириченко Ю.В. Каротажник. 2023, № 4, с. 134-146. Рус.*

Предложена методика расчета проницаемости в разрезах карбонатных горных пород по интервальному времени волны Лэмба—Стоунли, а также использование для этих целей динамических характеристик упругих волн. Обоснованы возможность и необходимость комплексирования двух рассмотренных методов расчета проницаемости для повышения надежности определения в широком диапазоне величин коэффициента проницаемости.

См. также **23.04-01.150**

### Сейсмическое зондирование геологических структур

**23.04-01.187** Применение фазоэнергетического анализа сейсмических волн для прогноза геологического разреза. *Кочегуров А.И., Кочегурова Е.А., Орлов О.В. Известия Томского политехнического университета. 2023, 333, № 5, с. 54-62. Рус.*

Одними из основных задач при прогнозировании геологического разреза являются задачи определения типа разреза и картирование типов по изучаемой площади, а также оценки поглощающих и дисперсионных свойств геологических сред. Для решения данных задач в настоящее время широко применяются специализированные программно-алгоритмические ком-

плексы обработки и интерпретации сейсмических материалов. В большинстве современных комплексов для прогноза геологического разреза используется информация, извлекаемая из кинематических и динамических характеристик сейсмических волн. На основе полученной информации и данных о геофизическом исследовании скважин формируются представления о вещественном составе осадков, наличии продуктивных толщ на исследуемой площади. Такой подход позволил в ряде регионов России, в том числе в Западной Сибири, получить интересные и важные результаты, связанные с обнаружением продуктивных осадочных толщ и оценкой их нефтегазоносности, что было подтверждено практикой. В тоже время результаты практической деятельности показали, что при проведении исследований многих площадей присутствуют области, где процент выделения ложных аномалий геологических сред и принятия ошибочных решений при прогнозе еще достаточно велик. Это связано в том числе с тем, что при анализе регистрируемого сейсмического поля для прогноза геологического разреза используются в основном энергетические характеристики отраженных волн, а изменения фазовых спектров практически не учитываются. Таким образом, комплексное использование характеристик отраженных сейсмических волн (амплитудных и фазовых) при прогнозе геологического разреза является весьма актуальной задачей. Цель: на основе метода фазочастотной деконволюции провести фазоэнергетический анализ для различных моделей сейсмических полей для прогноза геологического разреза. Методы: вычислительный эксперимент, обратная фильтрация, дискретное преобразование Фурье. Результаты. Разработан алгоритм фазоэнергетического анализа сейсмических волн, в основу которого положены результаты фазочастотной деконволюции. Проведены исследования алгоритма на различных моделях геологических сред, построены фазоэнергетические разрезы, позволяющие выделять зоны с аномально низкими значениями энергии для последующей диагностики нефтегазоносности. Приведен пример построения фазоэнергетического разреза по реальным данным в интервале верхнеюрских отложений.

### Исследование геологических сред с использованием сейсмического шума

**23.04-01.188** Исследование особенностей скоростей роста трещин в горных породах при взрывореактивном способе их разрушения. *Соловьёв В.О., Шведов И.М. Проблемы машиностроения и надежности машин. 2021, № 5, с. 72-80. Рус.*

Исследована модель газодинамической неустойчивости во взрывном канале при взрывореактивном способе разрушения горных пород. Определены скорости развития трещин и области затухания упругих колебаний в породном массиве. Предложен критический амплитудный порог упругих колебаний, превышение которого свидетельствует о начале роста трещин в сплошной среде. Ключевые слова: горные породы, взрывореактивный способ, газодинамический процесс, рост трещин.

См. также **23.04-01.187**

### Обратные задачи сейсмоакустики

См. **23.04-01.187**

### Акустическое и вибрационное воздействие на нефте- и газоносные структуры

**23.04-01.189** Процессы, технология и техника волновой очистки призабойной зоны пласта. *Ганиев О.Р., Шамов Н.А., Завалишин Н.С. Проблемы машиностроения и надежности машин. 2022, № 4, с. 70-80. Рус.*

Приведены математические модели динамики твердых частиц при волновом восстановлении гидродинамической связи скважины с пластом. Определены условия очистки продуктивной породы от кольматанта в волновом поле при репрессии и депрессии. Представлены результаты применения технологии и техники при режиме депрессионно-волновой очистки при-

скважинной зоны пласта. Ключевые слова: волны давления, репрессивно-депрессивные волновые процессы и устройства, перфорационные каналы, гидродинамическая связь скважины с пластом, слой кольматации, его декольматация.

**23.04-01.190** Определение резонансных частот шаровой капли воды в масляной среде. *Филипас А.А., Исаев Ю.Н., Кучман А.В. Известия Томского политехнического университета. 2022. 333, № 10, с. 178-185. Рус.*

Одним из приоритетных направлений нефтегазового сектора отечественной экономики является повышение эффективности и рентабельности процессов подготовки товарной нефти, однако научные результаты, полученные в данной области, являются недостаточными для современных технологических требований. Не решены вопросы недостатка данных для разработки достоверных математических моделей процессов разрушения нефтяной эмульсии, а также входных сигналов для регулирования процессов управления технологическим оборудованием для подготовки нефти. Нефть, добываемая на месторождениях, представляет собой водомасляную эмульсию прямого или обратного типа с уникальным дисперсным составом для каждой скважины. В настоящее время анализ размеров капель нефтяной эмульсии на промысле проводят с помощью классического лабораторного метода, имеющего низкую скорость получения результатов анализа, тогда как распределение глобул по размерам несет информацию о таких свойствах дисперсной системы, как скорость деградации, долговременная стабильность, вязкость и другие. Зная распределение капель по размерам конкретной нефтяной эмульсии, можно подобрать наиболее рациональные способы её разрушения, необходимые технические параметры устройств, используемых для реализации этих спосо-

бов. В частности, при воздействии на каплю с частотой, близкой к её собственной, возможны интенсификация разрушения или синтез эмульсии. В связи с этим актуальным и необходимым является вывод аналитического выражения для резонансной частоты капли эмульсии и уравнений свободных колебаний. Цель: заключается в определении резонансных частот шаровой капли воды в масляной среде и оценки воздействия демпфирующих свойств среды на колебания поверхности капли. Объект: водомасляная эмульсия. Методы: математическое моделирование, ортогональные разложения, термодинамические потенциалы. Результаты. Получено аналитическое выражение для резонансной частоты водной капли, а также уравнение свободных колебаний капли в виде неконсервативной системы.

### Акустика в космологии и астрофизике

**23.04-01.191** К проблеме граничных условий для уравнений смешанного типа, возникающих при описании астрофизических трансзвуковых течений. *Бескин В.С., Халилов Т.И. УФН. 2023. 193, № 7, с. 791-797. Рус.*

На примере точно решаемой задачи показано, что число граничных условий, необходимое для определения трансзвукового гидродинамического течения вблизи так называемой "нестандартной" особой точки, не зависит от того, проходит или не проходит через эту точку сепаратрисная характеристика. Тем самым подвергнуто сомнению достаточно популярное утверждение, согласно которому критическая поверхность, условие регулярности на которой определяет структуру течения, в общем случае совпадает с поверхностью сепаратрисных характеристик, а не со звуковой поверхностью.

## Акустическая экология; Шумы и вибрации

### Шумы и вибрации в воздушной среде

**23.04-01.192** Исследование характеристик регулятора давления газа с глушителем шума. *Шахматов Е.В., Иголкин А.А., Свербилов В.Я., Стадник Д.М., Илюхин В.Н. Проблемы машиностроения и надежности машин. 2021, № 6, с. 10-20. Рус.*

Работа регуляторов давления газа при большом перепаде давления сопровождается высоким уровнем шума, для снижения которого используются глушители, устанавливаемые непосредственно за регулятором или встраиваемые в его конструкцию. Однако введение глушителя шума в конструкцию регулятора оказывает существенное влияние на статические и динамические характеристики регулятора, в связи с чем требуется проведение анализа динамики системы в целом. В статье представлены результаты исследования динамических характеристик модернизированного серийного регулятора со встроенным глушителем шума, проведен анализ устойчивости системы в линейной постановке и рассмотрено совместное влияние на динамику системы параметров глушителя и регулятора. Результаты можно использовать при проектировании регуляторов давления газа в составе с глушителями шума. Ключевые слова: регулятор давления газа, глушитель шума, устойчивость, переходные процессы, математическая модель.

**23.04-01.193** Программный комплекс для расчета шума, генерируемого соосными противовращающимися винтами. *Бойчук И.П., Руднев Ю.И., Гринек А.В. Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. 2023, № 1, с. 42-48. Рус.*

Представлен подход для расчета шума открытого ротора, сочетающий разумную точность вычислений шума с приемлемой скоростью проведения расчетов. Для решения аэродинамической задачи используется вихревой (панельный) метод, для решения акустической задачи — метод Фокс Вильямса—Хоукингса, в частности — явные формулы Фарассата. Данный подход выявил возможность применения панельного мето-

да для решения задач аэроакустики. Выполнены тестовые расчеты по определению шума, генерируемого системой точечных монополей. Проведено сравнение экспериментальных и расчетных данных предсказания шума открытого ротора.

**23.04-01.194** Экспериментальные исследования шума силовых трансформаторов. *Костюков А.В. Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2022, № 12, с. 695-699. Рус.*

Статья посвящена вопросам определения шумовых характеристик силовых трансформаторов предприятий машиностроения. На предприятиях машиностроения используются трансформаторы различной мощности, которые размещаются на территории предприятия, в том числе и в цехах. Силовые трансформаторы издают шум, который неблагоприятно влияет на работников предприятия. В статье рассматриваются методы расчёта и снижения шума силовых трансформаторов.

**23.04-01.195** Экспериментальные исследования шума дизель-генераторов, эксплуатируемых в вагонах-электростанциях различного подвижного состава. *Фролова Д.С. Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2023, № 3, с. 535-539. Рус.*

Объектом исследования является вагон дизель-электростанции, входящий в состав различного подвижного состава. Это объяснимо с точки зрения различных компоновок, количеством и мощностями дизель-генераторов. Измерения проводились в диапазоне нормативных скоростей движения. Исследование виброакустических характеристик вагонов дизель-электростанций выполнялись с учетом должностных инструкций, разработанных для персонала, обслуживающего вагоны-электростанции. Результаты измерений показали превышения уровней звукового давления на рабочих местах и местах отдыха персонала внутри вагона-электростанции над санитарными нормами.

**23.04-01.196** Оценка ресурса эффективной эксплуатации глушителей шума для пневмомеханизмов силовых пневмоприводов при воздействии аэродинами-

ческих шумов. *Иванов Ю.В., Уливанова А.В. Безопасность жизнедеятельности*. 2023, № 2, с. 8-11. Рус.

Рассмотрены источники аэродинамического шума, который генерируют различные пневмосистемы в промышленности. Показано, что существующая пневмоарматура силовых пневмоприводов требует использования глушителей шума при выпуске отработанного сжатого воздуха. Многочисленные конструкции пневмоглушителей шума, оснащенные пористыми звукопоглощающими элементами, обладают недостаточным ресурсом эффективной эксплуатации из-за закупорки и последующего разрушения данного элемента. Сформулированы основные требования, предъявляемые к современному пневмоглушителю. Ключевые слова: аэродинамический шум, пневмосистемы, пористые звукопоглощающие элементы, пневмоглушитель шума, долговечность работы глушителя.

**23.04-01.197 Повышение ресурса безопасной эксплуатации глушителей шума для импульсных пневмомеханизмов машин.** *Иванов Ю.В., Уливанова А.В. Безопасность жизнедеятельности*. 2023, № 5, с. 8-12. Рус.

Исследован камерный щелевой глушитель шума для пневмосистем различного назначения, обладающий повышенной долговечностью работы без обслуживания. Показано, что при вариации параметров решеток пазов на корпусе глушителя удается обеспечить дробление газового потока на струйки, создать их соударение со стенкой и обеспечить взаимодействие встречных струек между собой, что способствует дозвуковому течению газового потока и уменьшает шум. Разработаны и прошли апробацию в производственных условиях ряд глушителей шума для различных пневмосистем. Долговечность эффективной работы глушителей составила более 20 лет. Ключевые слова: пневмосистемы, газовый поток, газовые струйки, камерный глушитель шума, долговечность работы глушителя.

**23.04-01.198 Вероятностная характеристика обнаружения и аппаратная чувствительность обнаружителя движущегося источника шумоизлучения.** *Егоров С.Б., Горбачев Р.И., Менькова А.Л. Морские интеллектуальные технологии*. 2023, 2, № 2-1, с. 168-174. Рус.

Рассматривается автоматический обнаружитель шумового сигнала движущегося источника шумоизлучения, работающий непрерывно во времени и переходящий в режим обнаружения, когда источник входит в телесный угол главного максимума характеристики направленности приемной антенны. Обнаружитель содержит индикаторное устройство, состоящее из двух последовательно включенных селекторов сигнала: первого — по уровню, второго — по длительности. Получена вероятностная характеристика обнаружения сигнала в виде зависимости вероятности обнаружения от отношения сигнал/помеха на выходе приёмного тракта. Выполнен анализ влияния движения источника сигнала на параметры вероятностной характеристики и обосновано упрощение её выражения при обнаружении слабого сигнала. Введено понятие "аппаратная" чувствительность обнаружителя как пороговое отношение сигнал/помеха по мощности на выходе приёмного тракта. Введён количественный критерий режима обнаружения слабого сигнала и предложена упрощённая методика оценки аппаратной чувствительности в этом случае. Показана прямая зависимость аппаратной чувствительности от эквивалентной относительной длительности проходной характеристики источника по выходу приёмного тракта. Ключевые слова: широкополосный энергетический обнаружитель, вероятностная характеристика обнаружения, аппаратная чувствительность обнаружителя.

**23.04-01.199 К вопросу постановки проблемы защиты арктической прибрежной зоны от шумового загрязнения при развитии транспортной сети.** *Котенко А.Г., Кузнецова Е.Ю. Морские интеллектуальные технологии*. 2023, 2, № 2-1, с. 175-183. Рус.

Перспектива совмещения морской и железнодорожной инфраструктуры в прибрежной зоне Российской Арктики путем формирования универсальных перегрузочных комплексов на базе крупных морских портов Северного морского пути требует адекватного масштаба исследований экологических факторов, одним из которых является шумовое загрязнение прибрежной зоны. Суть проблемы заключается в сложности оценки пара-

метров шумоизлучения, распространяемого действующими перегрузочными комплексами. Такая сложность обусловлена разнородностью шумоизлучения (совмещение потоков постоянного, переменного, импульсного и инфразвукового шума), неоднородностью и большой площадью шумового фона, что делает невозможным использование существующих методов оценки и нормирования шумозагрязнения. В этой связи возможным решением проблемы может стать структурная оптимизация шумоизлучения универсальных перегрузочных комплексов с разработкой программ локализации зон шумоизлучения для каждого конкретного случая на предварительных этапах проектирования. То есть, выбор лучшего с позиций близости к естественному уровню шума варианта структурного построения перегрузочного комплекса и исключения из рассмотрения экологически опасных вариантов. Авторами предложен подход к формализации механизма структурной оптимизации шумоизлучения универсальных перегрузочных комплексов на основе представления его в виде модели однокритериальной задачи выбора. Ключевые слова. Арктика, шумоизлучение, шумовое загрязнение, экология, порт, структурная оптимизация.

**23.04-01.200 О важности защиты от шумов и вибраций специалистов флота.** *Тория Т.Г., Епизин А.И., Панченко С.В., Модина М.А. Морские интеллектуальные технологии*. 2023, 2, № 2-1, с. 253-260. Рус.

Поднимается вопрос о значимости защиты от шумов и вибраций специалистов морского и речного флота. Рассмотрены положения руководящего документа в данном вопросе («Резолюция N MSC.337(91) Международной морской организации "Одобрение Кодекса по уровням шума на судах" (Вместе с "Формой протокола замеров шума "Результатами частотного анализа "Рекомендациями по включению проблем шума в системы управления безопасностью "Рекомендуемыми способами ослабления шума "Упрощенным порядком определения воздействия шума"), принята 30 ноября 2012 года, и непосредственно сам Кодекс по уровням шума на судах), изучено соответствие указанных норм и рекомендаций действительному положению на судах речного и морского флота. Сделаны выводы о необходимости модернизации средств индивидуальной защиты членов экипажей судов, предложены возможные решения существующих проблем. Сделан вывод о перспективах дальнейшего развития и модернизации средств индивидуальной защиты и средств подавления шумов и вибрации на судах речного и морского флота. Ключевые слова: торговый флот, суда, шумоподавление, шум, вибрации, средства индивидуальной защиты, модернизация.

См. также **23.04-01.18**, **23.04-01.19**, **23.04-01.172**

## Подводные шумы и вибрации

См. **23.04-01.141**

## Биологические эффекты шумов и вибраций

**23.04-01.201 Уровни шума на примагистральных территориях линейного города и способы борьбы с ним.** *Иванова Ю.П., Сахарова А.А., Иванова О.О., Лепехина Д.М., Карнаузова Е.В. Инженерный вестник Дона*. 2022, № 12, с. 42-48. Рус.

Шумовым загрязнением воздуха принято считать превышение естественного уровня шумового фона или резкое колебание и изменение таких звуковых характеристик, как периодичность звуковой волны и силы звукового потока. В статье рассмотрены уровни шумов на примагистральных территориях в условиях линейного города.

## Воздействие шумов и вибраций на сооружения и технику

**23.04-01.202 Структурная схема средств виброзащиты строительных конструкций с подвижными нагрузками.** *Пушкарев И.А. Вестник Ижевского гос. техн. ун-та*. 2022, 25, № 4, с. 27-36. Рус.

Рассмотрены способы моделирования процесса выбора методов и средств виброзащиты строительных конструкций с подвижными нагрузками на основе обзора литературы по данной теме. Проведен структурный анализ устройств виброзащиты строительных конструкций. Предложены различные варианты снижения негативного влияния внешних воздействий в каждом конкретном случае. В настоящее время строительные конструкции и здания в целом находятся под воздействием значительного числа источников нежелательных вибраций как природного, так и техногенного характера. Так, например, в жилых и общественных зданиях возросло число насосов, вентиляторов, кондиционеров, используется большое количество различных машин, механизмов и оборудования. В процессе строительства, а также ремонта и реконструкции здание подвергается ударному, массовому (статическому), вибро- и иному воздействию. Увеличение количества транспорта и транспортных сетей (которые сами по себе являются системами с подвижными нагрузками), проходящих в непосредственной близости от зданий и сооружений, также оказывают на них влияние, как акустическое, так и механическое. Высотные здания подвергаются силовому воздействию ветра; здания, расположенные в сейсмоопасных районах, — сейсмическому воздействию. Следует отметить, что многочисленные источники вибрации в подавляющем большинстве могут быть сведены к подвижным нагрузкам. Поэтому в настоящее время задача снижения воздействия подвижных нагрузок на строительные конструкции и возникающих при этом неблагоприятных факторов (шума, колебаний, вибрации и др.) для комфортного проживания и жизнедеятельности человека является актуальной. Для защиты зданий и сооружений от различных видов подвижных нагрузок и неблагоприятных факторов предусматриваются системы защиты. Систему защиты строительных конструкций от негативных воздействий различного характера можно условно поделить на встроенную и специальную. Например, неподвижные конструкции здания можно сконструировать таким образом, чтобы они представляли собой встроенные массовые демпферы, защищающие высотные здания от силового воздействия ветра; инженерные системы предусматривают установку шумоглушителей на воздуховодах, шумопоглощающих панелей, применение виброизоляции, виброоснований, плавающих полов при установке различного оборудования. Под специальной системой защиты подразумеваются специальные устройства и оборудование: молниеотводы, сточные трубы, системы электрообогрева и др. Специальные мероприятия могут заключаться в установке защитных устройств на трубопроводах, таких как резонансные стабилизаторы волновых процессов, магнитореологические устройства и др. Для выбора наиболее подходящего средства виброзащиты строительных конструкций с подвижными нагрузками предлагается использовать методы функционально-структурного анализа.

См. также 23.04-01.196, 23.04-01.197, 23.04-01.201

### Структурная акустика и вибрации

**23.04-01.203** Колебания и волны в многосекционных роторных системах. *Банах Л.Я., Бармина О.В., Волоховская О.А. Проблемы машиностроения и надежности машин.* 2021, № 5, с. 23-32. Рус.

Исследуются крутильные колебания и волны в многосекционных многомассовых роторных системах. Выявлена структура спектра собственных частот. Установлено, что такие системы имеют полосы непропускания гармонического сигнала. Собственные частоты разделяются на  $N$  групп по количеству секций. Формы колебаний в каждой группе имеют одинаковую длину волны, но разные частоты, что обуславливает появление модулированных волн. Дисперсионная кривая разделяется на  $n$  участков, каждый из которых соответствует своей форме колебаний  $n$ -дисковой секции. Установлено, что максимальная частота при построении континуальной модели периодической системы равна парциальной частоте отдельного диска. Ключевые слова: многосекционные роторные системы, крутильные колебания, периодические структуры, самоподобные модулированные волны, континуальная модель.

**23.04-01.204** К расчету колебаний ударной решетки и сита виброударного грохота в синфазном и противофазном режимах. *Сизиков В.С., Сизиков С.А. Известия Тульского государственного университета. Технические науки.* 2022, № 9, с. 589-592. Рус.

Приводятся результаты математического моделирования перемещения виброударной решетки и сита инновационного виброударного грохота для двух характерных режимов их колебаний — синфазного и противофазного. Определены условия существования синфазного и противофазного режимов колебаний виброударной решетки и сита и условия передачи ударного импульса сита от виброударной решетки, обеспечивающие работу грохота с эффективной очисткой ячеек сита от застрявших частиц.

**23.04-01.205** Численное исследование влияния структуры системы трещин на фильтрацию жидкости в порупругой среде. *Легостаев Д.Ю., Родионов С.П. Известия НАН Беларуси. Серия физико-технических наук.* 2023, 68, № 3, с. 93-107. Рус.

Рассматривается двумерная однофазная фильтрация слабожимаемой жидкости в деформируемой трещиновато-пористой среде. Для совместного моделирования процессов фильтрации и связанного с ними изменения напряженно-деформированного состояния среды использована модель порупругой среды, моделирование трещиноватости выполнено с помощью модели дискретных трещин. Трещины в рассматриваемой области имели случайное положение и ориентацию, распределение трещин по длинам подчинялось степенному закону. Исследовалась зависимость фильтрационных свойств трещиновато-пористой среды от ее напряженно-деформированного состояния и структуры системы трещин. Численное исследование выполнено для вариантов систем трещин, полученных путем множественной случайной генерации. Установлено, что фильтрационные свойства трещиновато-пористой среды определяются главным образом структурой системы трещин, характеризующей параметром перколяции. Показано, что существенное влияние напряженно-деформированного состояния среды на ее фильтрационные свойства наблюдается для только связанных систем трещин. Предложена формула для аппроксимации зависимости эквивалентной проницаемости трещиновато-пористой среды от параметров, характеризующих связность системы трещин, напряженно-деформированное состояние среды, деформационные и фильтрационные свойства трещин.

### Поглотители слабых и интенсивных акустических волн

См. 23.04-01.24

### Шумоизоляция

**23.04-01.206** Анализ эффективности защиты от шума в учебном корпусе №5 МИ ВЛГУ. *Яшина Д.А., Коробков Д.С., Хромулина Т.Д., Булжин В.В. Методы и устройства передачи и обработки информации.* 2019, № 21, с. 25-30. Рус.

Дана оценка уровню поглощения акустического шума проникающего в учебные аудитории корпуса №5 МИ ВЛГУ от большегрузного транспорта, применительно к оконным рамам, созданным на основе пластиковых конструктивов, имеющим три стабильных положения: закрытое, приоткрытое (откинута верхняя часть рамы) и открытое. Для проведения исследований использовался источник искусственного широкополосного шума в составе усилителей РУШ-5 (240 Вт), излучателей рупорных НР-10Т (100 Вт), музыкального центра Samsung MAX-KJ630. Источник шума устанавливался с тыловой части здания на расстоянии, эквивалентном расстоянию от здания до осевой линии полосы автотранспортного движения. Оценка дана для учебной аудитории, расположенной на первом этаже. Установлено, что в диапазоне частот от 31,5 до 250 Гц имеет место колебание уровня звукового давления шума, проникающего в аудиторию при всех положениях окна. Произведён пересчёт затухания, носимого оконной конструкцией, на реальный акустический сигнал от большегрузного транспорта. Сделан вывод, что в целом о

соответствии предельно-допустимым значениям уровня звукового давления в аудитории можно говорить только в случае полностью закрытых окон.

**23.04-01.207 Особенности обработки информации при акустических измерениях в случае несовпадения амплитудно-частотных характеристик источников шума.** *Калиниченко М.В., Хромулина Т.Д., Булкин В.В. Методы и устройства передачи и обработки информации.* 2019, № 21, с. 39-42. Рус.

Среди вызовов, с которыми всё чаще сталкивается человечество, не последнюю роль играет акустическое загрязнение, характерное для техногенной среды. Проведение измерений при оценке возможного ослабления сигнала условиями трассы распространения или применяемыми средствами защиты (типа шумозащитных акустических экранов) связано с потенциальным различием в амплитудно-частотных характеристиках источников, применяемых при измерениях. В условиях таких неопределёностей становится невозможным простое сопоставление результатов измерений в характерных точках. Проведённый анализ показывает возможность сопоставления не исходных и полученных результатов, а разностей между исходным и полученным сигналами. Такой подход возможен в случаях сопоставления влияния подстилающей поверхности на ослабление распространяющегося по трассе акустического сигнала или, например, при оценке качества защиты от акустических

шумов при использовании шумозащитных акустических экранов.

**23.04-01.208 Особенности применения различных звукоизолирующих материалов в монолитном строительстве.** *Белолитецкая В.А., Кривошапов А.М., Весова Л.М. Инженерный вестник Дона.* 2022, № 5, с. 493-503. Рус.

Проблематика современного монолитного строительства, а именно ошибки при устройстве звукоизоляции в монолитном строительстве, требуют особого внимания, поскольку повышенный уровень шума и вибраций при эксплуатации помещений влияет на психофизическое состояние человека. Современные ограждающие конструкции зачастую используются в типовых решениях без необходимой дополнительной звукоизоляции. Поэтому с целью разработки и введения эффективных мер, позволяющих предотвратить существующие дефекты помещений, в данной работе перечислены основные факторы, влияющие на высокий уровень допустимого шума в помещениях. Приведена практика применяемых методов и решений, используемых для улучшения звукоизоляции отдельных конструкций. Рассмотрена технология выполнения работ по устройству звуко- и шумоизоляции в жилых помещениях, с указанием предельно допустимого уровня шума.

См. также **23.04-01.192, 23.04-01.199, 23.04-01.200**

## Акустика помещений; Музыкальная акустика

### Акустика концертных залов

**23.04-01.209 Особенности акустического проектирования зрительных залов малой вместимости.** *Тарасова О.Г. Инженерный вестник Дона.* 2023, № 4, с. 503-516. Рус.

Современные технологии демонстрации кино изменили представление о пространстве зрительного зала. Многоканальная цифровая стерео демонстрация, использование подвижных платформ для посадочных мест создали условия для проектирования зрительных залов малой вместимости с круглой формой плана. Стеновые ограждающие конструкции в этом случае имеют форму внутренней поверхности цилиндра. Отделка акустическими плитами по каркасу трудоемкая и не всегда позволяет повторить форму ограждения. Исследование применения отечественных материалов, удобных для выполнения отделочных работ и рекомендации выбора рационального применения, различных по свойствам акустических строительных систем, позволило получить результаты, при которых будут обеспечены наилучшие условия слышимости в кинозале.

### Акустика жилых помещений

**23.04-01.210 Оценка влияния перегородок неполной высоты на акустические параметры помещения.** *Яровая Т.С., Антонов А.И., Матвеева И.В., Соломатин Е.О. Вестник Томского гос. архитектурно-строительного ун-та.* 2023, 25, № 1, с. 122-123. Рус.

В современной практике обслуживания населения широкое распространение имеют операционные залы. Они относятся к помещениям с массовым пребыванием людей. В этом случае на качество обслуживания операторами клиентов оказывает влияние большое количество одновременно разговаривающих между собой людей. В результате этого снижается слышимость и разборчивость речи в паре оператор—клиент. Для повышения качества обслуживания клиентов в операционных залах устраиваются выгородки из перегородок неполной высоты. В этом случае общее пространство помещения представляет собой отдельные акустически связанные объемы, формирование акустического режима в которых является сложным многофакторным процессом. Цель. Разработка методики оценки изменения акустического режима в выделенных пространствах помещений с массовым пребыванием людей с позиций обеспечения

в них разборчивости речи. Материалы и методы. Предлагается методика оценки разборчивости речи между оператором и клиентом, находящимися в выделенных перегородками неполной высоты пространствах. Результаты. Представлена методика оценки изменения акустического режима в выделенных пространствах помещения с позиций обеспечения в них разборчивости речи. Дан пример использования методики для решения конкретной задачи. Выводы. Методика и разработанная для ее реализации компьютерная программа дают возможность обеспечивать необходимый акустический режим путем целенаправленного проектирования объемно-планировочных решений выгородок и определения необходимых звукопоглощающих и звукоизолирующих характеристик ограждений.

### Общие вопросы архитектурной акустики

См. **23.04-01.210**

### Общие вопросы строительной акустики

**23.04-01.211 Оценка эффективности некоторых способов виброизоляции существующих зданий и сооружений от вибродинамических воздействий, распространяющихся в грунтовой среде.** *Поволоас К.Э. Наука и техника.* 2023, 22, № 2, с. 131-140. Рус.

Приводятся расчеты различных конструктивных схем виброизоляции здания с железобетонным каркасом от источника вибродинамического воздействия, расположенного за его пределами. Отмечается, что в большинстве исследований в качестве критерия риска повреждения несущих строительных конструкций используют максимальную величину скорости вертикальных колебаний фундамента или грунта перед ним. Выделены основные факторы, определяющие риск повреждения конструкций, к которым относятся: инженерно-геологические условия грунта в основании фундаментов, подвергающихся воздействию, степень повреждения здания, тип и конструкция здания или сооружения, частота колебаний, продолжительность действия вибрации, расстояние до источника колебаний, вид источника колебаний, материал сооружения и тип фундамента. На основании анализа факторов, определяющих риск повреждения конструкций, выделены параметры здания или сооружения, наименее чувствительного к вибродинамическим воздействиям и обладающего большей эксплуатационной надеж-

ностью. Оно должно быть с каркасом из железобетона или стали, не иметь повреждений, располагаться на фундаментах из свай-стоек в прочных маловлажных крупных песках или твердых глинах. Предлагаемые конструктивные схемы виброизоляции в основном базируются на одном из механизмов демпфирования колебаний в грунтовой среде — рассеянии на неоднородностях. В качестве основного инструмента теоретических исследований использовался метод конечных элементов. Грунтовая среда рассматривалась как упругий инерционный массив, ограниченный неотражающими границами. Достоверность его применения для расчета развития динамических процессов в системе «источник колебаний—среда распространения—приемник колебаний» была подтверждена верификацией на основании данных маломасштабных лабораторных опытов. Использование метода конечных элементов позволяет учесть пространственную изменчивость грунтовых условий, свойства материалов, конструктивные особенности зданий и сооружений, величину, направление и точку приложения динамической нагрузки, а также осуществлять моделирование и оптимизацию различных схем виброзащиты. Рассмотрены семь вариантов виброизоляции: устройство инерционной плиты на поверхности грунтовой среды между источником колебаний и зданием, установка вертикального экрана из газонаполненных баллонов под давлением, комбинация указанных способов, устройство свайного поля в грунтовой среде, усиление столбчатых плитных фундаментов здания микросваями, устройство ребристой плиты на поверхности грунтовой среды между источником и приемником колебаний, устройство железобетонной обоймы вокруг фундамента-источника колебаний. Эффективность каждого способа виброизоляции оценивалась коэффициентом демпфирования  $K$ , параметром, показывающим, во сколько раз уменьшается скорость вертикальных колебаний фундамента здания. Среди указанных выше способов виброизоляции выделены два наиболее эффективных варианта в виде горизонтальной инерционной плиты из железобетона на поверхности грунтового массива (снижение скорости вертикальных колебаний в 4,5 раза) и вертикального барьера из газонаполненных баллонов под давлением (снижение скорости вертикальных колебаний в 3,32 раза).

**23.04-01.212 Изучение вертикальных собственных колебаний зданий методом стоячих волн.** *Еманов А.Ф., Бах А.А., Еманов Ф.А. Вопросы инженерной сейсмологии.* 2020. 47, № 4, с. 43-54. Рус.

Изучаются вертикальные собственные колебания зданий с целью определения их особенностей и степени сейсмической безопасности. Показано, что в зданиях, кроме вертикальных мод колебаний, сформировавшихся как результат интерференции, могут возникать собственные колебания от перекачки энергии горизонтальных собственных колебаний при наличии связи в колебаниях компонент. На вертикальные собственные колебания зданий значительное влияние оказывает изменение массы за счет оборудования и материалов, размещенных внутри здания.

**23.04-01.213 Собственные колебания высотного зда-**

**ния типа башни: моды горизонтальных, вертикальных и вращательных колебаний по данным метода стоячих волн и верификация расчётной модели.** *Еманов А.Ф., Белостоцкий А.М., Бах А.А., Хоросавин Е.А., Дмитриев Д.С., Нагибович А.И., Еманов А.А., Янжайтис В.В., Серезнижов Н.А., Шеболтасов А.Г. Вопросы инженерной сейсмологии.* 2022. 49, № 2, с. 5-40. Рус.

Для уникального по конструкции здания в виде башни с ядром жёсткости по центру выполнены экспериментальные исследования собственных колебаний методом стоячих волн. Результаты сопоставлены с теоретическими расчётами по конечноэлементной модели. Из эксперимента выявлены и исследованы 10 поступательных горизонтальных, 5 крутильных и 8 вертикальных мод собственных колебаний. По конечноэлементной модели рассчитаны собственные колебания, соответствующие всем экспериментально выделенным модам колебаний. Сравнение эксперимента и теории выполнено по всему набору собственных частот; отличия в собственных частотах достигали 20%. После исследований возможности корректировки расчётной модели обеспечено расхождение эксперимента и теории по значениям собственных частот не более 7.5%. Верификация расчётных моделей зданий по данным метода стоячих волн является эффективным подходом к оценке физического состояния зданий и их сейсмостойкости.

См. также **23.04-01.202, 23.04-01.208, 23.04-01.210**

## Общие вопросы музыкальной акустики

**23.04-01.214 Влияние сдвиговых и продольных волн на звукоизоляцию в третьем диапазоне стандартного частотного спектра.** *Захаров А.В., Салтыков И.П. Инженерный вестник Дона.* 2022, № 3, с. 325-344. Рус.

Стандартный частотный спектр согласно нормативных документов разделён на три частотных диапазона. Третий частотный диапазон в настоящий момент не достаточно хорошо изучен и представляется на стандартном графике звукоизоляции прямой линией. При воздействии звука на пластину, на некоторой частоте изгибные волны в пластине сменяются сдвиговыми и продольными колебаниями. Рассмотрев процессы распространения сдвиговых и продольных волн в звукоизолирующей преграде, возможно получить адекватную физическую модель распространения волн на третьем частотном диапазоне, а также скорректировать методику расчёта звукоизоляции воздушного шума. Физическая модель звукоизоляции на третьем частотном диапазоне основана на использовании объектов в средах распространения волн с сосредоточенными параметрами: с координатами, весом и скоростью. Вводятся понятия «сосредоточенной» и «приведённой» масс. Используя закон сохранения количества движения и закон сохранения кинетической энергии, проводится расчётный эксперимент, выводятся формулы для нахождения звукоизоляции на третьем участке стандартного частотного спектра.

## Обработка акустических сигналов; Компьютерное моделирование

### Компьютерная обработка результатов эксперимента

**23.04-01.215 Разработка интеллектуального программного модуля распознавания изображений для звуковых очков.** *Вильданов А.Р., Тухфатуллин А.Р., Шустрова М.Л., Староверова Н.А. Инженерный вестник Дона.* 2022, № 12, с. 127-135. Рус.

Проведен обзор носимых устройств, повышающих качество распознавания пользователем объектов окружающего мира, раскрыт процесс разработки интеллектуального модуля распознавания объектов городской инфраструктуры для «звуковых очков» — устройства, предназначенного для незрячих пользо-

вателей. Охарактеризован функционал разрабатываемого модуля, его архитектура, описан процесс и результаты обучения нейросети для распознавания объектов, а также приведен алгоритм идентификации цвета световых форм. Приведены результаты тестирования разработанного программного модуля.

**23.04-01.216 Анализ сверхзвукового обтекания осесимметричной открытой каверны методом цифровой обработки видеок кадров.** *Бодрышев В.В., Коржов Н.П. Известия Тульского государственного университета. Технические науки.* 2022, № 12, с. 318-324. Рус.

Приводятся результаты применения метода цифровой обработки ширен-изображений обтекания кольцевой каверны на осесимметричном теле по параметру интенсивности изображения. Показано, что данный подход к анализу эксперименталь-



ных данных дает возможность оценить качественно и количественно процессы, происходящие в сложных газодинамических течениях. Анализ матриц интенсивности изображения скачка уплотнения в газовом потоке с применением метода наименьших квадратов (МНК) по дискретным точкам с большой до-

стоверностью определяет положение скачка уплотнения с оценкой его геометрии. Выполнен анализ процессов, имеющих место для случая открытой схемы сверхзвукового обтекания каверны с выявлением закономерности течения внутри нее.

См. также **23.04-01.193**

## Акустика живых систем; Биологическая акустика

### Действие акустических колебаний на биологические среды и живые организмы

**23.04-01.217** Исследование механизма подавления бактериальной микрофлоры низкочастотным ультразвуком. *Сабельников В.В., Сабельникова Т.М., Горячева В.Н. Научно-технические технологии. 2021. 23, № 6, с. 37-45. Рус.*

Актуальной задачей современной хирургии является разработка эффективных методов и средств подавления патогенной микрофлоры, как основной причины послеоперационных осложнений, которые возникают у 30–35% прооперированных больных. Сложившаяся ситуация во многом объясняется как видовым изменением гноеродной микробной флоры, так и повышением ее антибиотикорезистентности. Снижение эффективности антибиотикотерапии предопределяет необходимость изучения и создания принципиально новых способов подавления инфекции и, в частности, применения современных физико-технических методов и способов, среди которых достаточно перспективным является использование низкочастотных ультразвуковых колебаний. Анализ литературных источников, а также дополнительные исследования, проведенные в МГТУ им. Н.Э. Баумана и ГВКГ им. Н.Н. Бурденко, показали, что гибель микроорганизмов в ультразвуковом поле определяется, прежде всего, кавитационным воздействием на бактериальную микрофлору. Предполагается, что кавитация, создаваемая в озвучиваемой среде, приводит к появлению в ней свободных радикалов, обладающих большой реакционной способностью. Кавитация может также увеличить проницаемость оболочек бактериальных клеток. Именно эти два фактора лежат в основе механизма подавления бактериальной микрофлоры низкочастотным ультразвуком. Изучение и подтверждение этого механизма позволили разработать в МГТУ им. Н.Э. Баумана новый способ ультразвуковой обработки инфицированных ран, на который получен патент РФ. Данный способ основан на усилении кавитационного бактерицидного воздействия ультразвука на патогенную микрофлору за счет дополнительных физико-химических факторов: антисептиков окислительной группы (в большинстве случаев 0,1% раствора пероксида водорода), оптимального нагрева озвучиваемой среды и наложения на нее внешнего статического давления. Цель. Исследовать механизм и экспериментально подтвердить появление свободных радикалов в озвучиваемой среде, показать увеличение проницаемости клеточных мембран под действием ультразвуковых колебаний. Результаты. Показано, что для обнаружения свободных радикалов ультразвуковому воздействию подвергались водные растворы пероксида водорода (концентрацией 0,1%) объемом 50 мл с использованием ультразвуковой установки модели УРСК-7Н со следующими параметрами колебаний: рабочей частотой  $f=26,5$  кГц и амплитудой смещения торца концентратора  $A=40-45$  мкм, а для визуального обнаружения свободных радикалов в раствор дополнительно вводился чувствительный индикатор люминол (3-аминофталевый гидразид). На специально созданном приборе было зафиксировано «послесвечение» озвученного раствора, что косвенно подтверждает появление в нем свободных радикалов в результате ультразвукового воздействия. Отмечено, что первоначально исследования проницаемости клеточных мембран под действием ультразвуковых колебаний проводились осмотическим методом; в качестве физической модели применялась пленка животного происхождения — слизистая оболочка внутренней стенки мочевого пузыря собаки, а также полупроницаемая купрофановая пленка толщиной 11 мкм. Установлено, что увеличение проницаемости купрофа-

новой пленки в процессе озвучивания более чем в 3 раза по сравнению с проницаемостью пленки при комнатной температуре, а наибольшее увеличение проницаемости пленки (более чем в два раза) наблюдалось при совмещении действия ультразвука и нагретой до 37°C жидкой среды. В результате экспериментов выявлена неприемлемость использования осмотического метода для изучения проницаемости живых мембран в связи с разбросом и нестабильностью получаемых результатов. Исследование проницаемости живых мембран осуществлено методом рН-метрии. Было зафиксировано устойчивое и стабильное увеличение диффузионного проникания ионов  $Na^+$  через оболочки клеток в процессе воздействия на них ультразвуковых волн. Практическая значимость. Результаты выполненных исследований были использованы при обработке параметров способа ультразвуковой обработки инфицированных ран и успешной апробации способа в травматологическом отделении ГВКГ им. Н.Н. Бурденко.

См. также **23.04-01.138, 23.04-01.199, 23.04-01.200**

### Распространение акустических волн в тканях и органах

См. **23.04-01.138**

### Математическое моделирование процессов в медицинской и биоакустике

См. **23.04-01.49**

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

См. **23.04-01.215**

## Речеобразование и восприятие речи

**23.04-01.218** Математическая модель акустооптического канала утечки речевой информации. *Хорев А.А. Вестник УрФО. Безопасность в информационной сфере. 2023, № 1(47), с. 27-42. Рус.*

Представлена математическая модель акустооптического канала утечки акустической речевой информации. В качестве показателя оценки возможностей лазерной системы акустической речевой разведки (ЛСААР) используется словесная разборчивость речи  $W_s$ , рассчитываемая на линейном выходе ЛСААР с учетом вероятности обнаружения отраженного от зондируемой поверхности лазерного излучения приемником оптического излучения ЛСААР. Получены аналитические соотношения для расчета вероятности обнаружения отраженного сигнала для трех видов отражения: а) диффузное; б) зеркальное; в) смешанное. Для расчета словесной разборчивости используется вероятностная методика оценки разборчивости речи.

**23.04-01.219** Разработка метода стеганографии для сокрытия информации в аудиофайлах. *Христофоров В.В., Беглецов В.А., Баранкова И.И. Вестник УрФО. Безопасность в информационной сфере. 2023, № 2(48), с. 62-66. Рус.*

Рассматривается метод стеганографии, где для передачи секретной информации исходное сообщение скрыто в контейнере, который представляет собой аудиофайл. Предложенный метод

использует повторную конкатенацию звуковых волн заполненного и исходного контейнера с полярным изменением фазы исходного контейнера для расшифровки секретной информации на стороне получателя. Этот метод обеспечивает высокий уровень надежности и безопасности передачи информации, а также позволяет достичь высокой степени скрытности передачи данных. Разработанный метод может быть использован в различных сферах, где требуется надежная и безопасная передача конфиденциальной информации.

**23.04-01.220 Происхождение долгих гласных состоящих из трех звуков.** *Ботобекова Д.У. Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана.* 2021, № 8, с. 148-153. Рус.

Описывается происхождение начальных фонетических структур долгих гласных в кыргызском языке. Среди них рассмотрим происхождение долгих гласных состоящих из трех звуков. Долгие гласные состоящие из трех звуков подтверждают, что они образованы путём опускания некоторых согласных звуков между двумя гласными. Также можно увидеть, что если гласные по обе стороны от согласного схожи, то будет легче переключиться на более длинный гласный звук. Кроме того, можно заметить, что если согласный посередине опускается, то расстояние гласных с обеих сторон произносится с паузой. Мы видим, что такие примеры долгих гласных достигли своего нынешнего состояния, благодаря опыту в речевой практике. Из-за отсутствия долгих гласных в древнетюркских языках некоторые слова того времени не стали долгими. Из-за этого они не успевали следовать за гласными в слове.

**23.04-01.221 Метод оконной фильтрации речевых сигналов на основе декомпозиции на эмпирические моды для систем оценки психоэмоционального состояния человека.** *Алимуратов А.К., Чураков П.П., Тычков А.Ю., Тверская С.Ю. Биомедицинская радиоэлектроника.* 2023, 26, № 2, с. 32-37. Рус.

Зашумленность речевых сигналов является наиболее важной проблемой в задачах распознавания, голосового управления, речевой аутентификации, преобразования речи в текст и пр. На практике все речевые сигналы в той или иной степени зашумлены и в зависимости от уровня шума могут существенно искажать результаты исследований. Цель. Разработать новый метод оконной фильтрации речевых сигналов на основе улучшенной полной множественной декомпозиции с адаптивным шумом. Результаты. Предложен новый метод оконной фильтрации речевых сигналов на основе улучшенной полной множественной декомпозиции на эмпирические моды с адаптивным шумом. Проведено исследование метода фильтрации на сигналах, зашумленных белым, розовым и коричневым шумами с отношением сигнал/шум от  $-5$  до  $15$  дБ с шагом  $5$  дБ. Отмечено повышение разборчивости речи на  $10,56$ ,  $7,12$  и  $10,96$  дБ для белого, розового и коричневого шумов соответственно. Практическая значимость. Предложенный метод оконной фильтрации может успешно применяться в системах оценки психоэмоционального состояния человека по речи.

## Физиологическая и психологическая акустика

**23.04-01.222 Соотношение электродермальной активности с акустической эмиссией из височных областей головы человека.** *Миргородский В.И., Герасимов В.В., Герус А.В., Дементьевко В.В., Корблёв Е.М. Биомедицинская радиоэлектроника.* 2022, 25, № 6, с. 18-24. Рус.

При изучении психофизиологического состояния человека производится регистрация различных типов сигналов, принимаемых по разным информационным каналам, в частности изменение во времени сопротивления кожи (электродермальная активность) и акустических сигналов, снимаемых с висков. До сих пор вопрос о связи этих двух типов сигналов оставался не исследован. Цель работы - одновременная регистрация двух типов сигналов, разработка способов их обработки для выявления наличия или отсутствия связи между ними. Результаты. В процессе экспериментов испытуемым на височных областях головы располагались высокочувствительные акустические датчики с широкой полосой регистрируемых частот от  $10$  до  $100$  кГц, а на пальцах испытуемых располагались электроды для регистрации электродермальной активности (ЭДА). Для обеспечения достаточного темпа проявлений сигналов электродермальной реакции в поле зрения испытуемых в процессе эксперимента располагался монитор, на котором демонстрировались художественные видеофильмы. Было обнаружено, что в процессе просмотра испытуемыми видеофильмов наблюдаются сигналы ЭДА, моменты появления которых соответствовали острым сюжетным моментам фильмов, что является, в принципе, хорошо известным явлением при восприятии испытуемыми значимой для них информации. Однако анализ одновременно регистрируемой акустической эмиссии показал, что перед сигналами ЭДА, как правило, наблюдаются пики акустической эмиссии значительной величины. Анализ параметров наблюдаемых пиков акустической эмиссии показал, что они по временным параметрам и спектральным свойствам аналогичны шумам, сопровождающим дыхание человека, и являются по сути дела более глубокими, чем обычно (форсированными) выдохами и выдохами. Таким образом, экспериментально показано, что в процессе восприятия информации (в данном случае видеофильма) в острые моменты сюжета, когда испытуемые воспринимают значимую для них информацию, испытуемые непроизвольно делают более чем обычно глубокие (форсированные) выдохи с последующими более интенсивными выдохами, которые приводят через  $2-5$  с к возбуждению сигналов ЭДА. Это явление демонстрирует плодотворность использования височных отведений для регистрации акустических сигналов, связанных с дыханием испытуемых. Практическая значимость. Показано, что при одновременной регистрации акустической эмиссии с висков и ЭДА с пальцев испытуемых можно определять временные задержки сигналов ЭДА по отношению к пикам акустической эмиссии, свидетельствующие о восприятии испытуемыми значимой для них информации, что может быть полезно для исследования особенностей физиологии испытуемых.

## Физические основы технической акустики

### Устройства для генерации, репродукции, приема акустических сигналов

**23.04-01.223 Разработка генератора опорной частоты цифрового вычислительного синтезатора на основе резонатора на поверхностных акустических волнах.** *Докторов А.Н., Матеружин С.Е., Сочнева Н.А. Методы и устройства передачи и обработки информации.* 2020, № 22, с. 4-9. Рус.

Описаны основные этапы разработки высокочастотного малощумящего генератора опорной частоты, имеющего в своем составе резонатор на поверхностных акустических волнах. Рассматривается эквивалентная схема ПАВ резонатора, составле-

на схемотехническая модель схемы генератора Колпица на его основе. Схемотехническое моделирование позволило проверить расчетные параметры элементов схемы ГОЧ. Разработана топология печатных плат задающего генератора с выходными частотами  $304$  и  $433$  МГц, приведены фотографии печатных плат с установленными элементами и результаты измерений спектральных характеристик.

### Акустические измерения и аппаратура

**23.04-01.224 Влияние режимов термической обработки на коэффициент акустических потерь в материале ультразвукового инструмента.** *Путинцев В.Ю., Новиков А.А., Негров Д.А., Бургонова О.Ю., Пантюхова*

**ва К.Н., Мулюкова А.Р.** Омский научный вестник. 2017, № 2, с. 28-32. Рус.

Рассматриваются режимы термической обработки и их влияние на структуру и свойства материала ультразвукового инструмента. Эффективность передачи энергии ультразвуковых колебаний в обрабатываемую зону напрямую связано с правильным выбором параметров термической обработки ультразвукового инструмента, которая формирует его механические и эксплуатационные свойства. Определены оптимальные режимы закалки и отпуска стали 30ХГСА, применяемой для изготовления ультразвукового инструмента, которая должна обладать вязкоупругими свойствами, низким коэффициентом акустических потерь, а также высокой усталостной прочностью. В результате проведенных исследований цилиндрических образцов резонансной длины из стали 30ХГСА установлено, что коэффициент акустических потерь существенно зависит от режимов термической обработки. После отпуска при температуре 500°C коэффициент акустических потерь составляет 1,32 единицы, что на 14,28 % меньше, чем при температуре отпуска 540°C (1,54 ед.).

**23.04-01.225 Исследование влияния значений коэффициента обрабатанности на износостойкость стали 45 при ударно-акустической обработке.** Скобелев С.В., Бурый Г.Г. Омский научный вестник. 2018, № 4, с. 23-26. Рус.

Представлены результаты экспериментальных исследований влияния режимов ударно-акустической обработки на износостойкость образцов при испытании в паре трения сталь 45 — Бр АЖ—9-4. Исследовано влияние значений общего коэффициента обрабатанности на микротвердость и шероховатость обработанной поверхности, а также получены зависимости шероховатости, микротвердости и момента трения в период приработки от значений общего коэффициента обрабатанности. Определены рациональные значения общего коэффициента обрабатанности для стали 45, при которых достигается минимальный износ образцов в период приработки.

**23.04-01.226 Оценка эффективности методов обработки сигналов акустической эмиссии при реализации полиномиальных цифровых фильтров.** Алтай Е., Федоров А.В., Степанова К.А., Кузванов Д.О. Омский научный вестник. 2022, № 3, с. 128-134. Рус.

Представлен метод обработки сигнала акустической эмиссии (АЭ) для выделения информационной и помеховой составляющей из зашумленной записи. Метод основан на полиномиальной цифровой фильтрации. Для компенсации вносимых искажений фильтрами предложена схема двунаправленной обработки сигнала АЭ. Проанализирована работоспособность метода фильтрации зашумленной записи и на основе количественных показателей проведена оценка обработки. Результаты оценки показали, что представленный метод фильтрации обеспечивает устойчивость влияющим помехам и высокую точность обработки записи сигнала АЭ при сравнении с ближайшими аналогами.

**23.04-01.227 Оценка возможности построения анализатора спектров разнесённых акустических сигналов с использованием типовых электретных микрофонных капсулей.** Селемон Д.С., Соколова О.М., Хромулина Т.Д., Булкин В.В. Методы и устройства передачи и обработки информации. 2019, № 21, с. 43-49. Рус.

Проведение измерений при оценке возможного ослабления сигнала условиями трассы распространения или применяемыми средствами защиты (типа шумозащитных акустических экранов) связано с потенциальным различием в амплитудно-частотных характеристиках источников, применяемых при измерениях и создания контрольно-измерительной аппаратуры, обеспечивающей анализ характеристик разнесённых акустических сигналов. В статье анализируется возможность применения в разработанной системе анализа спектров акустических сигналов, построенной с использованием графического языка программирования LabView, широко распространённых электретных микрофонных капсулей. Представлены результаты анализа АЧХ нескольких десятков микрофонных капсулей. Показано, что различия в характеристиках микрофонных пар могут достигать 30 дБ. При использовании стандартного пред-

ставления характеристик и в октавных или долектавных диапазонах могут быть отобраны пары с различием на уровне менее 3 дБ. Сделан вывод о возможности применения системы с такими капсулями в случаях качественной оценки изменения уровня сигнала, например, в учебном процессе.

**23.04-01.228 Лабораторный стенд для исследования параметров вибраций пластинчатых конструктивов.** Тимофеева В.В., Синетов Н.Н., Первушин Р.В. Методы и устройства передачи и обработки информации. 2019, № 21, с. 57-60. Рус.

Разработка и изготовление технической систем с заданными показателями качества и надёжности является актуальнейшей задачей как любого конкурентоспособного предприятия, так и конкурентоспособной экономики целых стран. На стадии эксплуатации надёжность любой технической системы определяет её качество изготовления на предприятии и внешние факторы эксплуатации. К внешним дестабилизирующим факторам прежде всего относят группы климатических и механических воздействий. Анализ влияния механических воздействий может осуществляться с помощью различных видов вибростендов. Описываемый лабораторный стенд позволяет определять такие динамические характеристики пластинчатых конструкций, как собственную частоту колебаний, амплитуду колебаний, виброскорость, виброускорение. Проведённые эксперименты позволяют сделать вывод о работоспособности стенда и сопоставлении практических результатов с теоретическими расчётами, проведённым по известным методикам.

**23.04-01.229 Акустическая методика регистрации начальной скорости деформирования при высокоскоростной штамповке стержневых изделий.** Быков К.Ю., Качанов И.В., Ленкевич С.А., Власов В.В. Наука и техника. 2023, 22, № 1, с. 20-26. Рус.

Разработана акустическая методика и получены выражения для определения начальной скорости деформирования  $v_0$  при высокоскоростной штамповке стержневых изделий, позволяющие найти наиболее рациональную схему расположения записывающего устройства относительно элементов установки. Сущность разработанной методики заключается в регистрации с помощью записывающего устройства звуковых волн, образующихся в процессе вылета ударника из ствола установки и его дальнейшего соударения с формообразующим пуансоном с последующим нахождением времени  $\Delta t$ , за которое ударник проходит расстояние между двумя известными точками своей траектории. В свою очередь, величина  $\Delta t$  определяется как разность между временем регистрации звуковой волны, образовавшейся от вылета ударника из ствола установки, и временем регистрации звуковой волны, образовавшейся от соударения ударника с формообразующим пуансоном. Начальная скорость деформирования, зарегистрированная с помощью разработанной методики в ходе реализации процесса высокоскоростной штамповки стержневых изделий, составила  $v_0 = 115,46$  м/с.

**23.04-01.230 Сравнительный анализ перемещений ультразвуковых инструментов изогнутой формы.** Луговой В.П. Наука и техника. 2023, 22, № 2, с. 96-102. Рус.

Приведен теоретический анализ колебаний криволинейного стержня в виде петли малой жесткости, образованного из четверти окружности с постоянным радиусом, ограниченного углом  $\pi/2 < \gamma < \pi$ , и двух прямолинейных стержней. Указывается, что в практике ультразвуковой технологии известны некоторые разновидности конструкций, в которых использованы упругие элементы в качестве резонаторов, волноводов, трансформаторов колебаний и инструментов для воздействия на обрабатываемые материалы. Их применение позволяет получить дополнительный импульс силы в рабочей зоне за счет использования потенциальной энергии, вызванной действием упругих свойств таких элементов. Однако теоретическому обоснованию использования упругих элементов в ультразвуковых системах уделено недостаточное внимание. В связи с этим настоящая работа посвящена теоретическому обоснованию применения упругого инструмента из тонкого стержня, имеющего форму петли. Представлены схема и расчет перемещений свободного конца криволинейного стержня под действием сил, направленных вдоль продольной оси. Показано, что упругие перемещения обуслов-

лены криволинейной формой в виде дуги окружности изогнутого стержня. Для сравнения приведены расчетные схемы двух типов криволинейного стержня с присоединенным стержнем. В первом случае свободные концы прямолинейных стержней, направленные вертикально вниз, совершают упругие перемещения по двум координатам. Во втором — концы прямолинейных стержней, направленные под некоторым углом к вертикальной оси и сходящиеся в нижней точке в силу симметричности их расположения, совершают вертикальные перемещения лишь по одной координате. Рассмотренная форма изогнутого стержня может быть успешно применена в качестве инструмента для выполнения технологических задач при ультразвуковом способе обработки отверстий в хрупких материалах, точечной сварки и пр. Такая схема в отличие от традиционной схемы ультразвуковой обработки, основанной на использовании прямолинейных стержней, позволяет усилить величину амплитуды колебаний инструмента за счет упругих перемещений криволинейного участка стержня малой жесткости. Предложенная форма позволит увеличить интенсивность колебаний инструмента и повысить производительность процесса и точность обработки. Полученная расчетная формула показывает, что на величину упругих перемещений криволинейного стержней влияют жесткость поперечного сечения и радиус кривизны изогнутой части, а также угол наклона прямолинейного стержня. Теоретический расчет дополнен сравнительным экспериментальным изучением форм Хладни для обеих схем, полученных на поверхности листа с помощью абразивных частиц.

**23.04-01.231** Разработка алгоритма вычисления эффективных параметров взрывного импульса при взрывореактивном разрушении породных массивов. *Соловьев В.О., Шведов И.М. Проблемы машиностроения и надежности машин.* 2023, № 4, с. 100-108. Рус.

Выполнено моделирование изменения спектральной плотности импульса напряжений при работе взрывореактивного комплекса в породном массиве. Разработан алгоритм вычисления распределения спектральной плотности импульса давления для нестационарных газодинамических процессов с учетом физико-механических свойств горных пород. Ключевые слова: взрывореактивный способ, разрушение горных пород, спектральный анализ, импульс давления.

**23.04-01.232** Разработка бортового комплекса для неразрушающего контроля летательных аппаратов методом акустической эмиссии. *Соболев И.А., Дитятев Д.В., Лукичев В.Ю., Войнаш С.А., Соколова В.А., Заидуллин Р.Р. Известия Тульского государственного университета. Технические науки.* 2023, № 5, с. 544-548. Рус.

Авиационные технологии и в частности воздушные борта являются важной частью развития России. Они затрагивают как гражданскую часть жизни людей, так и играют ключевую роль в строительстве военного потенциала Российской Федерации (РФ). Было подтверждено в период второй мировой войны, что авиация играет ключевую роль в прикрытии сухопутных войск, в разведке, защите воздушного пространства, сопровождении кораблей, транспорта и т.д. На сегодняшний день летательные аппараты выполняют различные задачи. По своему назначению и конструкции подразделяются на различные виды. Хоть самолёты и могут отличаться, но у всех них есть кое-что общее — они являются технически сложными и дорогостоящими конструкциями, для безопасной эксплуатации которых требуется постоянный контроль и обслуживание.

**23.04-01.233** Модель высокоскоростного соударения жесткого осесимметричного ударника с деформируемой полубесконечной преградой. *Головешкин В.А., Беклемишев С.А., Выборнов А.Н., Мягков Н.Н., Юшманова О.О. Мех. композиц. матер. и конструкций.* 2021, № 3, с. 323-342. Рус.

Построена аналитическая механическая модель проникания жесткого цилиндрического ударника при высокоскоростном ударе в полубесконечную преграду. Ударник характеризуется тремя параметрами — линейным поперечным размером, массой и начальной скоростью. Относительно механических свойств материала преграды принята гипотеза идеально-

жестко-пластического тела с условием несжимаемости. Материал преграды характеризуется двумя параметрами — плотностью и пределом текучести. Задача рассматривается в осесимметричной динамической постановке. Целью работы является получение приемлемых инженерных оценок следующих параметров — глубины внедрения ударника, массы материала, выброшенного из преграды, и эффекта усиления импульса, вызванного выбросом (эжекцией) фрагментов преграды в направлении, противоположном направлению полета ударника. Предложен следующий метод исследования. Строится осесимметричное поле скоростей в трех зонах. Первая зона — это материал преграды «прилипший» к ударнику и движущийся с ним, как твердое недеформируемое тело. Моделируется, как сегмент шара. Второе поле скоростей — фрагмент шарового слоя, примыкающий к первой зоне. Поле скоростей в этой зоне строится из предположения, что скорость определяется из условия несжимаемости. Третья зона — цилиндрическая зона, движущаяся как твердое тело в направлении противоположном движению ударника. На границе зон предполагается условие непрерывности нормальной составляющей скорости. Параметры зон определяются из условия минимума мощности внутренних сил. Уравнение движения заменяется уравнением баланса энергии — изменение кинетической энергии равно мощности внутренних сил. Сделанные предположения позволили определить параметры зон как функцию глубины внедрения ударника. Это дало возможность построить сравнительно простую аналитическую инженерную модель, которая позволяет определить глубину внедрения ударника, массу выброса, усиление импульса. Фактически полученное решение определяется двумя безразмерными параметрами.

**23.04-01.234** Экспериментальное определение значимости статистической оценки параметров, характеризующих вторичные диагностические показатели акустической эмиссии. *Алтай Е., Федоров А.В., Степанова К.А., Кузванов Д.О. Известия высших учебных заведений. Приборостроение.* 2022, 65, № 10, с. 735-746. Рус.

Статистическая оценка вторичных диагностических показателей акустической эмиссии (АЭ) является неотъемлемой частью процесса обработки сигнала после применения методов фильтрации. Представлены результаты анализа параметров АЭ с использованием метода полиномиальной цифровой двунаправленной фильтрации помехи АЭ, полученной при АЭ-контроле двух инструментов в процессе фрезерования. Проанализирована работоспособность данного метода фильтрации при определении различия между исходными и отфильтрованными сигналами АЭ. Выделены фрагменты информационной и помеховой составляющих сигнала, что позволило экспериментально определить показатель сигнал/помеха. Установлено, что использование полиномиального цифрового метода двунаправленной фильтрации повышает качество обработки сигнала и позволяет обнаружить статистически значимые корреляционные связи между параметрами АЭ-сигналов при контроле дефектного и бездефектного инструмента. Линейной регрессионной моделью охарактеризована зависимость, описывающая отношение вторичных диагностических показателей дефектного инструмента к показателям бездефектного инструмента при АЭ-контроле.

**23.04-01.235** Экспериментальное исследование параметров акустической эмиссии при циклических испытаниях металлических изделий аддитивного производства. *Ковалевич А.С., Кинжагулов И.Ю., Степанова К.А., Кузванов Д.О. Известия высших учебных заведений. Приборостроение.* 2023, 66, № 2, с. 139-147. Рус.

Исследована кинетика разрушения металлических изделий, выполненных с использованием технологий аддитивного производства, а именно селективным лазерным плавлением. Особенности процесса изготовления изделий данным методом приводят к образованию в материале различного рода структурных неоднородностей, которые, в свою очередь, влияют на прочностные характеристики. Использование метода акустической эмиссии при исследовании кинетики разрушения позволяет выявлять в материале зарождение процессов усталостного разрушения.

**23.04-01.236** Экспериментальное определение ча-

стоты свободных колебаний полиуретановых виброизоляторов, применяемых в судостроении. *Титова Ю.Ф., Яковлев С.Н., Подколызина Л.В., Бабанин Н.В. Морские интеллектуальные технологии.* 2022. 2, № 2-2, с. 100-105. Рус.

Приведено обоснование целесообразности замены резины на полиуретановые эластомеры при изготовлении виброизоляторов. Показано, что современные полиуретановые эластомеры имеют ряд неоспоримых преимуществ по сравнению с традиционным эластомером — резиной. В статье представлено решение дифференциального уравнения движения колебательной системы для двух случаев: первый — когда силы сопротивления отсутствуют и второй — когда свободные колебания происходят с затуханием под действием внутреннего трения в эластомерном материале. Указано, что с точки зрения лучшего гашения свободных колебаний, увеличение гистерезисных потерь в виброизоляционном материале играет положительную роль. В работе приведено подробное описание специального стенда для измерения упруго-диссипативных свойств виброизоляторов по трем направлениям. Стенд позволяет определить основные регламентируемые ГОСТ 27242-87 характеристики: статическую жесткость, демпфирование и минимальную внутреннюю собственную частоту. Проведенные экспериментальные исследования показали перспективность применения нового для отечественного машиностроения эластомерного материала. Ключевые слова: частота свободных колебаний, полиуретановый виброизолятор, логарифмический декремент затухания, гистерезис, коэффициент демпфирования.

**23.04-01.237** Измерение скорости кровотока системы ультразвуковых датчиков. *Клочко В.К., Андреева И.В. Биомедицинская радиоэлектроника.* 2023. 26, № 1, с. 73-81. Рус.

Предлагается радиотехнический подход к измерению скорости кровотока в сосудах. Подход основан на многоканальной обработке ультразвуковых (УЗ) сигналов, принимаемых системой датчиков, ориентированных в единой системе координат одним общим углом поворота относительно направления УЗ-луча. Подход отличается наличием критерия, позволяющего синтезировать алгоритм оценивания вектора скорости с позиции данного критерия, а также анализировать точность полученных оценок. Цель работы - повышение эффективности функционирования приборов УЗ-диагностики сосудов путем получения стабильных оценок скорости кровотока и удобство проведения измерений медицинским персоналом в реальном времени. Результаты. На основе предложенного подхода разработаны метод измерения скорости кровотока и алгоритм его реализации. В соответствии с данным методом в корпусе прибора в виде усеченного конуса размещаются один приемопередающий датчик по центру большего основания конуса, прикладываемого к участку тела, и несколько принимающих боковых датчиков, расположенных по окружности большего основания конуса и имеющих общий регулируемый угол наклона к оси конуса. Центральный датчик излучает УЗ-сигнал по осевой линии конуса в направлении сосуда. Отраженные сигналы принимаются боковыми датчиками, которые измеряют доплеровские сдвиги частот. На основе измеренных частот вычисляются координаты вектора скорости кровотока в сосуде и абсолютная величина скорости в реальном времени. При этом выбирается угол поворота боковых датчиков по максимальной величине скорости. Практическая значимость. Метод позволяет получать стабильные оценки вектора скорости кровотока в сосудах любого участка тела независимо от угла между распространением УЗ-луча и направлением кровотока в сосуде, т.е. наклона прибора. Присутствует более простая настройка УЗ-прибора по одному углу в реальном времени диагностирования. Дан расчет статистической погрешности оценок скорости, показавший допустимый процент погрешности. Метод и алгоритм могут быть реализованы на современной элементной базе.

**23.04-01.238** Экспериментальное исследование способов улучшения акустических свойств бумажно-слоистых пластиков. *Кирпичников В.Ю., Смольников В.Ю., Скобля Е.С., Сятковский А.И. Прикладная механика и техническая физика.* 2023. 64, № 4, с. 178-183. Рус.

Исследована эффективность двух способов уменьшения вибрации и звукоизлучения пластины из бумажно-слоистого пластика (ламината). Установлено, что включение в конструкцию пластика полимерной поливинилацетатной пленки или облицовка пластины из пластика армированным вибропоглощающим покрытием на основе пленки и алюминиевой фольги или пластика приводит к существенному улучшению ее виброакустических характеристик. Наиболее существенное уменьшение вибрации и звукоизлучения зарегистрировано при нанесении покрытия с алюминиевой фольгой, толщина которой в шесть раз меньше толщины демпфируемой пластиком пластины. DOI: 10.15372/PMTF202215236.

**23.04-01.239** Разработка бесконтактного акустического метода определения давления в камере сгорания модельного ракетного двигателя на твердом топливе. *Ковалев К.Е., Ягодников Д.А., Бобров А.Н. Физика горения и взрыва.* 2023. 59, № 4, с. 78-84. Рус.

Представлена методика бесконтактной диагностики ракетных двигателей на твердом топливе (РДТТ) на основе анализа акустических колебаний, генерируемых истекающей из сопла сверхзвуковой струей продуктов сгорания. Проведено экспериментальное исследование по определению давления в камере сгорания модельного ракетного двигателя на твердом топливе Е-5-0 с помощью неинвазивного метода контроля, использующего динамический микрофон, расположенный на заданном расстоянии от объекта исследования и регистрирующий акустические поля, создаваемые работающим двигателем. Экспериментально подтверждена возможность бесконтактного определения давления в камере сгорания по частоте акустических колебаний и уровню звукового давления, создаваемого струей продуктов сгорания модельного РДТТ. Показано удовлетворительное согласование результатов расчета давления со значением, зарегистрированным датчиком внутрикамерного давления.

**23.04-01.240** Оценка поврежденности конструктивных металлических материалов акустическими методами. *Хлыбов А.А., Углов А.Л., Рябов Д.А., Аносов М.С. Вестник Ижевского гос. техн. ун-та.* 2022. 25, № 4, с. 18-26. Рус.

Целью настоящего исследования является изучение поврежденности конструктивных металлических материалов акустическим методом при различных внешних усталостных и термических воздействиях. Предложена структурная модель, описывающая процесс накопления рассеянных микрповреждений в материале, параметры которой могут быть измерены акустическим методом. Показано, что в структуре конструктивных металлических материалов в процессе циклического нагружения происходят необратимые процессы, приводящие к изменению физико-механических характеристик. Проведена оценка изменения большого количества информативных параметров акустического контроля в процессе накопления поврежденности. Установлено, что параметры упругих волн зависят от характеристик исследуемой среды. Показано, что состояние поверхностного слоя может быть использовано в задачах более ранней оценки выработанного ресурса материала конструкций. Предложена модель, учитывающая влияние процессов деградации поверхностного слоя на параметры поверхностных волн; приведены результаты экспериментальных исследований, подтверждающие данную модель. Представлены методики для определения механических характеристик материала — модуля упругости, предела текучести, вязкости разрушения, внутренних напряжений, размера зерна и др. — на элементах конструкций без нарушения их прочностных характеристик. Результаты исследований влияния среды на параметры упругих волн служат основой для построения комплексного акустического метода определения физико-механических характеристик конструктивных материалов. Рассматриваются примеры практического использования полученных результатов в задачах обеспечения безопасной эксплуатации ответственных элементов конструкций. Полученные в ходе исследования данные дают возможность оперативно оценить поврежденное состояние и свойства металлических материалов при циклическом нагружении при использовании параметров акустических волн.

См. также **23.04-01.124**, **23.04-01.161**

## Медицинский ультразвук, медицинские приборы

**23.04-01.241** Гистоморфологическая оценка эффективности применения комплексного термо- и фотохромо-ультразвукового метода в сочетании с высокоактивными лекарственными веществами в лечении осложненных послеоперационных ран у больных раком гортани. *Набока М.В., Педрер В.В., Степанов С.С., Косёнок В.К., Семченко В.В., Мироненко В.Н., Попов С.П., Глатко С.Б., Надей Е.В., Зубковская М.П.* Омский научный вестник. 2013, № 2-3, с. 26-31. Рус.

Лучевая терапия остается одним из основных методов лечения рака гортани, однако ее сочетанное применение с хирургическим лечением повышает риск развития послеоперационных осложнений. В статье приводятся результаты анализа биоптатов ран пациентов с осложненным течением раневого процесса, пролеченных с применением комплексного термо- и фотохромо-ультразвукового метода в сочетании с озон/NO-содержащими и антиоксидантными веществами.

**23.04-01.242** Информационно-аналитическая система обеспечения процесса обследования щитовидной железы при помощи ультразвукового исследования. *Аверенков А.В., Шептунов С.А., Вдовиченко О.А.* Инженерный вестник Дона. 2022, № 10, с. 206-216. Рус.

В современных условиях система здравоохранения проходит этап активного внедрения информационных и аналитических средств. В регионах, загрязненных радионуклидами в результате происшествий на ЧАЭС особую значимость имеет деятельность по профилактике, выявлению и сопровождению случаев заболеваний щитовидной железы. Современные формализованные методы анализа обладают достаточным функционалом и результативностью для внедрения их в качестве источников новых знаний о признаках заболеваний щитовидной железы. В данной работе авторы рассматривают этапы и результаты разработки программного комплекса для информационно-аналитического обеспечения процесса обследования щитовидной железы при помощи ультразвукового исследования.

См. также **23.04-01.217**

## Акустическая диагностика и неразрушающий контроль

**23.04-01.243** Современные методы виброакустического диагностирования. *Матюшкова О.Ю., Тэттэр В.Ю.* Омский научный вестник. 2013, № 3-2, с. 294-299. Рус.

Выполнен обзор основных методов вибродиагностики узлов подвижного состава железных дорог. Рассмотрены направления дальнейшего совершенствования виброакустического метода контроля.

**23.04-01.244** О помехоустойчивости активного виброакустического способа контроля состояния магистрального трубопровода. *Федотов А.А., Ахмеджанов Р.А.* Омский научный вестник. 2018, № 2, с. 116-120. Рус.

Повышение помехоустойчивости является одной из основных задач при разработке методов и систем виброакустического контроля. В работе реализовано моделирование функционирования активного способа контроля состояния магистрального трубопровода с использованием аналитической модели поперечных колебаний стержня с добавлением помехи, полученной на действующем трубопроводе. Сделан вывод о перспективности использования когерентного накопления сигнала в активных системах контроля состояния трубопроводов.

**23.04-01.245** Обнаружение дефектов магистральных трубопроводов системами виброакустического контроля. *Комаров В.А., Федотов А.А., Денисова Л.А.* Омский научный вестник. 2019, № 4, с. 89-96. Рус.

Рассматриваются вопросы обнаружения дефектов на магистральных трубопроводах путем применения систем активного

виброакустического контроля их состояния. Представлены описания и изложены принципы функционирования систем, базирующихся на использовании вероятностных методов распознавания технического состояния объекта. Приведены результаты численных экспериментов, полученных в зависимости оценок ошибок обнаружения дефектов от интенсивности акустической помехи. Показано, что применение систем активного виброакустического контроля позволяет эффективно обнаруживать дефект трубопровода (врезку, шурф) даже при малых значениях отношения сигнал/шум.

**23.04-01.246** О вероятности ошибки обнаружения несанкционированных воздействий на трубопровод активным виброакустическим способом контроля. *Федотов А.А., Малиновский Ю.Г.* Омский научный вестник. 2019, № 6, с. 100-105. Рус.

Научным сообществом разработано множество способов обеспечения безопасности транспортировки нефтепродуктов автоматизированными средствами. Актуальной задачей является повышение эффективности идентификации вида несанкционированного воздействия на трубопровод и оценка вероятностей ошибок обнаружения нарушений. В работе представлены результаты экспериментальной оценки вероятностных характеристик обнаружителя на основе ранее предложенного активного виброакустического способа контроля. Получены значения информативных признаков в виброакустических сигналах в зависимости от размера локальной неоднородности и отношения сигнал/шум. Определена вероятность ошибки распознавания и необходимое количество накапливаемых сигналов для работы системы в дальней зоне. Сделан вывод о состоятельности предложенного алгоритма идентификации вида несанкционированного воздействия.

**23.04-01.247** Алгоритм диагностирования изоляции силовых трансформаторов акустическим методом в условиях изменения температуры. *Кузнецов А.А., Харламов В.В., Волчанина М.А.* Омский научный вестник. 2022, № 3, с. 70-74. Рус.

Приводится алгоритм обработки данных при диагностировании изоляции акустическим методом силовых трансформаторов системы электроснабжения железных дорог. Особенностью системы электроснабжения железнодорожного транспорта является расположение тяговых подстанций вдоль железнодорожного пути. Эксплуатация силовых трансформаторов осуществляется в открытых условиях. Показано, что для диагностирования силовых трансформаторов целесообразно использовать переносные комплексы на основе акустического контроля частичных разрядов благодаря их высокой мобильности и относительной простоте установки. Для повышения достоверности диагностирования в условиях сезонных изменений температуры предложено использовать имитатор дефектов и дифференциальный способ измерения параметров частичных разрядов. Предложены схема проведения эксперимента и алгоритм диагностирования. Приведены выражения, описывающие свойства трансформаторного масла при изменении температуры и, как следствие, изменение параметров сигнала при распространении акустических волн. Приводятся данные диагностирования, полученные на силовом трансформаторе системы электроснабжения железных дорог при положительных и отрицательных значениях температуры в условиях развития дефекта изоляции, сопровождающегося частичными разрядами.

**23.04-01.248** Анализ факторов, влияющих на выявляемость дефектов при ультразвуковом контроле эксплуатируемых рельсов. *Бобров А.Л., Гончаров К.И., Южно-Сибирский научный вестник.* 2023, № 3, с. 18-24. Рус.

Надежность эксплуатации железнодорожного пути зависит от технического состояния рельсового полотна, которое, в свою очередь, подвергается периодическому контролю неразрушающему контролю, в котором ультразвуковые методы играют решающую роль. Работа посвящена исследованию температурного фактора на изменение основных параметров ультразвукового контроля рельсов, находящихся в эксплуатации. В статье приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований изменений чувствительности каналов контроля рельсов наклонными преобразователями, связанных с измене-

нием температурного фактора и колебаний угла ввода ультразвуковой волны при реализации типовых схем контроля. Контроль проводили ультразвуковым дефектоскопом и набором наклонных преобразователей с углами. Приведена методика проведения исследований и основные результаты, которые показывают, что на ввода 50–70 чувствительность контроля влияет температура, которая как погодный фактор может, таким образом, приводить к появлению ошибок первого и второго рода. Кроме того, исследована чувствительность к реальным дефектам рельсов — усталостным трещинам. По результатам исследований установлено, что при проведении ультразвукового контроля необходимо корректировать чувствительность контроля в зависимости от погодных условий, а также использовать гибкий механизм анализа результатов и повторного контроля. Ключевые слова: дефект, периодический контроль, рельсы, температура, угол ввода, ультразвуковой контроль, усталостные трещины, чувствительность.

**23.04-01.249** Модель анализа информации о дефектах трубопровода при диагностировании ультразвуковыми приборами. *Щипкова Ю.В. Известия Тульского государственного университета. Технические науки.* 2022, № 12, с. 471-474. Рус.

Предложена модель для анализа полученной информации о дефектах линейной части МН при диагностировании ультразвуковыми внутритрубными приборами (ВНП). Показано что в реальных условиях при прохождении ВНП с учетом высотных отметок расположения МН, он проходит как минимум в трех различных средах. В процессе эксплуатации нефтепроводов возникают проблемы выпадения воды в пониженных и «газовых шапок» в повышенных участках трассы МН. Для предотвращения этого явления предусмотрено поддержание определенного режима по минимально и максимально допустимому давлению и подготовке нефти к транспорту (обезвоживание, дегазация, стабилизация и т.д.). Однако эти меры не предотвращают попадания в МН воды, которая расслаивается в связи с разностью плотностей и скапливается в пониженных по рельефу участках. В повышенных участках накапливаются пузырьки воздуха или легких углеводородов, содержащихся в нефти и выделяющихся при повышенных температурах и снижения давления перекачки. Проведены расчеты по условиям выноса «газовых шапок» и воды из мест скопления, для различных диаметров нефтепровода. Показано, что выноса газа и воды не происходит для диаметров нефтепроводов более 530 мм при действующих режимах перекачки. Анализ получаемых данных по результатам обследования ВНП приборами позволяет сделать вывод, что движение прибора в 3-х различных средах изменяет скорость прохождения ультразвука в них и, как следствие, вносит погрешность определения дефекта в теле трубы.

**23.04-01.250** Исследование качества полых корпусных деталей, полученных холодной штамповкой, методом акустической эмиссии. *Соболев И.А., Бунина Н.А., Максимович Е.Ю., Алексеева Е.А., Соколова В.А., Миранович А.В. Известия Тульского государственного университета. Технические науки.* 2022, № 7, с. 269-274. Рус.

В результате пластического деформирования происходят изменения в строении металла, все это определяет возникновение акустической эмиссии (АЭ). По полученным экспериментальным данным можно судить о развитии процесса деформации в обрабатываемой заготовке. Переход к исследованию металлов с помощью условных акустико-эмиссионных кривых в безразмерных относительных величинах, может способствовать более быстрому внедрению АЭ в процессы производства, так как вопросы стандартизации, которое, пока еще полностью не решены, при таком подходе остаются в стороне.

**23.04-01.251** Прогнозирование прочностных характеристик деталей из энергетических материалов с использованием метода акустической эмиссии. *Костюков Е.Н., Никифорова М.С., Никифоров И.И., Вадимистров С.А., Колмаков О.В. Мех. композиц. матер. и конструкций.* 2019. 25, № 2, с. 219-227. Рус.

Определение возможности прогнозирования прочностных характеристик деталей из энергетических материалов по результатам контроля параметров акустической эмиссии при предва-

рительном испытании деталей нагрузками, не превышающими предельного значения, является основной целью исследований, результаты которых рассматриваются в данной статье. Проведены экспериментальные работы по исследованию процесса разрушения и механических свойств деталей из пластифицированного октогена при испытании в условиях сжатия и растяжения с использованием метода акустической эмиссии. Проведен анализ диаграмм деформирования и диаграмм параметров акустической эмиссии на предмет поиска «особых» точек на диаграммах акустической эмиссии, которые можно использовать в качестве основы при отработке метода прогнозирования. Выявлено, что наиболее информативными параметрами с точки зрения использования для прогнозирования предельных значений механических характеристик деталей является сумма импульсов и активность акустической эмиссии, значимые изменения которых наблюдаются в упругой области деформирования детали. Наличие на диаграмме активности акустической эмиссии «особой» точки в виде максимума позволяет вести визуальный контроль момента достижения критической нагрузки непосредственно в ходе эксперимента. Исследована возможность снижения нагрузки предварительного нагружения. На основе детального анализа диаграмм параметров акустической эмиссии и диаграмм деформирования и разбиения всего массива, полученных данных акустической эмиссии по частотам, было получено, что использование для расчета механических свойств деталей высокочастотных составляющих спектра выбросов акустической эмиссии дает возможность снизить нагрузку предварительного нагружения до уровня упругих деформаций, что позволит использовать испытанные детали для других видов исследований. Проведена серия контрольных опытов, результаты которых подтверждают возможность определения прочности деталей из пластифицированного октогена по результатам предварительного нагружения с погрешностью, сопоставимой с погрешностью определения прочности при механических испытаниях.

**23.04-01.252** Численное и экспериментальное моделирование акустоэлектрического метода неразрушающего контроля твердотельных диэлектриков. *Беспалько А.А., Дани Д.Д., Федотов П.И., Дмитриева С.А., Цзюньхуа Л. Известия высших учебных заведений. Проборостроение.* 2023. 66, № 4, с. 320-334. Рус.

Для разработки комплексного акустоэлектрического метода неразрушающего контроля численно и экспериментально исследуются механоэлектрические и акустоэлектрические преобразования на примере образцов магнетитовой руды и модельных дефектных диэлектрических структур на основе цементно-песчаных смесей. Приведены результаты расчетов концентрации напряжений на трещинах разных размеров при распространении внешнего детерминированного акустического импульса по образцу. Показаны результаты экспериментальных исследований электромагнитной эмиссии образцов магнетитовой руды с содержанием кальцита и магнетита при одноосном сжатии до разрушения. Показано, что по спектрам электромагнитных откликов при акустоэлектрических преобразованиях возможно достоверно определять появление и развитие деструктивных зон в диэлектрических материалах. Приведены результаты изменения параметров электромагнитных откликов цементно-песчаной смеси с дефектами при внешнем импульсном акустическом воздействии в процессе ступенчатого нагружения сжатием и сдвигом. В качестве включений (дефектов) использовали магнетитовую руду и фторопласт, обладающие соответственно большим и меньшим акустическим импедансом, чем материал модельного образца. Рассматривается влияние длительности внешнего импульсного акустического возбуждения на параметры электромагнитных откликов в процессе ступенчатого нагружения модельных образцов.

**23.04-01.253** Определение плотности аморфной составляющей пенистых природоподобных материалов неразрушающими методами. *Семухин В.С. Вестник Томского гос. архитектурно-строительного ун-та.* 2023. 25, № 2, с. 165-172. Рус.

В качестве объекта исследования выбран пеностекольный материал. Такие материалы известны давно, но современные методы позволяют изучить и научно обосновать отнесение их к

природоподобным. Для этого были использованы два метода: рентгеновский и акустический, как наиболее удобные для работы с природоподобными материалами. Измерена скорость рэлеевских поверхностных волн и интегральная интенсивность рентгеновского рефлекса-галло. Предложена нормировка данных для сравнения измеренных величин скорости и интенсивности. Экспериментально установлено, что плотность пеностеклянных материалов отражает факт равномерного распределения электронной плотности. Делается вывод о равномерной плотности аморфных материалов и их подобию природным.

См. также **23.04-01.51**, **23.04-01.135**, **23.04-01.136**, **23.04-01.186**, **23.04-01.225**, **23.04-01.232**, **23.04-01.239**, **23.04-01.240**

## Акустические технологии в промышленности

**23.04-01.254** Применение показателя колебательности динамической системы станка для идентификации катастрофического износа реза. *Пономарев А.И., Игнатъев А.А. Инженерный вестник Дона. 2022, № 4, с. 218-229. Рус.*

Объектом исследования выступает метод контроля износа режущего инструмента, обеспечивающего оценку периодичности сроков замены режущего инструмента на основании вибрационных сигналов. Для регистрации уровня вибрации в процессе обработки деталей в качестве прибора применяется измеритель шума и вибрации ВШВ-003-М2. Произведена разработка методики по определению показателя катастрофического износа режущего инструмента по показателю колебательности с использованием автокорреляционной функции и амплитудно-частотной характеристики динамической системы. Произведены замеры вибрационных показаний партии деталей в формате wave-файла, посредством обработки показаний получен массив данных — показателей колебательности, позволяющих оценить процесс развития износа реза в ходе выполнения механической обработки. Обеспечение контроля катастрофического износа режущего инструмента необходимо для своевременной замены режущих пластин.

**23.04-01.255** Оценка стойкости режущего инструмента на основании показателя колебательности динамической системы станка при точении. *Пономарев А.И., Игнатъев А.А. Инженерный вестник Дона. 2023, № 4, с. 208-224. Рус.*

Объектом исследования выступает метод оценки стойкости режущего инструмента оценивающего рациональность периодичности смены режущего инструмента при точении на основании показателя колебательности. Для формирования сигнала для анализа происходит регистрация виброакустических колебаний в процессе обработки деталей прибором для измерения шума и вибрации ВШВ-003-М2. Для проверки передаточной функции использованной в методике произведено построение модели динамической системы токарного станка. Для оценки стойкости по показателю колебательности используется построение автокорреляционной функции и амплитудно-частотной характеристики динамической системы. Произведены серии испытаний для оценки стойкости инструмента по рекомендуемым режимам резания, и скорректированные по полученным результатам итоги. Запись файлов для анализа произведена в формате wave-файла. Анализ полученных результатов позволил внести рекомендации по периодичности смены инструмента для лучшего контроля нормирования инструмента и труда. Знание стойкости режущего инструмента необходимо для своевременной замены режущих пластин и контроля над потерями в производстве.

**23.04-01.256** Акустическая эмиссия при релаксации изделий из титанового сплава. *Булдина Н.А., Соловьев И.В., Войнаш С.А., Соколова В.А., Ореховская А.А., Карнаузов А.И., Бояришинов И.А. Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2022, № 6, с. 224-233. Рус.*

Проведены испытания на растяжение образцов из титанового сплава ВТ 16 при одновременном измерении параметров акустической эмиссии. Проведены измерения акустического излу-

чения при сжатии и релаксации тарельчатых пружин из титанового сплава ВТ 16. Определён акустический образ сплава в исходном и закалённом состоянии. Выявлены значимые параметры метода акустической эмиссии для анализа эволюции структуры сплава ВТ 16 при его деформации и релаксации. Показана принципиальная возможность диагностики качества и релаксационной стойкости тарельчатых пружин по параметрам метода акустической эмиссии (АЭ) при их деформации сжатием и выдержке под нагрузкой в диапазоне рабочего хода изделия. Как известно, релаксация материала обусловлена перестройкой структуры материала под воздействием различных внутренних и внешних факторов. К внутренним факторам относятся: внутренние напряжения, возникшие при изготовлении изделия, изменение структуры или фазового состава с течением времени или при термической обработке изделия. К внешним факторам относятся: температура, силовое воздействие на изделие, окружающая среда и многие другие факторы. Для работы изделия, в частности тарельчатых пружин, в конкретных условиях эксплуатации подбирают соответствующий сплав. Для пружин материал должен работать в области упругости, причём эта область должна перекрывать существенный диапазон приложенных напряжений. При этом материал должен сохранять свои свойства в течение длительного времени при воздействии существенных нагрузок различного типа. Для выполнения этих условий необходимо строго выполнять все требования технологического процесса, как на стадии получения исходного материала, так и на стадии изготовления изделия из него. Нарушение технологии приводит к изменению структуры материала и потере свойств, заложенных в материал.

**23.04-01.257** Процессы возбуждения вибраций и шумообразования при абразивной обработке сварных швов рамных конструкций, представляющих собой круглые стержни. *Исаев А.Г. Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2022, № 8, с. 243-247. Рус.*

Представлены результаты теоретических исследований процессов возбуждения вибраций и шумообразования при абразивной обработке сварных швов рамных конструкций представляющих собой круглые стержни сплошного и полого профиля. Обработка сварных соединений рамных конструкций является обязательным этапом выполнения таких работ, а абразивная обработка сварных швов является наиболее популярной операцией. Однако процесс обработки сварных соединений в рабочей зоне оператора сопровождается повышенным шумообразованием и запыленностью, при обработке в закрытом пространстве. В работе получены выражения уровней звукового давления для абразивной обработки сварных швов элементов рамных конструкций, представляющих собой круглые стержни сплошного и полого профиля. Представлены дифференциальные уравнения колебаний для различных условий закрепления сплошного и полого стержня. Полученные результаты позволяют подтвердить правомерность теоретического подхода к описанию закономерностей процесса шумообразования процесса обработки сварных швов рамных конструкций.

**23.04-01.258** Исследование частотно-зависимых коэффициентов потерь виброакустической подсистемы "обрабатываемое зубчатое колесо—оправка зубодолбежных станков". *Рыжов С.П. Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2022, № 8, с. 276-279. Рус.*

Приведены экспериментальные данные коэффициентов потерь колебательной энергии виброакустической подсистемы «оправка—обрабатываемое зубчатое колесо» зубодолбежных станков. Изгибная жесткость данного узла значительно меньше, чем у корпусных и базовых деталей. Это обстоятельство позволяет сделать допущение, что именно эти источники относятся к наиболее интенсивным с точки зрения интенсивности звукового излучения. Кроме этого они расположены в непосредственной близости от оператора станка. Достоверные данные численных значений коэффициентов потерь колебательной энергии существенно уточняют расчеты уровней шума и вибрации на стадии проектирования, что в свою очередь, дает возможность обосновать рациональный вариант системы шу-



мозаичиты.

**23.04-01.259 Исследования акустических сигналов, излучаемых автомобильным двигателем внутреннего сгорания.** *Логунов А.В., Береснев А.Л. Изв. ЮФУ. Техн. н.* 2022, № 6, с. 212-222. Рус.

Работа посвящена проблеме диагностирования автомобильных двигателей внутреннего сгорания. Проблема контроля состояния двигателей внутреннего сгорания сейчас наиболее актуально из-за увеличения числа автомобилей и ужесточения экологических требований. В работе рассмотрены последствия работы неисправного двигателя внутреннего сгорания. Целью работы является разработка такого метода, который способен помочь наиболее точно и быстро обнаружить неисправность. С появлением современных технологий давно известный метод оценки состояния двигателей внутреннего сгорания по звуку может стать самым передовым, поскольку исключается человеческий фактор, для обработки сигнала применяется вычислительная техника анализ звукового спектра, в которой осуществляется с помощью искусственных нейронных сетей. Применение искусственных нейронных сетей для анализа звукового спектра нашло применение в распознавание речи и для диагностики заболеваний дыхательной системы. В статье рассмотрены механизмы, которые способны генерировать звуковые сигналы во время работы двигателя внутреннего сгорания, некоторые из них фазированы т.е. привязаны к рабочим тактам, некоторые не фазированы. Предложенный метод диагностики позволяет выделить «полезные» звуки из общего числа шумов двигателя, после сравнительного анализа указать на узел звук, которого отличается от эталонного, исправного. Научная новизна состоит в том, что процесс диагностики становится автоматизированным, все звуки, снятые датчиками, обрабатываются в ЭВМ или специальном сканере, на дисплей выводится информация о состоянии тех или иных узлов, в отличие от традиционных методов, где диагностика осуществляется визуально или на слух. Таким образом повышается точность диагностики и снижается общая трудоемкость за счет исключения частичной или полной разборки двигателя.

**23.04-01.260 Оценка влияния на параметры вибрации валопровода силы упора вращающегося гребного винта.** *Гежа Д.В., Мелкоян А.Л., Николаев Д.А. Морские интеллектуальные технологии.* 2022. 2, № 2-2, с. 53-58. Рус.

Для получения математической модели поставленной задачи использован разработанный авторами метод коррекции инерционно-жесткостных характеристик модели и внешней нагрузки. При реализации метода учет влияния дополнительных факторов, усложняющих картину вибрации (учет вращения винта и квазистатической силы его упора), осуществляется при расчете параметров вибрации квазидномерной модели автоматически. Для созданной математической модели разработан алгоритм расчета параметров вибрации (на основе дискретного варианта метода парциальных откликов). Выведены формулы для парциальных откликов и парциальных параметров, необходимые при реализации предложенного алгоритма. Разработана соответствующая программа расчета параметров вибрации (амплитудные значения смещений, внутренних усилий и опорных реакций). Выполнена серия расчетов, позволивших оценить влияние вращения винта и силы его упора на параметры вибрации и собственные частоты валопровода реального объекта. Ключевые слова: квазидномерная модель, инерционно-жесткостные характеристики, парциальные отклики, параметры вибрации, вращение винта.

**23.04-01.261 Динамика вибрационных воздействий на шлифовальный станок в условиях плавучей мастерской с учетом морского волнения.** *Владецкая Е.А., Братан С.М., Харченко А.О., Хекерт Е.В. Морские интеллектуальные технологии.* 2022. 3, № 3-1, с. 84-93. Рус.

Приведены результаты анализа и теоретических исследований динамики вибрационных воздействий на шлифовальный станок с учетом изменяющихся внешних факторов в условиях плавучей мастерской. Для обеспечения заданных параметров качества поверхностей при шлифовании на оборудовании плавучей мастерской на основе полученных динамических моде-

лей и оценок разработана автоматическая система стабилизации параметров технологической системы с учетом воздействий внешней среды, в частности, волнений водной поверхности. Для процесса шлифования на основе принципа Даламбера—Лагранжа построено математическое описание, характеризующее динамику перемещений центров масс инструмента и заготовки с учетом изменения фактической глубины резания, в виде системы дифференциальных уравнений. Для моделирования процесса экспериментально определены коэффициенты жесткости и демпфирования. Для оценки фактической глубины резания разработана расширенная модель объекта с построением формирующего фильтра — динамического звена, моделирующего динамику вибрационных воздействий на станок от внешней среды через основание плавучей мастерской. Полученные векторно-матричные уравнения представляют стандартную форму описания динамической системы в терминах теории пространства состояний, что позволяет её использовать для исследования характеристик и поведения процесса, а также для синтеза систем управления этим процессом. Примеры численных характеристик работы фильтра и их анализ показывают, что через 0,4 секунды наблюдатель переходит в установившийся режим с готовностью к практическому использованию. Построенный формирующий фильтр характеризует динамику отклонений шлифовального круга и обрабатываемой заготовки при внешних воздействиях, что позволит существенно повысить качество изготовления деталей в условиях плавучей мастерской. Ключевые слова: плавучая мастерская, шлифовальный станок, динамическая система, вибрационные воздействия, внешние возмущения, морское волнение, автоматическая система стабилизации параметров, расширенная модель объекта, векторно-матричные уравнения, наблюдатель, формирующий фильтр, характеристики работы фильтра.

**23.04-01.262 Методика определения жесткости, коэффициентов демпфирования и поглощения нетрадиционных виброизоляторов MAMSAR на основе экспериментальных статических нагрузочных характеристик.** *Минасян М.А., Минасян А.М. Морские интеллектуальные технологии.* 2022. 4, № 4-2, с. 72-79. Рус.

Объектом исследования являются запатентованные канатные, пружинно-канатные и канатно-резиновые виброизоляторы MAMSAR. Выбор материала упругого элемента виброизолятора является сложной операцией, поскольку учет его характерных свойств и особенностей необходимо сопоставить с требованиями, предъявляемыми к конкретной виброзащитной системе. По структуре стальной канат является одним из наиболее подходящих материалов, используемых в качестве упругих элементов виброизоляторов. Для улучшения упруго-демпфирующих свойств в виброизоляторах MAMSAR конструктивно объединены канат с пружиной или канат с резиной. Целью работы является разработка методики определения основных характеристик оригинальных виброизоляторов MAMSAR на основе экспериментальных статических нагрузочных характеристик по осям X, Y, Z. Результаты работы: 1. Канатные составляющие у пружинно-канатных виброизоляторов, помимо демпфирования, служат также поддерживающими элементами. 2. Полученные характеристики виброизоляторов MAMSAR обеспечивают возможность их применения для различных объектов техники. Ключевые слова: жесткость, коэффициент демпфирования и поглощения виброизоляторов, нагрузочные характеристики виброизоляторов.

**23.04-01.263 Опытное подтверждение интерференционного механизма ударно-волнового деформационного структурирования материалов.** *Кузьменко А.П., Тан М.М., Куричек А.В., Соловьев Д.Л., Баринцов С.В. Известия Юго-Западного государственного ун-та. Серия: Техника и технологии.* 2020. 10, № 2, с. 98-120. Рус.

Цель исследования. В условиях интенсивного пластического импульсно-периодического деформирования образцов стали 45 в форме параллелепипеда с кратными размерами установить возможность упрочнения за счет интерференции волн нагрузки и разгрузки. Методы. Из образцов стали 45 в форме параллелепипеда с кратно задаваемыми размерами после пластического деформирования методом статико-импульсного деформирования (СИД) были изготовлены шлифы с ориентацией

вдоль, перпендикулярно и под углом  $45^\circ$  относительно направления ударного воздействия. С использованием конфокальной и сканирующей электронной микроскопии, включая дифракцию обратно-рассеянных электронов, рентгеновскую дифрактометрию, проведен комплексный анализ возникающего в условиях пластического деформирования таких образцов структурирования на макро-, микро-, мезо- и наноразмерах. Результаты. Показано, что формирование полосовых дислокационных структур с размерами  $\sim 25$  мкм (пространственный параметр самоорганизации) под действием ударно-волнового модуляционного механизма происходит только при кратности поперечных размеров образцов расстояниям такого переноса за время распространения поперечного и продольного звуков в стали, существенно превышающее время релаксации дислокаций. С учетом значения верхней частоты возбуждаемых при СИД пластических волн  $f \sim 30$  кГц волны нагрузки и разгрузки, обладая когерентностью, при интерференции создают стоячие волны с размерами, которые кратны поперечным размерам образцов. Управляющими параметрами для самоорганизованного образования полосовых дислокационных структур выступают скорости распространения пластических и ударных волн, а также связанных с ними скорости переноса дислокаций. Заключение. По результатам проведенного многоуровневого (на макро-, микро-, мезо- и наноразмерах) структурного анализа предложен интерференционный механизм ударно-волнового деформационного упрочнения металлических материалов. Установлено, что в образцах, подвергнутых СИД, в условиях кратности их размеров возбуждаемым при интерференции волн нагрузки и разгрузки стоячих волн происходит их самоорганизованное дислокационное структурирование с образованием периодической полосовой структуры.

**23.04-01.264** Моделирование передачи акустической энергии через многослойную систему для изменения реологических свойств углеводородов. *Азин А.В., Богданов Е.П., Рижконов С.В. Известия Томского политехнического университета.* 2023. 333, № 3, с. 186-196. Рус.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью определения уровня акустической энергии ультразвукового из-

лучения, проходящего через многослойную конструкцию. Знание уровня акустической энергии актуально для проектирования ультразвуковых установок по изменению реологических свойств углеводородных топлив при эксплуатации энергетических объектов в условиях Арктики и Антарктики. Цель состоит в разработке математической модели распространения ультразвукового излучения в многослойной системе с определением энергии в каждом слое при учете конструкции ультразвукового излучателя резонансного типа. Объекты: ультразвуковой излучатель резонансного типа, многослойная система, физическая модель системы «ультразвуковой излучатель—многослойная система». Методы: математическое моделирование распространения ультразвукового излучения в многослойной системе, учитывающее влияние: конструкции ультразвукового излучателя резонансного типа, его режима работы, количество слоев и механические свойства материалов многослойной системы; экспериментальные исследования на основе физической модели системы «ультразвуковой излучатель—многослойная система»; верификация математической модели на основе полученных экспериментальных данных. Результаты. Разработанная математическая модель позволяет определить энергию и частотные характеристики акустического излучения в каждом слое многослойной системы. Знание уровня акустической энергии при дальнейших исследованиях позволит определить изменения реологических свойств среды, в том числе и от нагрева. Проведены экспериментальные исследования работы ультразвукового излучателя резонансного типа при нагрузке в виде одного слоя полиметилметакрилата, двух слоев полиметилметакрилата и трех слоев полиметилметакрилата. Расчетные данные согласуются с экспериментами, погрешность не превышает 15%. Выводы. Разработанная математическая модель позволяет спроектировать конструкцию ультразвукового излучателя резонансного типа и подобрать по мощности и диапазону частот необходимый источник питания для лабораторных исследований углеводородного сырья.

См. также **23.04-01.48**, **23.04-01.64**, **23.04-01.65**, **23.04-01.66**, **23.04-01.85**, **23.04-01.86**, **23.04-01.140**, **23.04-01.194**, **23.04-01.249**, **23.04-01.250**

## Акустика в инженерном деле

**23.04-01.265** Снижение вязкости резинового клея ультразвуком. *Миронова Е.В. Омский научный вестник.* 2013, № 2-2, с. 37-39. Рус.

Воздействие ультразвука на бензиновые растворы сырой резиновой смеси (резиновый клей), изготовленной на основе каучука, приводит к существенному снижению вязкости клея, что позволяет повысить концентрации раствора, уменьшить время испарения растворителя в процессах склеивания резин, улучшить свойства смачиваемости клея поверхности резин.

**23.04-01.266** Математическая модель активной виброизоляционной опоры с гидравлическим инерционным преобразователем. *Галуза Ю.Ф. Омский научный вестник.* 2013, № 3-2, с. 144-147. Рус.

Рассматривается математическая модель активной виброизоляционной опоры, состоящей из параллельно соединенных пневматического амортизатора и гидравлического инерционного преобразователя движения с активным управлением на базе резинокордной оболочки.

**23.04-01.267** Применение диоксида ванадия в приборах акустического каротажа. *Семенов Н.А., Кузнецова Ю.В., Суриков Вад.И., Суриков Вал.И., Теплоухов А.А. Омский научный вестник.* 2018, № 4, с. 151-155. Рус.

Проведено исследование элементного состава образцов диоксида ванадия, применяемого в качестве термодатчика в каротажных комплексах после серии 0, 15, 30, 50 термоциклов. Изучено влияние термоциклирования на элементный состав поверхности диоксида ванадия и электрические свойства  $VO_2$  в окрестностях фазового перехода. Установлено изменение

электрических свойств материала в области фазового перехода металл—полупроводник. Выявлено, что величина скачка электросопротивления при фазовом переходе заметно меньше для образца после серии 50 термоциклов по сравнению с исходным образцом.

**23.04-01.268** Детектирование акустических сигналов частичных разрядов на дефектах изоляционного оборудования. *Иванов Д.А., Галиева Т.Г., Голенищев-Кутузов А.В., Садыков М.Ф., Каммуллин Р.И., Семенов А.В. Омский научный вестник.* 2021, № 6, с. 48-55. Рус.

Статья посвящена методу акустической регистрации частичных разрядов в высоковольтных изоляторах. Рассмотрены физические процессы генерации различных видов частичных разрядов в высоковольтных изоляторах. Описывается приборная реализация и способ обработки диагностической информации с чувствительных элементов — акустических приемников ультразвукового диапазона. Возможность обнаружения источников частичных разрядов с привязкой к месту возникновения важна для локализации неисправного элемента и его дальнейшего диагностирования.

**23.04-01.269** Метод определения вставок в фонограммы путем анализа фрагментов их фоновых шумов. *Максимов А.И., Моисеев И.А. Южно-Сибирский научный вестник.* 2023, № 3, с. 192-197. Рус.

Представлен метод анализа фрагментов фоновых шумов фонограммы для установления, были ли фрагменты фонограммы записаны в сходных условиях. Предложенный метод разрабатывался для решения прикладных задач криминалистики. Он предполагается для использования в качестве вспомога-

тельного средства для эксперта при проведении криминалистической экспертизы звукозаписей, имеющих доказательное значение. При помощи предложенного метода можно определить наличие вставки в аудиозапись, так как фоновые шумы вставленного фрагмента будут отличаться от остальных. Метод состоит из трех последовательных этапов. Сначала производится предобработка исследуемых фрагментов звукового сигнала — из фрагментов удаляется голосовая составляющая, после чего полученные фрагменты фонового шума преобразуются в формат, подходящий для их последующей обработки с помощью нейронных сетей. В результате такого преобразования получается псевдоизображение из мелспектрограмм фрагментов фонового шума. Далее полученные псевдоизображения поступают на вход нейросетевой модели, используемой для выделения признаков. В итоге, между полученными векторами признаков вычисляется расстояние. Если расстояние оказалось выше эвристического порога, то условия записи фрагментов считаются различными, если меньше — аналогичными. В работе проведено экспериментальное исследование как различных методов предобработки фрагментов звуковых сигналов, так и нейросетевых моделей для выделения векторов признаков из предобработанных фрагментов шума. На основании анализа полученных результатов для исследованных этапов работы метода выбираются конкретные реализации метода предобработки и нейронной сети. Также в заключении работы авторы приводят направления дальнейших исследований для улучшения предложенного метода. Ключевые слова: цифровые аудиосигналы, криминалистическая экспертиза, мел-спектрограмма, выделение признаков, обнаружение вставок в аудиозаписи.

**23.04-01.270 Оценка эффективности применения горизонтальных инерционных барьеров для снижения вибраций, распространяющихся в грунтовой среде. Полюкас К.Э. Наука и техника. 2023. 22, № 4, с. 286-293. Рус.**

Приводятся расчеты колебаний грунтового массива при размещении на пути их распространения горизонтального инерционного барьера в виде прямоугольной бетонной плиты, заглубленной в грунт. Эффект демпфирования поверхностной волны при ее контакте с инерционной плитой связан с ее отражением, преломлением и частичным поглощением. Теоретические исследования проводили при помощи метода конечных элементов. Грунтовая среда рассматривалась как упругий инерционный массив, ограниченный неотражающими границами. Смоделированы различные варианты геометрии инерционной плиты и ее пространственного расположения на поверхности грунтовой среды между источником колебаний и рассматриваемой точкой за барьером. Эффективность каждого варианта виброизоляции количественно оценивали по величине, показывающей, во сколько раз уменьшается скорость вертикальных колебаний грунта за барьером по сравнению со свободным распространением поверхностных волн. Показано, что интенсивное снижение вертикальных перемещений происходит, начиная с боковой грани инерционной плиты. Здесь амплитуда вертикальных колебаний уменьшается в 9,8 раза для бетонной плиты длиной 15 м и в 4,2 раза для 3-метровой плиты. На расстоянии 22 м от точки приложения динамической нагрузки амплитуды уменьшаются в 5,48 и 2,95 раза соответственно для плит шириной 15 и 3 м. Данный способ снижения вибродинамических воздействий обладает простотой конструктивного исполнения и может быть использован в стесненных условиях городской застройки для защиты существующих и проектируемых зданий и сооружений.

**23.04-01.271 Изменение параметров структуры и свойств слоистых силикатов при ультразвуковых и сверхвысокочастотных воздействиях. Бунтин А.Е., Ваганов М.С. Вестн. Казан. технол. ун-та (ранее Вестник Казанского технологического университета — 1998—2015). 2023. 26, № 2, с. 85-89. Рус.**

**23.04-01.272 Влияние ультразвуковых воздействий на краевой угол смачивания органомодифицированных частиц. Вилкова Н.Г., Мишина С.И., Мазурин Н.Н. Вестн. Казан. технол. ун-та (ранее Вестник Казанского технологического университета — 1998—2015). 2023. 26, № 7, с. 22-26. Рус.**

**23.04-01.273 Оптимизация периодичности разрядов**

**электрогидравлической установки для поддержания необходимого уровня звукового давления в акваториях. Кулаков К.С., Бородин И.К., Помазов В.С. Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. 2022, № 3, с. 125-128. Рус.**

Представлены результаты численного моделирования распространения волны давления, создаваемой электрическим разрядом в жидкости. На основе теоретических и экспериментальных данных определен радиус парогововой сферы в момент ее схлопывания и отрыва акустической волны давления. Решение уравнения диффузионной акустики с учетом термовязкостного затухания позволило предсказать параметры импульса давления в точках на различных расстояниях от места электрического разряда. Также с помощью алгоритма быстрого преобразования Фурье получены значения амплитуд высших гармоник одиночного импульса. Проанализировав длительность затухания, было определено максимальное время между последовательными электрическими импульсами для поддержания необходимого звукового шума в акваториях.

**23.04-01.274 Моделирование технологии лазерно-ударно-волновой обработки титановых сплавов с памятью формы с использованием анализа размерностей. Сахавдзе Г.Ж. Проблемы машиностроения и надежности машин. 2021, № 4, с. 59-69. Рус.**

Методами анализа размерностей и конечно-элементного моделирования исследованы процессы, протекающие при лазерно-ударно-волновой обработке титановых сплавов с эффектом памяти формы. Установлено, что основными безразмерными параметрами, управляющими распределением остаточных напряжений и глубиной пластической зоны, возникающих при лазерно-ударно-волновой обработке, являются безразмерные длительность действия лазерного импульса и пиковое давление в ударной волне. На основе принятого определяющего соотношения, учитывающего мартенситное превращение, было численно исследовано влияние указанных безразмерных параметров на возникающие при лазерно-ударно-волновой обработке остаточные напряжения в сплавах с эффектом памяти формы. Получены численные результаты, количественно раскрывающие закономерности влияния вышеуказанных безразмерных параметров на остаточные напряжения. Полученная численным моделированием связь между глубиной пластической зоны и пиковым давлением в ударной волне подтверждена сравнением с аналогичными экспериментальными результатами, известными из литературы. Ключевые слова: сплавы с памятью формы, лазерно-ударно-волновая обработка, безразмерные параметры, анализ размерностей, остаточные напряжения, глубина пластической зоны, пиковое давление в ударной волне.

**23.04-01.275 Расчетное и экспериментальное исследование волновых гидромассажеров. Велиев Е.И., Ганиев Р.Ф., Корнеев А.С., Украинский Л.Е. Проблемы машиностроения и надежности машин. 2022, № 1, с. 3-12. Рус.**

Для проведения исследований механических периодических воздействий на человека предлагается использовать новый тип массажеров, волновые гидромассажеры, способные создавать в гидродинамических течениях трехмерные (в частности, спиральные) волны с амплитудами и частотами скоростей и давлений широкого спектра, в том числе с зонами разрежения на обрабатываемой поверхности. В статье рассмотрены основные типы волновых гидромассажеров. Представлены результаты экспериментальных исследований и математического моделирования волновых гидромассажеров одного из разработанных типов, а именно, струйно-вихревого. Показано, что наилучшее совпадение расчетных и экспериментальных данных получается с помощью модели турбулентности крупных вихрей (LES). Полученные данные можно использовать при проектировании волновых гидромассажеров и других гидродинамических генераторов колебаний различного назначения. Ключевые слова: волновые гидромассажеры, эксперимент, расчет, амплитудно-частотные характеристики, модели турбулентности.

**23.04-01.276 Влияние параметров вибрации при электроосаждении композиционных покрытий Ni—SiC из вибрационно-стабилизированной суспензии. Краси-**

ков А.В., Марков М.А., Красиков В.Л., Кравченко И.Н., Старицын М.В., Быкова А.Д., Беляков А.Н. *Проблемы машиностроения и надежности машин.* 2022, № 4, с. 21-27. Рус.

Исследовано влияние параметров вибрации на электросаждение композиционного покрытия Ni—SiC из вибрационно-стабилизированной суспензии. Показано, что повышение частоты вибрации приводит к снижению объемной доли включений карбида кремния и небольшому повышению выхода по току. Увеличение амплитуды колебаний увеличивает объемную долю SiC в композиционном покрытии, однако при этом покрытие становится неоднородным и на различных участках образцов осаждается различное количество частиц карбида кремния. На основании проведенных исследований рекомендован режим вибрации для осаждения покрытия Ni—SiC с равномерным распределением частиц карбида кремния. Ключевые слова: вибрационный метод, электроосаждение, композиционные покрытия, суспензия, гальваника, электролит, гранулометрический состав порошков, металлографические исследования, картирование.

**23.04-01.277 Особенности применения технологии биомиметической лазерно-ударно-волновой обработки для определения коэффициента интенсивности напряжений.** Сахвадзе Г.Ж. *Проблемы машиностроения и надежности машин.* 2022, № 5, с. 60-67. Рус.

Изучается влияние новой технологии биомиметической лазерно-ударно-волновой обработки на коэффициент интенсивности напряжений применительно к образцам из алюминиевого сплава Д16. Разработана 3D конечно-элементная модель для изучения влияния биомиметической лазерно-ударно-волновой обработки на коэффициенты интенсивности напряжений и остаточную усталостную долговечность образцов. Показано, что при такой обработке коэффициенты интенсивности напряжений обработанных образцов эффективно снижаются, что значительно увеличивает их остаточную усталостную долговечность. Ключевые слова: биомиметика, лазерно-ударно-волновая обработка, остаточные напряжения, коэффициент интенсивности напряжений, остаточная усталостная долговечность, алюминиевый сплав Д16.

**23.04-01.278 Интенсивность изнашивания эпоксидного состава в незакрепленном абразиве при незначительных ударных воздействиях.** Михальченко А.М., Кравченко И.Н., Феськов С.А., Семьшев М.В., Величко С.А., Вармина О.В., Вайдажова Е.В. *Проблемы машиностроения и надежности машин.* 2022, № 5, с. 99-104. Рус.

Установлена зависимость абразивного износа при незначительных ударных воздействиях в функции времени испытаний, которая имеет прямолинейный характер. Изменение интенсивности износа во времени соответствует эффекту самоорганизации процесса изнашивания. Ключевые слова: износ, интенсивность изнашивания, незакрепленный абразив, ускоренные испытания, время изнашивания, самоорганизация износа.

**23.04-01.279 Волновые гидромассажеры нового поколения.** Веллев Е.И., Ганцев Р.Ф., Корнеев А.С., Украинский Л.Е. *Проблемы машиностроения и надежности машин.* 2022, № 6, с. 88-96. Рус.

Представлены результаты экспериментальных исследований нового типа волновых гидромассажеров, способных работать как в воде, так и в воздухе, что обеспечивает удобство их использования. Такие устройства создают трехмерные (в частности, спиральные) волны с амплитудами и частотами скоростей и давлений широкого спектра, в том числе с зонами разрежения на обрабатываемой поверхности. Это позволяет усилить физиотерапевтический эффект. Полученные данные можно использовать при проектировании волновых гидромассажеров и других гидродинамических генераторов колебаний различного назначения. Ключевые слова: волновые гидромассажеры, эксперимент, амплитудно-частотные характеристики.

**23.04-01.280 Динамика гибкого ротора с диском при точечном контакте с дискретными вязкоупругими ограничителями колебаний.** Азаров А.А., Гуськов А.М., Пановко Г.Я. *Проблемы машиностроения и надежности машин.* 2023, № 1, с. 26-37. Рус.

Рассмотрена динамика ротора с массивным диском при взаимодействии с дискретно расположенными в плоскости вращения диска вязкоупругими опорами — ограничителями колебаний. Получены дифференциальные уравнения, описывающие поперечные радиальные и угловые колебания ротора при его вращении. Решение представлено в виде интегрального уравнения Фредгольма второго рода. Исследуется за критическое поведение ротора после бифуркации Пуанкаре—Андронova—Хопфа, которое вызвано внутренним трением в материале вала. Введено обобщающее определение показателя прецессии ротора, позволяющее вычислять частоту и направление прецессии по информации о поперечных колебаниях ротора. Ключевые слова: роторная система, критическая скорость, прецессия, упругие ограничители, внутреннее трение, неустойчивость, бифуркационный анализ.

**23.04-01.281 Снижение уровней шума коробок скоростей высокоскоростных вертикально-сверлильных станков.** Хиникаде И.Т., Чукарин А.Н., Финоченко Т.А. *Известия Тульского государственного университета. Технические науки.* 2022, № 12, с. 698-702. Рус.

Сверлильные станки, оснащенные различными типами коробок скоростей, их технические и виброакустические характеристики. По данным различных исследований коробки скоростей являются причиной повышенного уровня звукового излучения, которое идет от корпусных деталей коробки. В статье приведена схема уравнений энергетического баланса для выполнения расчета уровня акустического дискомфорта при работе станков данного типа с 9 и 12 ступенчатыми коробками.

**23.04-01.282 Разработка системы шумозащиты электрогидроимпульсного пресса на основе выбранных моделей источников.** Чубарь Е.П., Козлюк В.В., Переверзев И.Г. *Известия Тульского государственного университета. Технические науки.* 2022, № 10, с. 526-529. Рус.

Рассматриваются аналитические исследования спектров шума, создаваемых несущей системой данного типа прессов. Компоновка прессов представляет собой совокупность прямоугольных пластин ограниченных размеров. Для теоретического расчета спектров вибраций и шума использованы энергетические методы. Обосновано применение рассчитанной системы для создания безопасных условий труда по виброакустическим факторам.

**23.04-01.283 Снижение уровней шума коробок скоростей высокоскоростных вертикально-сверлильных станков.** Хиникаде И.Т., Чукарин А.Н., Финоченко Т.А. *Известия Тульского государственного университета. Технические науки.* 2022, № 12, с. 698-702. Рус.

Сверлильные станки, оснащенные различными типами коробок скоростей, их технические и виброакустические характеристики. По данным различных исследований коробки скоростей являются причиной повышенного уровня звукового излучения, которое идет от корпусных деталей коробки. В статье приведена схема уравнений энергетического баланса для выполнения расчета уровня акустического дискомфорта при работе станков данного типа с 9 и 12 ступенчатыми коробками.

**23.04-01.284 Экспериментальные исследования фрагментации сферических алюминиевых ударников на сплошных и сеточных экранах при скоростях удара до 7 км/сек.** Калмыков П.Н., Лапичев Н.В., Михайлов И.А., Мяжков Н.Н., Сальников А.В., Шумихин Т.А. *Мех. композиц. матер. и конструкций.* 2018, № 24, с. 46-69. Рус.

Приведены результаты экспериментального исследования фрагментации сферических алюминиевых ударников диаметром 6,35 мм на двух сплошных алюминиевых и двух стальных сеточных экранах при скоростях удара от 6 до 7 км/с. Разгон ударников осуществлялся двухступенчатой водородной пушкой. Ударное взаимодействие с преградой осуществлялось в условиях вакуума. В каждой паре преград одинакового типа одна преграда была лёгкая по удельной массе, а одна тяжелая. При этом в каждой паре преград разного типа удельные массы преград были близки. Для регистрации состояния преградного облака фрагментов использовались толстые пластины-свидетели, расположенные на некотором расстоянии от иссле-

дуемой преграды нормально по отношению к линии выстрела. Изучение морфологии повреждений поверхности пластин-свидетелей позволило сделать сравнительные описания облаков фрагментов. С помощью компьютерной обработки фотографий повреждений свидетелей были оценены объемы соответствующих кратеров и площади сильно эродированных зон на их поверхности. Среди морфологических особенностей повреждений в экспериментах с легкой сплошной преградой наблюдаются нитевидные распределения мелких кратеров с раздваивающимися концами — это морфологическая особенность, характерная для распределения вещества в эжекционных выбросах, возникающих при пробитии ударником тонких алюминиевых пластин. В то же время, фрагментация на легкой сеточной преграде привела к образованию нитевидных кратеров в виде замкнутых контуров — ранее не наблюдавшаяся морфологическая особенность. Более тяжелая сетка показала максимально интенсивное дробление ударника с образованием мелких фрагментов, количество которых в несколько раз превышает количество фрагментов при использовании других преград меньшего и аналогичного веса. При этом не локализируются выбросы не наблюдается. Для всех проведенных экспериментов найдены интегральные распределения объемов кратеров по поверхности свидетеля. Дан сравнительный анализ распределений объемов кратеров для легких и тяжелых экранов. Выполнен анализ данных в рамках распределения Вейбулла. Полученные распределения для объемов кратеров были использованы для построения распределений фрагментов по кинетическим энергиям.

**23.04-01.285 Морфология повреждений толстостенных пластин-свидетелей фрагментами высокоскоростных ударников из различных материалов.** *Калмыков П.Н., Лапичев Н.В., Михайлов И.А., Мягков Н.Н., Пыриков М.Д., Сальников А.В., Шумихин Т.А. Мех. композиц. матер. и конструкций.* 2019. 25, № 1, с. 37-56. Рус.

Экспериментальное изучение фрагментации ударника при высокоскоростном пробитии тонких преград не отличается большим арсеналом технических средств прямого наблюдения. Одним из достоверных способов получения информации о характеристиках образующегося облака фрагментов является анализ повреждений пластин-свидетелей, устанавливаемых на некотором расстоянии за преградой на пути движущихся фрагментов. В данной работе проводится сравнительный анализ морфологических особенностей повреждений пластин-свидетелей фрагментами ударников, изготовленных из различных материалов: полиэтилена, алюминиевого сплава (Al-сплав) и капролона, охрупченного добавлением стеклянных микро-сфер. Эксперименты выполнены в диапазоне скоростей соударения от 2900 м/с до 7000 м/с, при этом были использованы три типа тонких преград: сплошные, сеточные и струнные. Выявлено, что при идентичных условиях в экспериментах со струнными преградами ударник из полиэтилена демонстрирует меньшую степень фрагментации, чем охрупченный капролон. При этом существенная часть начальной кинетической энергии полиэтиленового ударника остается в его тыльной части, не перераспределяясь к другим частям ударника и не переходя в энергию разлуки. У охрупченного капролона сохраняется тенденция к образованию выбросов из фронтальной части, формирующих цепочки кратеров на свидетеле. При фрагментации на сплошной преграде облако фрагментов полиэтиленового ударника состоит как из компактных, так и из нитевидных фрагментов. Нитевидные фрагменты могут образовывать замкнутые структуры. Подобный тип фрагментации наблюдался в экспериментах с ударниками из стекла. Примечательно, что распределение кратеров, образованных нитевидными фрагментами полиэтиленового ударника, схоже по структуре с распределением множества мелких кратеров в периферийной зоне повреждений свидетеля облаком фрагментов ударников из Al-сплава при пробитии сплошной преграды. Глубокое морфологическое подобие выявлено между повреждениями в эксперименте по пробитию стальной сетки полиэтиленовым ударником и вольфрамовой сетки ударником из Al-сплава. При этом параметром, контролирующим подобие этих экспериментов, по всей видимости, является отношение плотностей материала преграды и ударника.

**23.04-01.286 Моделирование взаимодействия жест-**

**кого сетчатого ударника с деформируемой преградой.** *Головешкин В.А., Мягков Н.Н., Чернова П.Д. Мех. композиц. матер. и конструкций.* 2020. 26, № 1, с. 3-23. Рус.

Предложена аналитическая модель высокоскоростного взаимодействия жесткого сетчатого ударника (сетки) с полубесконечной деформируемой преградой, которая моделируется жестко-пластичным телом. Рассматриваем т.п. «нормальный» удар сетки по преграде: полагаем, что в начальный момент и последующие моменты времени полотно сетки параллельно поверхности полупространства преграды, а вектор скорости сетки перпендикулярен поверхности преграды. Исследуется зависимость глубины внедрения сетки от скорости удара и геометрических параметров сетки, которые в данной задаче характеризуются одним безразмерным параметром равным отношению диаметра проволоки к периоду сетки. Рассмотрены два варианта модели: с учетом и без учета фрагментации выбрасываемого материала преграды. Модель воспроизводит наиболее интересный случай, когда апертура сетки сравнима или меньше диаметра проволоки, из которой сплетена сетка. Результаты, полученные на основе предложенной модели, сравниваются с численным решением на основе полной системы уравнений механики деформируемого твердого тела. Численное моделирование было выполнено с помощью пакета LS-DYNA. Разобран пример внедрения стальной сетки в преграду из сплава алюминия со скоростями удара 1–3 км/сек. Показано, что модель, учитывающая фрагментацию, хорошо согласуется с численным решением для интервала параметров сетки, где нижняя граница уменьшается с увеличением скорости удара: для км/с, соответственно.

**23.04-01.287 Исследование стойкости микродуговых оксидных покрытий на алюминиевых сплавах к виброударному нагружению и фреттинг-износу при выведении космического аппарата на целевую орбиту.** *Рыков Е.В., Штокол А.О., Шталов В.К. Научнометкие технологии.* 2022. 24, № 1, с. 14-20. Рус.

Существует тенденция к увеличению количества проектов, направленных на космические полеты автоматических научных станций к планетам Солнечной системы и к астероидам. Рассмотрена проблема предотвращения взаимной адгезии металлов (холодной сварки) путём оптимального подбора покрытий для узлов раскрытия отложенного срабатывания. Указано на перспективное направление предотвращения холодной сварки контактирующих металлических поверхностей узлов раскрытия космических аппаратов — применение технологий микродугового оксидирования (МДО). Цель. Исследовать зависимость стойкости сформированного МДО-покрытия к виброударному нагружению и фреттинг-износу от твердости металлической подложки для широко используемых в ракетно-космической отрасли алюминиевых сплавов. Результаты. Приведены данные об используемом при моделировании приспособлений. Представлена методика проведения экспериментов. По результатам изучения профилограмм зон износа измерены глубины износа каждого МДО-покрытия на изучаемых алюминиевых сплавах. На основе обработки полученных данных выведены уравнения квадратичной регрессии для каждой толщины изучаемого МДО-покрытия. Сделаны выводы о влиянии твердости металлической подложки на стойкость МДО-покрытия к виброударному нагружению и фреттинг-износу. Практическая значимость. Предложены пути повышения стойкости контактирующих поверхностей узлов раскрытия космических аппаратов с учётом применения технологий микродугового оксидирования.

**23.04-01.288 Комбинация маломощных тепловых струй с акустической волной для усиления осадков в облаках.** *Вэй Цзяжуа, Ли Тицзянь, Тулайкова Т.В., Аморова С., Ян Диран, Ван Цзиньчжао, Чен Гуоксин. Научнометкие технологии.* 2022. 24, № 7, с. 10-21. Рус.

Рассмотрена модификация восходящего теплового потока в атмосфере путем включения комбинированного действия нагретой воздушной струи, совмещенной с низкочастотной акустической волны. Рассчитаны температура, скорость восходящего потока и максимальная высота нагретой струи. Предложена модель нового эффекта дополнительного подъема мельчайшего порошка полезных реагентов на основе акустической

волны в сочетании с нагретой струей в атмосфере. Отмечено, что может быть реализована тонкая регулировка с дополнительной высотой посредством вибрирующего воздуха. Приведены примеры применения предложенного алгоритма для подстройки и подъема гигроскопичных или AgI-частиц.

**23.04-01.289** Неизотермическое течение жидкости в скважине при индукционном нагреве обсадной колонны. *Давлетшин Ф.Ф., Акчури Р.З., Шарафутдинов Р.Ф., Исламов Д.Ф. Известия НАН Беларуси. Серия физико-технических наук. 2023. 68, № 3, с. 81-92. Рус.*

Исследованы особенности полей скорости течения и температуры восходящего потока жидкости в металлической круглой трубе (обсадной колонне, установленной в добывающей скважине) в условиях ее локального индукционного нагрева. Результаты исследований основаны на численном решении уравнений Навье-Стокса в приближении Буссинеска-Обербека, расчеты выполнены в программном пакете Ansys Fluent (Лицензия ANSYS Academic Research CFD в рамках договора с Башкирским государственным университетом от 15.06.2020). Рассмотрены расходы жидкости 10 и 50 кубических метров в сутки, соответствующие ламинарному и переходному режимам течения в обсадной трубе. Установлено наличие локальных возмущений поля скорости и температуры в пристеночной области нагретой обсадной трубы. Возмущения температуры в жидкости достигают нескольких градусов Кельвина, причем локальная скорость потока в пристеночной области обсадной колонны, возрастающая за счет естественной тепловой конвекции, в несколько раз превышает среднюю по сечению скорость потока. Показано возникновение областей вихревого движения потока над интервалом индукционного нагрева, обусловленного естественной тепловой конвекцией.

**23.04-01.290** Исследование механизма взаимодействия углеводородного пламени с электрическим полем. *Власов П.А., Панкратьева И.Л., Полянский В.А. Известия НАН Беларуси. Серия физико-технических наук. 2023. 68, № 3, с. 108-116. Рус.*

Рассматривается один из возможных механизмов взаимодействия ограниченной области горения (факела пламени) с приложенным электрическим полем. Исследование основано на применении методов электрогидродинамики для описания химически реагирующих многокомпонентных неравновесных частично ионизованных газовых смесей. Показано, что в окрестности границ пламени при определенных условиях образуются зоны объемного электрического заряда, на которые можно воздействовать полем. Исследуется характер изменения этих зон под влиянием поля.

**23.04-01.291** Особенности формирования факела при столкновении двух ламинарных газовых струй. *Козлов В.В., Литвиненко Ю.А., Катасонов М.М., Сарычев Д.В., Шмаков А.Г. Известия НАН Беларуси. Серия физико-технических наук. 2023. 68, № 3, с. 131-136. Рус.*

Представлены результаты исследований процесса взаимодействия двух соударяющихся осесимметричных ламинарных микроструй пропан/бутановой смеси при диффузионном горении и без горения. Истечение газовой смеси осуществлялось через круглые трубки с равными скоростями. В процессе эксперимента варьировалось поперечное положение трубок относительно друг друга с сохранением угла между ними. Выявлены особенности формирования результирующей струи в зависимости от поперечного положения трубок. Если трубки находятся в одной плоскости, то результирующая струя формируется в ортогональной к ней плоскости. Данный процесс наблюдается при взаимодействии горящих и не горящих струй. При увеличении скорости истечения струй обнаружена область локального разрыва фронта пламени.

**23.04-01.292** Численное моделирование сверхзвукового потока с областью тепловыделения продольно-поперечным разрядом. *Корнев К.Н., Логунов А.А., Шибков В.М. Известия НАН Беларуси. Серия физико-технических наук. 2023. 68, № 3, с. 137-145. Рус.*

Проведено численное моделирование сверхзвукового стационарного воздушного потока внутри расширяющегося аэродинамического канала с прямоугольным сечением — лабораторной модели прямоточного воздушно-реактивного двигателя. С помощью экспериментальных данных была проведена валидация аэродинамической модели в случае отсутствия зоны объемного тепловыделения. После валидации модели было проведено численное моделирование сверхзвукового потока с включенной зоной объемного тепловыделения. Получены трехмерные распределения скорости, температуры и давления в сверхзвуковом стационарном воздушном потоке. Показано, что при объемной плотности тепловой мощности источника эквивалентной средней общей мощности разряда  $W=10$  кВт разряд нагревает газ до температуры  $T=1700-4200$  К, что приводит к ускорению потока без его теплового запыряния. При плотности тепловой мощности источника эквивалентной средней общей мощности разряда  $W=20$  кВт газ нагревается сильнее до 6700 К, но начинается локальное тепловое запыряние потока.

**23.04-01.293** Исследование режимов теплообмена в дозвуковых струях диссоциированного азота высокочастотного индукционного плазмотрона при дополнительном нагреве поверхности лазерным излучением. *Васильевский С.А., Галжин С.С., Колесников А.Ф., Котов М.А., Лукомский И.В., Соловьев Н.Г., Тептева Е.С., Чаплыгин А.В., Шемякин А.Н., Якимов М.Ю. Известия НАН Беларуси. Серия физико-технических наук. 2023. 68, № 3, с. 146-155. Рус.*

На индукционном ВЧ-плазмотроне ВГУ-4 (ИПМех РАН) проведены эксперименты по исследованию теплообмена цилиндрической водоохлаждаемой медной модели диаметром 30 мм, оснащенной calorиметрическим датчиком с тепловоспринимающей поверхностью диаметром 13.8 мм из графита, при комбинированном режиме нагрева поверхности плазмой азота и лазерным излучением, а также для случаев нагрева поверхности только лазерным излучением или только струей плазмы азота. Эксперименты в струях ВЧ-плазмотрона проведены при давлении в барокамере установки  $p=1 \cdot 10^4$  Па, массовом расходе азота  $G=2.4$  г/с, мощности ВЧ-генератора плазмотрона по анодному питанию  $N_{a,p}=22$  кВт. Для выбранных экспериментальных режимов установлено, что струя диссоциированного азота и высокочастотный индукционный разряд не оказывают заметного влияния на проходящий через них лазерный луч. Получены значения плотности теплового потока в зависимости от подведенной мощности лазерного излучения. Для рассмотренных условий экспериментов проведено численное моделирование дозвукового течения плазмы азота в кварцевом разрядном канале и в пространстве барокамеры установки ВГУ-4, основанное на решении полных уравнений Навье—Стокса методом Патанкара—Сполдинга.

**23.04-01.294** Анализ автоколебательных процессов в каверне с открытым типом течения на основе данных вихреразрешающих расчетов. *Даньков Б.Н., Дубень А.П., Козубская Т.К. Известия НАН Беларуси. Серия физико-технических наук. 2023. 68, № 3, с. 156-166. Рус.*

Рассматриваются механизмы автоколебательных процессов, возникающих в каверне с открытым типом течения, и дается их обоснование, полученное в результате детального изучения взаимодействия явлений гидродинамической, расходящейся и резонансной природы. Теоретические выводы подтверждаются анализом данных вычислительных экспериментов, проведенных различными авторами.

См. также **23.04-01.48, 23.04-01.60, 23.04-01.61, 23.04-01.62, 23.04-01.67, 23.04-01.84, 23.04-01.85, 23.04-01.86, 23.04-01.87, 23.04-01.88, 23.04-01.89, 23.04-01.92, 23.04-01.112, 23.04-01.126, 23.04-01.127, 23.04-01.140, 23.04-01.194, 23.04-01.195, 23.04-01.204, 23.04-01.224, 23.04-01.228, 23.04-01.230, 23.04-01.231, 23.04-01.238, 23.04-01.244, 23.04-01.245, 23.04-01.246, 23.04-01.248, 23.04-01.249, 23.04-01.255, 23.04-01.260, 23.04-01.261, 23.04-01.262, 23.04-01.264**

## Физика

**23.04-01.295 Семь сингулярных точек квантовой механики.** *Попов И.П. Прикладная физика и математика.* 2023, № 6, с. 49-51. Рус.

Квантовая механика развивалась быстро и бурно. Первое обстоятельство неизбежно обусловило появление погрешностей в теории. Второе обстоятельство понуждало исследователей идти все время вперед, не заостряя внимание на предшествующие результаты. Оба обстоятельства вместе привели к тому, что квантовая механика содержит ряд погрешностей. В частности, в 1s состоянии электрона в атоме водорода вероятность его нахождения внутри ядра отлична от нуля. Однако аннигиляция не происходит никогда. Следовательно, квантово-механический расчет пространственного распределения вероятности неверен. Список представленных погрешностей квантовой механики не является исчерпывающим. Существует масса других погрешностей, как отмеченных в литературе, так и не отмеченных. Ключевые слова: волновая функция, уравнение Шредингера, орбитальный момент импульса. DOI: 10.25791/pfim.03.2023.1262.

**23.04-01.296 Волновые структуры в течениях идеального газа с внешним источником энергии.** *Чесноков А.А. Труды Математического института имени В.А. Стеклова.* 2023. 322, с. <https://www.mathnet.ru/rus/tm4334>. Рус.

Рассматривается распространение плоских волн в идеальном газе при наличии внешних источников притока и диссипации энергии. С использованием критерия Уизема получены условия, при которых малые возмущения постоянного решения трансформируются в нелинейные квазипериодические волновые пакеты конечной амплитуды, движущиеся в противоположных направлениях. Показано, что эти волновые пакеты аналогичны по структуре катящимся волнам в открытых наклонных каналах. Выполнены численные расчеты развития автоколебаний и нелинейного взаимодействия волн. Установлено, что при малом гармоническом возмущении начального состояния равновесия могут развиваться два вида волновых структур: катящиеся волны и периодические двухпиковые стоячие волны.

**23.04-01.297 Об особенностях течения жидкости в поле силы тяжести.** *Сенницкий В.Л. Сибирские электронные математические известия.* 2023. 19, № 1, с. 241-247. Рус.

Сформулирована и решена задача о движении вязкой жидкости в поле силы тяжести. Жидкость контактирует с твердыми стенками. Граница одной из стенок проницаема для жидкости. Жидкость подвергается колебательным воздействиям, не имеющим преобладающего направления в пространстве. Постановка задачи включает уравнение Навье—Стокса, уравнение неразрывности и условия на твердых границах жидкости (на границах стенок). В частности, выявлен новый гидромеханический эффект, заключающийся в том, что жидкость ведет себя парадоксально, то есть (на фоне колебаний) жидкость совершает установившееся движение в направлении, противоположном направлению ускорения свободного падения.

**23.04-01.298 Новый класс дробно-дифференциальных полувариационных неравенств с приложением к несжимаемой системе Навье—Стокса, связанной с дробным уравнением диффузии.** A new class of fractional differential hemivariational inequalities with application to an incompressible Navier—Stokes system coupled with a fractional diffusion equation. *Zeng S.D., Migorski S., Han W. Известия Российской академии наук. Серия математическая.* 2023. 87, № 2, с. 133-167. Англ.

DOI: <https://doi.org/10.4213/im9251>.

**23.04-01.299 Колебания периодических систем, состоящих из одинаковых подсистем произвольной структуры.** *Банах Л.Я., Павлов И.С. Проблемы машиностроения и надежности машин.* 2023, № 4, с. 3-11. Рус.

Исследуются колебания и волны в периодических системах, образованных одинаковыми подсистемами, имеющими произвольную структуру. Найдены спектральные закономерности для таких систем. Показано, что их дисперсионные кривые

состоят из ветвей, каждая из которых отвечает своей форме упругих колебаний подсистемы. Выявлено наличие в таких системах полос непропускания гармонического сигнала, найдены их границы. Получены формы колебаний в различных частотных диапазонах. Показано, что в системе возникают модулированные волны за счет модуляции низкими частотами, которые соответствуют колебаниям системы без учета упругих свойств составляющих подсистем. Ключевые слова: периодические системы, подсистемы произвольной структуры, дисперсионные свойства, частотный спектр, полосы непропускания, модулированные волны.

**23.04-01.300 Прямое статистическое моделирование методом Монте-Карло дозвукового испарения в полупространстве.** *Морозов А.А., Гапанова Е.Я. Теплофиз. и аэромех.* 2023, № 3, с. 441-452. Рус.

Для моделирования процессов с фазовыми переходами в стесненных условиях нужны высокоточные численные расчеты, учитывающие неравновесность процесса. В представленной работе методом Монте-Карло проведено прямое статистическое моделирование испарения в заполненное паром полупространство с формированием дозвукового течения для случая одноатомного газа. Рассматриваются два варианта постановки граничных условий в открытом полупространстве: итерационный подход с последовательным определением температуры и давления и подход с фиксированной скоростью. Проводится анализ применимости этих подходов для получения точного решения задачи. Показана более высокая точность подхода с фиксированной скоростью для малых чисел Маха. Полученные результаты сравниваются с известным решением модельного кинетического уравнения.

**23.04-01.301 Модель переноса импульса при высокоскоростном ударе.** *Головешкин В.А., Мясков Н.Н. Мех. композиц. матер. и конструкций.* 2021. 27, № 2, с. 147-168. Рус.

Построена аналитическая механическая модель эжекции, возникающей при высокоскоростном ударе жесткого ударника по полубесконечной преграде, и дана оценка массы эжекции и эффекта усиления импульса, передаваемого преграде при ударе. Эффект усиления импульса вызван выбросом (эжекцией) фрагментов преграды в направлении, противоположном направлению полета ударника. В настоящее время проявляется устойчивый интерес к исследованию этого эффекта. Это связано, в частности, с возможным применением эффекта для отклонения потенциально опасного объекта (астероида), сближающегося с Землей, посредством ударного космического аппарата, использующего эффект усиления импульса. Модель, представленная в настоящей работе, построена в приближении плоской деформации с использованием минимального числа параметров материалов ударника и преграды. Получены уравнения для массы эжекции и приращения импульса преграды, в зависимости от глубины внедрения ударника. Модель учитывает зависимость угла вылета эжекционных фрагментов от глубины внедрения ударника. Показано, что модель адекватно описывает импульс эжекции, скорость изменения импульса эжекции и массу эжекции в зависимости от глубины проникания ударника. Проверяется возможность представления импульса и массы эжекции скейлинговыми соотношениями как для отношения плотностей ударника и преграды, так и для динамического параметра.

**23.04-01.302 Применение резонансных вибраторов, расположенных перпендикулярно оптической оси камеры сгорания, для усиления электромагнитного поля в ней.** *Булат П.В., Волков К.Н., Есаков И.И., Лавров П.Б., Раваев А.А. Инженерно-физический журнал.* 2023. 96, № 3, с. 703-712. Рус.

Представлена электродинамическая модель камеры сгорания, в которой горючая смесь поджигается подкритическим стримерным разрядом, полученным с использованием СВЧ излучения. Для локализации разряда в камере сгорания его инициатор (вибратор) располагается перпендикулярно оптической оси камеры. Рассмотрены возможности усиления электромаг-

нитного поля на полюсах вибратора при вводе СВЧ излучения в камеру при помощи рупора и плоского волновода. Выполнены численные расчеты электрического поля, в котором формируется подкритический стримерный разряд в камере сгорания, в зависимости от геометрических параметров его инициатора. Определены пути усиления результирующего электромагнитного поля в области расположения вибратора с целью получения подкритического стримерного разряда с объемной структурой.

**23.04-01.303** Электродинамическая модель камеры сгорания с инициатором подкритического стримерного разряда, расположенным параллельно оптической оси камеры. Булат П.В., Волков К.Н., Есаков И.И., Лаеров П.Б., Раваев А.А. *Инженерно-физический журнал*. 2023. 96, № 3, с. 713-719. Рус.

Рассматривается электродинамическая модель камеры сгорания, в которой горячая смесь поджигается подкритическим стримерным разрядом, полученным с использованием СВЧ излучения. Для локализации разряда в камере сгорания его инициатор (вибратор) располагается параллельно оптической оси камеры. На основе численных расчетов получены зависимости структуры электрического поля, в котором формируется разряд, от геометрических параметров вибратора и его проводимости. Для поиска оптимального расположения вибратора в камере сгорания проведены расчеты для различных его смещений от оптической оси камеры. Определены пути повышения результирующего электромагнитного поля в области расположения вибратора для формирования разряда с объемной структурой в камере сгорания.

**23.04-01.304** Принцип распознавания объектов проблемной среды в процессе планирования поведения автономной интеллектуальной мобильной системы. Мелехин В.Б., Хачумов М.В. *Морские интеллектуальные технологии*. 2022. 3, № 3-1, с. 181-187. Рус.

Решается задача, связанная с организацией распознавания автономной интеллектуальной мобильной системой находящихся в проблемной среде отдельных объектов в реальном времени с целью повышения эффективности планирования целенаправленного поведения в условиях неопределенности. Рассмотрена классификация, обеспечивающая возможность построения эталонных моделей различных объектов проблемной среды в виде гиперграфа, отражающего структуру визуального изображения в виде связанных между собой их структурных элементов с учетом семантического содержания характеризующих данные элементы признаков. Разработан оригинальный метод автоматического построения модели воспринимаемых в проблемной среде объектов в виде гиперграфа "видимости", позволяющего на основе его сравнения с гиперграфом эталонного описания их визуального изображения, распознавать данные объекты автономной интеллектуальной мобильной системой по мере необходимости в процессе планирования поведения. Предложено решающее правило, основанное на сравнении между собой помеченных гиперграфов, соответствующих изображению воспринимаемых интеллектуальной системой в проблемной среде объектов и эталонного их описания в ее модели представления знаний. Найден порядок сложности инструментальных средств реализации данного решающего правила, что позволяет ориентировочно оценить производительность бортовой ЭВМ, необходимую для эффективного распознавания автономной интеллектуальной системой находящихся в проблемной среде объектов. Ключевые слова: автономная интеллектуальная мобильная система, проблемная среда, распознавание объектов, структурные элементы, признаки, гиперграф "видимости".

**23.04-01.305** Новый алгоритм обнаружения и выделения морских объектов от фона в системах наблюдения. Фахми Ш.С., Королев О.А., Бородин О.В. *Морские интеллектуальные технологии*. 2022. 3, № 3-1, с. 256-275. Рус.

Основными проблемами при построении систем искусственного зрения в области морского транспорта являются разработка и внедрение эффективных алгоритмов семантического анализа разворачивающихся на месте происшествия событий, позволяющих учитывать влияние внешних и внутренних факто-

ров при процессе распознавания силуэта объекта исследования. При этом к внешним факторам можно отнести внешнее освещение, перемещение морского объекта, его различные признаки и свойства, а к внутренним — скорость обработки сигнала изображения и вычислительную сложность системы наблюдения. Главная задача в области обнаружения и распознавания образов морских объектов состоит в выявлении и отделении на изображении объекта интереса от фона в условиях шума и помех. В работе предложен новый метод обнаружения и отделения объектов морского транспорта от фона на основе структурированного представления пирамиды изображения, полученной в результате полигонально-рекурсивного разбиения на полигоны различной формы и размера. В статье приведены результаты моделирования предложенного метода, протестированного с использованием различных видеопотоков, и выполнена оценка скорости обнаружения объектов морского транспорта с его помощью, а также представлены результаты его работы в сравнении с уже известными подходами. Ключевые слова: анализ изображения, системы искусственного зрения, силуэт, объект морского транспорта, полигонально-рекурсивный метод, пирамида изображения.

**23.04-01.306** К вопросу об измерении в квантовой механике. Рубцов А.Н. *УФН*. 2023. 193, № 7, с. 783-790. Рус.

Вероятностный характер измерений в квантовой механике может быть интерпретирован как следствие потерь информации, неизбежно возникающих из-за хаотической динамики измерительных приборов.

**23.04-01.307** Неопределённости сравнения человека и андроида. Иваницкий Г.Р. *УФН*. 2023. 193, № 8, с. 872-901. Рус.

Показано, что одним из существенных результатов творчества людей в XXI веке стало создание андроидных роботов, снабжённых искусственным интеллектом. Уровень совершенства этих роботов становится столь высоким, что по внешним признакам и по поведению установить их отличие от живых людей вскоре будет невозможно. Это приводит к логической ошибке: ставить знаки равенства между людьми и андроидными роботами, предполагая, что те и другие имеют сознание. Сегодня научные исследования расширили понимание феномена сознания, но проблемы с его определением не исчезли. В статье даны доказательства, что приложение термина сознания к андроидным роботам является ошибкой, которая может привести к серьёзным последствиям.

**23.04-01.308** Релятивистское магнитное пересоединение в сталкивающихся плазменных облаках, сгенерированных несколькими сверхмощными лазерными импульсами. Сладков А.Д., Коржисманов А.В. *Квантовая электроника*. 2023. 53, № 4, с. 297-301. Рус.

Проанализирована возможность создания условий для наблюдения релятивистского магнитного пересоединения при использовании двух лазерных импульсов проектируемой установки XCELS. Необходимые условия предполагается создать в схеме, в которой замагниченные потоки плазмы генерируются на задней поверхности тонких твердотельных мишеней за счёт пучков энергетических электронов, вбрасываемых в глубь мишени полями лазерного импульса и формирующих сильный ток на оси симметрии системы. Показано, что в этом случае возможно получение ступок плотной плазмы с относительно невысокой (порядка нескольких мегаэлектронвольт) температурой и в замороженным магнитным полем порядка десятков килогаусс, так что параметр замагниченности составит несколько единиц.

**23.04-01.309** Достижение давления более 1 Гбар в мишенях твердотельной плотности при торможении лазерно-ускоренных ионов. Коржисманов А.В., Сладков А.Д., Голубев С.В. *Квантовая электроника*. 2023. 53, № 4, с. 302-306. Рус.

Для параметров лазерных импульсов, которые планируется получить на установке XCELS, проанализирована возможность генерации вещества с высокой плотностью энергии при торможении протонов, ускоренных лазерно-плазменным методом, в слое вещества с высоким зарядом — золота. Показано, что в этом случае возможно образование вещества с рекордными значениями давления более 1 Гбар при твердотельной плотности,



что соответствует удельному энерговыделению на уровне десятков МДж/г. Особенностью процесса торможения при столь высоком удельном энерговыделении является то, что свойства тормозящего вещества меняются в процессе взаимодействия. Продемонстрировано, что кратность ионизации ионов золота достигает 40–50, а температура образующейся в результате плазмы — 1 кэВ. Это приводит к снижению тормозящих способностей вещества и к модификации кривой удельного энерговыделения.

**23.04-01.310 Взаимодействие лазерного импульса с плазмой в условиях нарушенной аксиальной симметрии.** *Дмитриев Е.О., Корнеев Ф.А. Квантовая электроника. 2023. 53, № 4, с. 307-312. Рус.*

Нелинейное взаимодействие интенсивных лазерных импульсов с веществом может приводить к возбуждению самосогласованного движения зарядов и генерации магнитного поля, остающегося в плазме после прекращения лазерного воздействия. Одним из способов индуцировать азимутальные токи в заданном направлении является внесённое в систему нарушение аксиальной симметрии. Рассмотрено два способа создания выделенного направления движения зарядов при взаимодействии, один из которых связан со структурой мишени, а второй — со структурой самого импульса. Для случая сверхмощных мультитераваттных фемтосекундных лазерных импульсов, соответствующих установке XCELS, приведены оценки характерных параметров, согласно которым индукция аксиальных магнитных полей может достигать десятков кТл в микрокапиллярных структурированных мишенях, а в случае взаимодействия структурированных импульсов с однородной плазмой аксиальное магнитное поле порядка десятков Тл может занимать область диаметром в сотни микрометров. Предложены схемы соответствующих экспериментов, обсуждаются возможные приложения.

**23.04-01.311 Формирование сильного квазистатического электрического поля при облучении интенсивными лазерными импульсами мишени со сферической микрополости.** *Серебряков Д.А., Костюков И.Ю. Квантовая электроника. 2023. 53, № 4, с. 313-318. Рус.*

Численно исследован коллапс сферической микрополости в плазменной мишени при симметричном облучении ее интенсивными лазерными импульсами. Рассмотрены конфигурации с 2, 4 и 8 лазерными импульсами. Продемонстрировано формирование квазистатического сильного электрического поля в центре полости в результате коллапса. Показано, что 8-импульсная конфигурация является наиболее оптимальной с точки зрения роста концентрации ионов в центральном ступке и роста амплитуды электрического поля, а переход от 2-импульсной к 8-импульсной конфигурации приводит к 1.5-кратному росту амплитуды поля при сохранении суммарной энергии лазерных импульсов. Оценки показывают, что для параметров установки XCELS в 8-импульсной конфигурации можно ожидать максимальной амплитуды электрического поля  $1.61 \cdot 10^{14}$  В/см или 1.2% от поля Швингера.

**23.04-01.312 Исследования ядерных реакций в микроразмерных мишенях, обеспечивающих генерацию сверхсильных квазистационарных полей под действием лазерного излучения.** *Гуськов С.Ю., Корнеев Ф.А. Квантовая электроника. 2023. 53, № 4, с. 319-325. Рус.*

Представлены схемы, обеспечивающие благоприятные условия для протекания и исследования реакций синтеза лёгких ядер в микроразмерных мишенях при использовании одного или нескольких мультитераваттных лазерных импульсов. Особенностью рассмотренных мишеней является их способность генерировать сверхсильные магнитные или электрические квазистационарные поля, недостижимые другими методами. Магнитные поля, возбуждаемые в мишенях типа "улитка" позволяют не только существенно подавить электронную теплопроводность, но и в некоторых случаях удерживать заряженные продукты реакции. Электрические поля, генерируемые в сферических или цилиндрических микрополостях, позволяют осуществить имплозивное сжатие вещества до твердотельного уровня плотности при нагреве до десятков и сотен кэВ. Приведены оценки, показывающие возможность создания с помощью рас-

смотренных схем сверхъярких источников вторичных частиц.

**23.04-01.313 Спектроскопия метастабильных и изомерных ядер с помощью мультиспектральных лазеров.** *Шуляпов С.А., Заворотный А.Ю., Савельев А.Б. Квантовая электроника. 2023. 53, № 4, с. 326-329. Рус.*

Обсуждаются перспективы применения мощных лазерных систем для задач ядерной фотоники. На примере структуры ядерных уровней изотопа криптона  $^{83}\text{Kr}$ , имеющего два изомерных состояния с энергиями 9.4 и 41.6 кэВ, описывается возможность их непрямого возбуждения через высоколежащие короткоживущие уровни с использованием высокоэнергетического излучения лазерной плазмы. Показано, что сечение фотовозбуждения уровня 9.4 кэВ гамма-квантами с экспоненциальным распределением по энергиям увеличивается более чем в 100 раз при увеличении температуры распределения с 50 кэВ до 1 МэВ и постоянной амплитуде. Проводятся оценки выхода реакций фотовозбуждения изомерных уровней  $^{83}\text{Kr}$  излучением плазмы, создаваемой лазерной системой петаваттного уровня, для нескольких температур электронного пучка и толщины тормозного конвертера гамма-излучения.

**23.04-01.314 Поиск коллективного туннельного эффекта при ионизации Li-подобных ионов высокой кратности двумя лазерными пучками экстремальной интенсивности.** *Попруженко С.В., Тюрин Д.И. Квантовая электроника. 2023. 53, № 4, с. 330-333. Рус.*

Приведены оценки вероятности одновременного туннелирования двух электронов из многозарядных Li-подобных ионов в лазерном поле высокой интенсивности. Показано, что для атомов с зарядом ядра  $Z_m \gg 1$  вероятность в единицу времени коллективного туннелирования пары электронов  $2s - 1s$  может быть более чем на порядок превышать вероятность отрыва  $1s$ -электрона. Это создаёт благоприятные условия для поиска коллективного туннельного эффекта при ионизации тяжёлых, многократно заряженных ионов. Относительные вклады последовательного и коллективного каналов ионизации можно разделить, используя двухпучковую схему эксперимента. Учитывая, что для наблюдения эффекта необходимы интенсивности, превышающие  $10^{21}$  Вт/см<sup>2</sup> в одном из пучков, предлагаемая схема эксперимента по поиску коллективного туннельного эффекта требует использования лазерных импульсов экстремальной мощности, получение которой планируется, в частности, на установке XCELS.

**23.04-01.315 Релятивистский туннельный эффект при ионизации многозарядных ионов в мультитераваттных лазерных пучках.** *Попруженко С.В. Квантовая электроника. 2023. 53, № 4, с. 334-337. Рус.*

Обсуждается возможность наблюдения релятивистского туннельного эффекта при ионизации многозарядных ионов тяжёлых атомов в поле мультитераваттных лазерных пучков. Получена приближённая аналитическая формула, позволяющая оценить изменение скорости ионизации глубоких уровней под действием сильного квазистатического электромагнитного поля в условиях, близких к насыщению. Показано, что зеемановский сдвиг уровней и релятивистское искривление подбальной траектории электрона в магнитном поле лазерной волны приводят к близким по величине поправкам к вероятности ионизации. Эти поправки становятся значительными только при интенсивностях лазерного излучения не менее  $2 \cdot 10^{23}$  Вт/см<sup>2</sup>, достижение которых ожидается на лазерных установках мультитераваттного уровня мощности, включая установку XCELS. Обсуждается принципиальная схема экспериментального наблюдения отклонения скорости ионизации от значений, предсказываемых нерелятивистской теорией.

**23.04-01.316 Диагностика экстремального света.** *Вайс О.Е., Иванов К.А., Цымбалов И.Н., Бузарский Н.Д., Быченко В.Ю., Корнеев Ф.А., Савельев А.Б. Квантовая электроника. 2023. 53, № 4, с. 338-344. Рус.*

Генерация мощных коротких лазерных импульсов ультрарелятивистской интенсивности (свыше  $10^{20}$  Вт/см<sup>2</sup>) с использованием инфраструктуры XCELS и их применение для решения задач лазерно-плазменного взаимодействия и ускорения заряженных частиц, а также задач квантовой электродинами-

ки требуют корректной диагностики параметров лазерного импульса в области взаимодействия при его острой фокусировке. Предлагается подход к измерению ключевых параметров XCELS-пучка, таких как его размер в каустике и пиковая интенсивность лазера. Предлагаемый метод основан на использовании процесса вакуумного ускорения заряженных частиц — электронов и протонов — из фокального объема. При использовании распределения полей лазерного импульса вблизи его фокуса с помощью дифракционных интегралов Стрэттона—Чу и метода пробных частиц характеристики ускоренных электронов и ионов могут быть определены количественно строго (например, энергии ускоренных частиц и углы их вылета). Последнее, позволяет предложить практически доступный экспериментальный метод диагностики излучения в отдельном лазерном выстреле и дизайн XCELS-эксперимента.

**23.04-01.317 Рентгеноспектральная диагностика сверхсильных магнитных полей в ультррелятивистской лазерной плазме.** *Рязанцев С.Н., Пикуз С.А., Корнеев Ф.А.* *Квантовая электроника.* 2023. 53, № 4, с. 345-

350. Рус.

Под действием лазерного излучения ультррелятивистской интенсивности на микроструктурированные мишени может формироваться вещество в экстремальном состоянии — с плотностью, близкой к твердотельной, и сверхсильными магнитными полями. Экспериментальная диагностика таких полей оптическими методами оказывается невозможной в силу высокой плотности и самоизлучения плазмы, поэтому более актуальными становятся рентгеноспектральные методы. В работе рассмотрены особенности методики такой диагностики сверхсильных магнитных полей, основанной на анализе формы профилей спектральных линий, испускаемых многозарядными ионами плазмы. В качестве примера рассмотрены мишени со структурой, сформированной регулярными столбиками вещества микронного размера, облучаемые лазерными импульсами с параметрами, соответствующими импульсам перспективной строящейся установки XCELS.

См. также **23.04-01.8, 23.04-01.9**

## Астрономия

**23.04-01.318 Предисловие [Первая Всероссийская научно-техническая конференция «Современные проблемы определения ориентации и навигации космических аппаратов»].** *Механика, управление и информатика.* 2009, № 1, с. 8. Рус.

Первая Всероссийская научно-техническая конференция «Современные проблемы определения ориентации и навигации космических аппаратов» была организована в 2008 г. силами Института космических исследований Российской академии наук. Стимулом к проведению подобного рода мероприятия явилось желание собрать в одном месте специалистов, задействованных в области разработки и эксплуатации оптико-электронных приборов космического применения, в первую очередь датчиков астроориентации и съемочных систем, работающих в видимом оптическом диапазоне. Важной задачей в представлении организаторов конференции являлось совместное обсуждение насущных проблем представителями заказчиков и разработчиков приборов, что позволяло более четко и грамотно организовать дальнейшее взаимодействие. Обозначенная тематика докладов охватывала вопросы, касающиеся разработки приборов астроориентации и навигации, телевизионных систем проекта «Фобос-Грунт», камер, предназначенных для дистанционного зондирования Земли, а также методов и средств наземной отработки создаваемых приборов. Представленные в настоящем сборнике материалы отражают наиболее важные темы, затронутые в ходе проведения конференции.

**23.04-01.319 Обзор звездных датчиков ориентации космических аппаратов.** *Дятлов С.А., Бессонов Р.В.* *Механика, управление и информатика.* 2009, № 1, с. 11-31. Рус.

Приведены описание и основные технические характеристики звездных датчиков ориентации отечественного и зарубежного производства. Основные характеристики рассматриваемых приборов сведены в таблицы.

**23.04-01.320 Особенности построения и функционирования приборов астроориентации БОКЗ со встроенными датчиками угловой скорости.** *Бессонов Р.В., Дятлов С.А., Куркина А.Н., Красиков В.А., Куделин М.И., Собчук В.Г., Форш А.А.* *Механика, управление и информатика.* 2009, № 1, с. 32-40. Рус.

Представлены результаты, достигнутые ИКИ РАН при создании первого в России интегрированного прибора ориентации КА. На данном этапе развития техники созданный в ИКИ РАН прибор имеет единственный аналог в мире — прибор ISC, разработанный лабораторией Ч. Дрейпера и установленный на КА ВВС США TacSat-2.

**23.04-01.321 Система датчиков гида телескопа Т-170М.** *Аванесов Г.А., Воронцов С.В., Зиман Я.Л., Красиков В.А., Куделин М.И., Форш А.А.* *Механика, управ-*

*ление и информатика.* 2009, № 1, с. 41-55. Рус.

Рассмотрена концепция построения системы датчиков гида, предназначенной для использования в контуре управления космического аппарата «Спектр-УФ» при наведении телескопа Т-170М на объект наблюдения. Обоснован выбор типа и модели ПЗС-матрицы, являющейся фоточувствительным элементом датчика гида. Приведены результаты моделирования перемещения изображений звезд в поле зрения датчика гида, и оценена достижимая точность вычисления координат изображений звезд на ПЗС.

**23.04-01.322 Звездный датчик для целей автономной навигации в дальнем космосе.** *Чубей М.С., Львов В.Н., Ягудин Л.И.* *Механика, управление и информатика.* 2009, № 1, с. 56-65. Рус.

Двухканальный звездный датчик разработан для космических аппаратов, выводимых в дальний космос, с целью выполнения операций автономной навигации относительно направлений на тела Солнечной системы как на этапе вывода КА на рабочую орбиту, так и на рабочей орбите. Проектируемая точность определения угловых направлений на навигационные объекты составляет  $\sigma = \pm 0,01''$ . Датчик разработан для использования в проекте «Межпланетная солнечная стереоскопическая обсерватория», в котором два аппарата выводятся в окрестности круговых лагранжевых центров либрации системы «Солнце—барицентр системы Земля—Луна» L4 и L5, где нет массивных тел и рабочие орбиты формируются в ограниченном объеме пространства.

**23.04-01.323 Звездный датчик для наноспутника.** *Липатов А.Н., Ляш А.Н., Макаров В.С., Антоненко С.А., Загаркин Г.В.* *Механика, управление и информатика.* 2009, № 1, с. 66-77. Рус.

Представлен звездный датчик, предназначенный для использования в системе ориентации малых спутников. Основной отличительной особенностью аппаратуры системы ориентации, используемой для наноспутников, является их миниатюризация. Рассматриваемый датчик имеет чрезвычайно малые габариты, массу и энергопотребление при относительно малой стоимости. Такой датчик обеспечивает точность угловых измерений, достаточную для малых аппаратов научного назначения. Рассматривается возможность установки нескольких малогабаритных, дешевых датчиков на космический аппарат. Совместная работа датчиков снимает много проблем с режимом управления космическим аппаратом, увеличивает точность измерений и надежность работы системы ориентации. В статье представлены результаты исследований по разработке и созданию миниатюрного звездного датчика на базе КМОП-матрицы. Приводятся основные технические характеристики и результаты наземных испытаний. Дается сравнительный анализ с уже существующими датчиками.

**23.04-01.324 Оптический солнечный датчик. Особенности конструкции и испытательного оборудования.** *Аванесов Г.А., Зиман Я.Л., Зарецкая Е.В., Куделин М.И., Никитин А.В., Фортн А.А.* *Механика, управление и информатика.* 2009, № 1, с. 78-89. Рус.

Рассматривается конструкция оптического солнечного датчика, отличительной особенностью которого является наличие кодирующей маски, обеспечивающей определение направления на Солнце с заданной точностью в заданном поле зрения. Кроме базового варианта солнечного датчика, рассматриваются его модификации с двумя и более оптическими головками, позволяющими расширить поле зрения при сохранении высокой точности определения направления на Солнце. Приведена схема стенда для наземных испытаний прибора. Рассматривается перспектива дальнейшей модернизации наземного оборудования с целью создания универсального стенда, объединяющего возможности проведения геометрической калибровки прибора, динамических испытаний и привязки внутренней системы координат прибора к его посадочной плоскости.

**23.04-01.325 Программно-алгоритмическое обеспечение оптического солнечного датчика.** *Дроздова Т.Ю., Катасонов И.Ю., Никитин А.В.* *Механика, управление и информатика.* 2009, № 1, с. 90-103. Рус.

Рассмотрены физико-технические принципы построения солнечного прибора, а также алгоритм и математические основы его программного обеспечения. Дано общее описание системной и прикладной частей программного обеспечения. Системная часть предназначена для экспонирования с заданным временным интервалом, считывания ПЗС-линейки и записи ее в память процессора, а также трансляции полученных результатов в память микросхемы интерфейса мультиплексного канала. С помощью прикладных программ выполняется обработка цифрового изображения, вычисление оптимального времени экспонирования, расчет направления на Солнце, расчет вектора угловой скорости и формирование выходных переменных в память процессора. Рассматриваются вопросы геометрической калибровки прибора и принципы взаимодействия бортовой вычислительной системы с прибором.

**23.04-01.326 Солнечный датчик на ПЗС-матрице без объектива.** *Паиков В.С.* *Механика, управление и информатика.* 2009, № 1, с. 104-123. Рус.

Предлагается вариант солнечного датчика на матрице ПЗС без объектива. Основным элементом схемы является диафрагма в виде матрицы прямоугольных (квадратных) или круглых отверстий, соизмеримых с размером элемента ПЗС-матрицы. Схема выполнена в виде блока, в котором жестко соединены матрица, диафрагма и светофильтры, необходимые для ослабления и спектральной фильтрации сигнала. Благодаря малым размерам отверстий диафрагма формирует матрицу точечных изображений Солнца. Для определения направления на Солнце требуется найти координаты изображений на матрице. Эти координаты вычисляются с помощью семи субоптимальных методов. В статье приводится их сравнительный анализ по точности.

**23.04-01.327 Солнечный датчик на ПЗС-матрице.** *Паиков В.С.* *Механика, управление и информатика.* 2009, № 1, с. 124-130. Рус.

Предлагается вариант солнечного датчика на матрице ПЗС. Было определено, что диаметр изображения должен составлять величину порядка 12–14 элементов, а погрешность определения координат изображения должна быть  $\sigma \leq 0,1$  элемента разложения матрицы. Для решения задачи определения координат изображения Солнца будем использовать его край, который всегда стабилен и представляет собой правильную окружность. Для оценки координат изображений, имеющих форму кольца или диска, применяется подход, базирующийся на построении кривой второго порядка методом наименьших квадратов по точкам, определяющим край изображения, и нахождении координат центра фигуры, образованной этой кривой. Данный метод позволяет достичь требуемой точности.

**23.04-01.328 Солнечный датчик для наноспутников.** *Андреев О.Н., Липатов А.Н., Ляш А.Н., Макаров В.С., Хлюстова Л.И., Антоненко С.А., Захар-*

*кин Г.В.* *Механика, управление и информатика.* 2009, № 1, с. 131-135. Рус.

Последнее время много космических фирм проявляет повышенный интерес к созданию малых космических аппаратов. Такая возможность открывается в связи с развитием новой элементной базы. Поэтому встал вопрос о создании миниатюрных датчиков для систем ориентации малых космических аппаратов. Хотя солнечные датчики используются не для всех космических аппаратов, а только для имеющих солнечную ориентацию, разработка миниатюрных датчиков востребована. В связи с малой массой, габаритами, малым потреблением и достаточной высокой точностью такой датчик может быть применен для больших, средних, малых аппаратов и даже для наноспутников, которым необходима ориентация на Солнце. Данная статья представляет собой результаты работы по созданию миниатюрного солнечного датчика. Приведены конструктивные особенности и сравнительные характеристики с аналогичными датчиками.

**23.04-01.329 Фасеточные датчики солнечной ориентации.** *Глазков В.Д., Котцов В.А.* *Механика, управление и информатика.* 2009, № 1, с. 136-145. Рус.

Изложены основные положения построения фасеточных датчиков солнечной ориентации, каждая грань которых ориентирована в определенном направлении, что позволяет реализовать широкий обзор и получить низкую угловую погрешность измерений по всему полю зрения. Двухкоординатные приборы ориентации на Солнце статического типа, выполненные на основе фасеточных датчиков, могут иметь ультрамалую массу, энергопотребление и объем. Кроме того, нет принципиальных ограничений на пути создания быстродействующих и высоконадежных солнечных датчиков с полусферическим полем зрения и элементами самоконтроля результатов измерений в направлениях наблюдения. Используя ультрафиолетовые фотоэлектрические преобразователи, нечувствительные к видимому и инфракрасному свету Солнца, можно исключить влияние отраженной от Земли радиации на выходные данные, а также реализовать приборы ориентации на Солнце.

**23.04-01.330 Оптический датчик координат для системы автоматической посадки.** *Липатов А.Н., Ляш А.Н., Макаров В.С., Антоненко С.А., Захаркин Г.В.* *Механика, управление и информатика.* 2009, № 1, с. 146-156. Рус.

Представлен оптический датчик координат — устройство, предназначенное для координатных измерений положения объекта относительно неподвижных маркеров, расположенных на посадочной плоскости. Принцип построения такого датчика аналогичен звездным координаторам. Главным отличием от звездных координаторов является то, что в процессе посадки используется активная подсветка топографической мишени. Отраженный от маркеров свет попадает в оптический датчик, где происходит обработка изображения с целью распознавания и выделения знаков на фоне засветки и помех. В приборной системе координат вычисляются координаты центров маркеров. Данные передаются в вычислительное устройство, управляющее процессом посадки. Оптический датчик координат передает также и видеосигнал, предназначенный для визуального отображения на мониторе процесса посадки. Особенностью оптического датчика координат является то, что он предназначен для работы в водной среде.

**23.04-01.331 Методы высокоточной навигации и ориентации, их летная отработка и применение в терминальных инерциально-спутниковых системах управления средствами выведения и спуска с орбит.** *Дишель В.Д.* *Механика, управление и информатика.* 2009, № 1, с. 157-190. Рус.

Дается описание информационно-страховочной технологии интеграции инерциальной и спутниковой навигационных систем. Показаны преимущества модификации фильтра Калмана со скалярной поочередной обработкой компонент вектора измерений. В сочетании с предложенной и аналитически обоснованной вычислительной схемой алгоритма фильтр обеспечивает существенное повышение точности оценок при обработке измерений с нелинейными зависимостями от оцениваемого вектора

ра, особенно при значительных априорных отклонениях навигационной траектории от фактической. Летные испытания интегрированной инерциально-спутниковой системы навигации и ориентации разгонного блока с предложенными методами обработки подтвердили высокий уровень точности навигации. Была также подтверждена возможность уточнений не только координат и компонент скорости, но и наиболее значимых погрешностей инерциальной системы.

**23.04-01.332** **Магнитные системы ориентации и методы определения ориентации наноспутников серии ТНС-0.** *Карпенко С.О., Куприянова Н.В., Овчинников М.Ю., Ролдугин Д.С., Селиванов А.С. Механика, управление и информатика.* 2009, № 1, с. 191-209. Рус.

Первый российский наноспутник ТНС-0 №1 разработан и изготовлен ФГУП «Российский научно-исследовательский институт космического приборостроения». Аппарат выведен на орбиту с борта Международной космической станции 28 марта 2005 г. Спутник оснащен пассивной магнитной системой ориентации, разработанной Институтом прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН. Продольная ось аппарата ориентируется вдоль местного вектора индукции геомагнитного поля. Система ориентации состоит из постоянного магнита и двух наборов гистерезисных стержней. При выборе параметров системы необходимо учитывать влияние поля постоянного магнита на гистерезисные стержни и взаимное влияние гистерезисных стержней. Для определения ориентации спутника ТНС-0 № 1 использовались показания солнечных датчиков-фотодиодов. При интерпретации показаний солнечных датчиков учитывалось влияние альbedo Земли. Комплекс программ адаптировался к каждому сеансу измерений в зависимости от принятой модели и количества определяемых параметров. В настоящее время для наноспутников серии ТНС-0 разрабатываются также и активные системы ориентации.

**23.04-01.333** **Рентгеновские пульсары — маяки автономной системы навигации космических аппаратов.** *Арефьев В.А., Павлинский М.Н., Федотов С.Н., Луттовиков А.А., Семенин Н.П., Левин В.В. Механика, управление и информатика.* 2009, № 1, с. 210-218. Рус.

Рассматривается возможность построения автономной навигационной системы космических аппаратов для орбит любых типов, как околоземных, так и межпланетных, в пределах Солнечной системы. Навигационная система построена на новом физическом принципе: регистрации и анализе рентгеновских сигналов от космических источников — рентгеновских пульсаров (нейтронных звезд с сильным магнитным полем). Рентгеновские пульсары являются природными «трансляторами», аналогичными системам GPS/ ГЛОНАСС, — генерируя стабильные «сигналы точного времени» и, в силу своей удаленности, обеспечивая стационарную пространственную привязку.

**23.04-01.334** **Измерения предельно малых ускорений на космических аппаратах.** *Линкин В.М., Манушкин А.Б., Андреев О.Н., Горшков А.Н. Механика, управление и информатика.* 2009, № 1, с. 219-231. Рус.

Перечислены задачи, в которых необходимо использование акселерометров с предельно высокой чувствительностью: измерение слабых негравитационных воздействий на космических аппаратах (КА); давление солнечного электромагнитного излучения, корпускулярных потоков, воздействие пылевых образований и т. п. Кратко рассмотрены задачи, которые могут быть решены с помощью гравитационных градиентометров, построенных по схеме, разнесенной в пространстве системы высокочувствительных акселерометров (измерение медленных угловых движений КА, дистанционное определение массы космических объектов). Приведены физические оценки предельной чувствительности акселерометров, определяемой собственными равновесными тепловыми флуктуациями, показывающие возможность создания прецизионных акселерометров с чувствительностью 10–12 м/с<sup>2</sup> и выше.

**23.04-01.335** **Влияние «смаза» изображения на точность оценки его координат.** *Пашков В.С. Механика, управление и информатика.* 2009, № 1, с. 225-230. Рус.

Рассмотрено влияние «смаза» на точность оценки координат изображений и предлагается метод обработки, устраняю-

щий это влияние. Метод базируется на том, что должны быть известны функция рассеяния точки объектива, характеристики ПЗС-матрицы, скорость и направление движения оптической оси датчика относительно поля звезд. Начальное положение изображения точечного объекта известно приближенно по некоторым априорным данным. В работе предлагается процедура, состоящая из формирования эталонного трека, возврат порций «размазанного» реального сигнала в исходное (начальное) положение, определения (вычисления) координат полученного изображения. Моделирование показало, что максимальная погрешность оценки координат изображена.

**23.04-01.336** **Особенности применения термопреобразователей сопротивления в системах ориентации и энергообеспечения космических аппаратов.** *Костенко В.И., Добряня М.Б., Наганов А.В., Захарчук О.Т. Механика, управление и информатика.* 2009, № 1, с. 231-236. Рус.

Рассматриваются возможности применения термопреобразователей сопротивления серии ТСМФ-Д как в системах измерения температур, так и в системах определения ориентации и энергообеспечения на примере двух экспериментальных образцов микроспутников: в одном — для определения направления на Солнце и Землю, с использованием температурных данных с термочувствительных блоков, установленных на космическом аппарате с известной ориентацией относительно строительных осей КА «МОНИТОР-Э», 2005 г., (система защищена Патентом №2126137,1999), а в другом — в экспериментальной системе энергообеспечения на микроспутнике «Университетский—Татьяна», 2005 г. Термометр сопротивления серии ТСМФ-Д изготавливается из остекленного высокоомного микропровода и предназначен для измерения температуры газообразной среды, твердых тел и криогенных жидкостей в диапазоне температур 4,2–473 К с точностью 0,1–0,5 К.

**23.04-01.337** **Задачи, решаемые телевизионной системой навигации и наблюдения в проекте "Фобос-Грунт".** *Аванесов Г.А., Жуков Б.С., Краснопеццева Е.Б. Механика, управление и информатика.* 2009, № 1, с. 239-250. Рус.

Телевизионная система навигации и наблюдения (ТСНН) на КА «Фобос-Грунт», состоящая из двух узкоугольных и двух широкоугольных камер, разработана для решения как научных, так и навигационных задач миссии. Полученные изображения высокого разрешения дадут новую информацию о структуре кратеров и борозд на поверхности Фобоса, характеристиках реголита, распределении масс внутри Фобоса, а также о пылевых кольцах Марса. Навигационные съемки Фобоса позволят уточнить параметры орбит КА и Фобоса перед каждым маневром КА. Во время наиболее ответственного этапа миссии — посадки на Фобос ТСНН будет осуществлять автономный выбор места посадки и поддерживать штатные системы резервными измерениями высоты и скорости.

**23.04-01.338** **Формирование модельных стереоизображений Фобоса и их фотограмметрическая обработка в задачах припланетной навигации.** *Кондратьева Т.В., Никитин А.В. Механика, управление и информатика.* 2009, № 1, с. 251-267. Рус.

Рассмотрены вопросы визуализации и построения цифровой модели поверхности (рельефа) Фобоса (ЦМР). Приведены особенности построения модельных снимков. Предложен алгоритм обработки стереопары, сформированной для широкоугольной камеры ТСНН, с целью восстановления ЦМР по результатам съемки поверхности Фобоса. Проверка работоспособности алгоритма проведена на модельных изображениях, при этом точность решения задачи составила 9 м по высоте и в плане. Предложены рекомендации для конвергентной съемки поверхности Фобоса узкоугольной камерой с целью получения точности определения координат в плане и по высоте на уровне 0,5 м с квазисинхронной орбиты.

**23.04-01.339** **История и перспективы использования систем технического зрения для управления процессом посадки на планеты и малые тела Солнечной системы.** *Белинская Е.В. Механика, управление и информатика.* 2009, № 1, с. 268-278. Рус.

Рассматриваются и анализируются примеры использования систем технического зрения в составе автоматических систем управления, обеспечивающих посадку на поверхность планет и малых тел Солнечной системы. Изначально системы технического зрения такого назначения были разработаны для лунных миссий, однако в настоящее время с их помощью осуществлены посадки как на поверхность Марса, так и на поверхность астероидов. За последнее десятилетие системы технического зрения зарекомендовали себя как надежные и недорогие датчики навигационной информации. Развитие и использование систем технического зрения обеспечит существенное повышение безопасности автоматической посадки, а, следовательно, успешности выполнения миссии по исследованию малоизученных или не изученных в настоящее время объектов Солнечной системы.

**23.04-01.340** Алгоритмы измерения высоты и компонент скорости по телевизионным изображениям при посадке на Фобос. *Гришин В.А. Механика, управление и информатика. 2009, № 1, с. 279-293. Рус.*

Рассматриваются бортовые алгоритмы измерения высоты и компонент скорости в процессе посадки на Фобос. Высота измеряется по стереопарам. Для этого используются две узкоугольные и две широкоугольные камеры. Для измерения компонент скорости производится слежение за выделенными особенностями на парах кадров в монокулярном режиме. Алгоритмы работают в режиме реального времени в условиях жестких ограничений на вычислительную мощность процессоров. При разработке алгоритмов значительное внимание уделялось вопросам снижения вычислительной сложности и повышению надежности измерений в этих условиях.

**23.04-01.341** Бортовое программно-алгоритмическое обеспечение информационной поддержки посадки на Фобос. *Жуков В.С., Жуков С.В., Гришин В.А., Гордеев Р.В. Механика, управление и информатика. 2009, № 1, с. 294-303. Рус.*

Разработано программно-алгоритмическое обеспечение (ПАО) телевизионной системы навигации и наблюдения (ТСНН), которое при посадке космического аппарата (КА) на поверхность Фобоса позволяет измерять высоту и скорость КА, а также осуществлять автономный выбор места посадки. Цикл съемки, обработки информации и передачи результатов в бортовой компьютер занимает 6 с. ПАО отлажено с использованием стереоизображений шероховатых поверхностей со структурой, характерной для поверхности Фобоса.

**23.04-01.342** Моделирование детальных изображений поверхности Фобоса для отработки задач информационной поддержки посадки на Фобос. *Жуков В.С., Дунаев В.С., Жуков С.В. Механика, управление и информатика. 2009, № 1, с. 304-313. Рус.*

Разработан стенд для моделирования изображений поверхности Фобоса с высоким разрешением, которые будут получаться с помощью телевизионной системы навигации и наведения (ТСНН) в процессе посадки КА «Фобос-Грунт» на поверхность Фобоса. Стенд позволяет проводить стереосъемку шероховатых поверхностей, сходных по структуре с поверхностью Фобоса, с высот от 1 до 65 см со стереобазой от 0,1 мм до 10 см. Путем комбинирования высоты съемки и стереобазы возможно получение последовательности снимков со стереопараллаксом, соответствующим условиям съемки Фобоса как узкоугольной, так и широкоугольными камерами ТСНН при снижении КА от высоты 10 км до 10 м. Полученные серии стереоизображений используются для отработки бортового программно-алгоритмического обеспечения ТСНН в режиме «Посадка».

**23.04-01.343** Телевизионные системы манипуляторного комплекса проекта "Фобос-Грунт". *Бондаренко А.В., Докучаев И.В., Кораблев О.И., Киселев А.Б., Козлов О.Е., Котцов В.А., Бибринг Ж.П., Фурмонд Ж.Ж. Механика, управление и информатика. 2009, № 1, с. 314-323. Рус.*

Одной из основных задач проекта «Фобос-Грунт» является забор и возврат грунта. Для реализации этой задачи перелетный модуль (ПМ) планируется оснастить манипулятором с целым набором специальных инструментов. Однако для анализа морфологических особенностей поверхности, выбора мест

взятия грунта, оценки представительности образца и других подобных целей необходимо применение систем технического зрения. Планируется, что манипуляторный комплекс проекта «Фобос-Грунт» должен быть оснащен телевизионными системами для решения задач разного уровня. Таких систем предполагается три: 1) камера, закрепленная на подвижной части манипулятора, которая позволяет получить и передать панораму места посадки и старта возвращаемого модуля; 2) стереокамера, жестко закрепленная на борту ПМ, которая позволяет наблюдать пространственную структуру поверхности и определять координаты положения интересующих образцов; 3) микроскоп-камера-спектрометр, также прикрепленный к основанию манипулятора, который позволяет наблюдать компонентный состав частиц, составляющих образец грунта, и их спектральные характеристики отражения для пяти спектральных зон излучения. Управление всеми телевизионными системами осуществляется через один общий блок электроники. Он содержит ВИП, средства управления, накопления, хранения и передачи видеoinформации.

**23.04-01.344** Микроскоп-спектрометр проекта "Фобос-Грунт". *Кораблев О.И., Бондаренко А.В., Иванов А.Ю., Козлов О.Е., Котцов В.А., Ульянов А.Б., Бибринг Ж.П., Фурмонд Ж.Ж. Механика, управление и информатика. 2009, № 1, с. 324-238. Рус.*

Одной из основных задач проекта «Фобос-Грунт» является изучение грунта в месте посадки спускаемого аппарата (СА). Для реализации этой задачи СА планируется оснастить манипулятором с целым набором специальных инструментов. Одним из таких инструментов является микроскоп-спектрометр. Для расширения функциональных возможностей камера оснащена набором светодиодов с разной длиной волны излучения, что преобразует ее в спектрометр. Манипулятор помещает образец грунта на предметное стекло перед объективом микроскопа и наблюдения производят при последовательном включении диодов с разной длиной волны. Это позволяет наблюдать компонентный состав частиц, составляющих образец грунта, и их спектральные характеристики отражения для пяти спектральных зон излучения.

**23.04-01.345** Компьютерный анализ телевизионных изображений поверхности Фобоса. *Болдачева Л.А., Зайко Ю.К., Никитушкин Р.А., Новалов А.А. Механика, управление и информатика. 2009, № 1, с. 329-341. Рус.*

Разработаны эффективные алгоритмы обработки видеозображений с целью выделения границ фрагментов, определения координат центров и расстояний до центра оптической системы видеокamer. Создан пакет прикладных программ, выполняющих обработку видеозображений в моно- и стереорежимах. Разработан также алгоритм определения расстояния от центра объектива видеокamer до выбранного фрагмента по одному видеокadру.

**23.04-01.346** Ориентация пылевого прибора DIAMOND миссии "Фобос-Грунт" во время перелета космического аппарата по маршруту Земля—Марс и на марсианских орбитах, доступных для измерений. *Дольников Г.Г., Захаров А.В. Механика, управление и информатика. 2009, № 1, с. 342-349. Рус.*

**23.04-01.347** Система информационного обеспечения комплекса научной аппаратуры для проекта "Фобос-Грунт". *Дроздова Т.Ю., Катасонов И.Ю., Куделин М.И. Механика, управление и информатика. 2009, № 1, с. 350-362. Рус.*

Приведены описание и технические характеристики системы информационного обеспечения комплекса научной аппаратуры для задач проекта «Фобос-Грунт», представлены объем и результаты испытаний ее штатных образцов.

**23.04-01.348** Контроль и измерение точностных параметров оптико-механических сканирующих устройств систем дистанционного зондирования Земли. *Моисеев П.П. Механика, управление и информатика. 2009, № 1, с. 365-371. Рус.*

Рассматриваются методы контроля точностных параметров развертки однокоординатных и двухкоординатных оптико-

механических сканирующих устройств. Показан комплекс оборудования, представлены результаты контроля и измерения.

**23.04-01.349 Имитаторы звездного неба для наземной отработки датчиков звездной ориентации.** *Аванесов Г.А., Воронков С.В., Дунаев Б.С., Красиков В.А., Шамис В.А., Форш А.А. Механика, управление и информатика.* 2009, № 1, с. 372-386. Рус.

Рассмотрены статические имитаторы звезд, предназначенные для проверки работоспособности оптико-электронных трактов датчиков звездной ориентации. Описан принцип работы стенда динамических испытаний, используемого для осуществления проверок функционирования звездных датчиков и отладки их программного обеспечения.

**23.04-01.350 Оценка точности звездного прибора БОКЗ-М по результатам наземных и летных испытаний.** *Аванесов Г.А., Красиков В.А., Никитин А.В. Механика, управление и информатика.* 2009, № 1, с. 387-408. Рус.

Проанализированы факторы, влияющие на точность определения угловых параметров ориентации осей внутренней системы координат (ВСК) прибора относительно осей инерциальной системы координат (ИСК). Приведены результаты оценки величины суммарной среднеквадратической ошибки определения угловых параметров ориентации по результатам обработки одиночных изображений участка звездного неба. Оценивался вклад в общий бюджет ошибки обобщенной фотограмметрической дисторсии и «методической» ошибки. Проанализированы оценки точностных характеристик приборов БОКЗ по результатам наземных натуральных и летных испытаний. Для обеспечения равной точности определения параметров трехосной ориентации по всем осям предложен алгоритм обработки данных синхронно работающих приборов на борту КА. Приведен алгоритм апостериорной оценки точности при обработке натуральных и стендовых измерений звездного координатора БОКЗ-М.

**23.04-01.351 Методика и результаты отработки программно-алгоритмического обеспечения оптических солнечных датчиков.** *Дроздова Т.Ю., Никитин А.В. Механика, управление и информатика.* 2009, № 1, с. 409-420. Рус.

Сформулированы задачи наземной отработки приборов ОСД. Приведен краткий состав технических средств для наземной отработки приборов. Представлены результаты отработки штатных приборов, в том числе, измерены ошибки определения направления на источник света как в лабораторных условиях, так и при натуральных испытаниях, определены реальные поля зрения штатных приборов, исследовано влияние движения космического аппарата на точность измерений прибора ОСД.

**23.04-01.352 Исследование смещения энергетического центра изображений звезд относительно геометрического центра на ПЗС-матрице и коррекция методической ошибки.** *Аванесов Г.А., Кондратьева Т.В., Никитин А.В. Механика, управление и информатика.* 2009, № 1, с. 421-446. Рус.

Исследовано влияние методической ошибки (микродисторсии) на точность работы звездного координатора — определение астроориентации. С помощью компьютерного моделирования и экспериментов выявлен двумерный синусоидальный характер изменения величины методической ошибки, которая зависит от положения изображения звезды относительно rasterной структуры ПЗС-матрицы прибора. Коррекция методической ошибки проведена путем компенсации синусоидальной функции, описывающей закон ее изменения, а также аппроксимацией изображения звезды на ПЗС-матрице двумерной функцией Гаусса. Выигрыш от коррекции методической ошибки в экспериментах составил около 1 угл. с.; при компьютерном моделировании — более 3 угл. с., что указывает на предельно достижимую точность.

**23.04-01.353 Результаты испытаний ПЗС-матриц российского и зарубежного производства на источниках заряженных частиц.** *Аванесов Г.А., Акимов В.В., Воронков С.В. Механика, управление и информатика.* 2009, № 1, с. 447-457. Рус.

Приведены результаты облучения ПЗС-матриц российского

и зарубежного производства протонами с энергиями 155 МэВ. Показано, что при протонном воздействии на ПЗС-матрицах образуются устойчивые дефекты изображения. Установлено наличие зависимости количества дефектов на ПЗС от ее температуры, и обоснована необходимость охлаждения ПЗС-матриц в звездных датчиках для повышения их помехозащищенности при воздействии протонов.

**23.04-01.354 Испытания ПЗС-линеек на источниках гамма-излучения СО60 различной интенсивности.** *Воронков С.В., Дроздова Т.Ю. Механика, управление и информатика.* 2009, № 1, с. 458-470. Рус.

Приведены результаты исследования влияния гамма-излучения различной интенсивности на работоспособность ПЗС-линеек и оценку их стойкости.

**23.04-01.355 Испытания оптического солнечного датчика на протонном ускорителе.** *Воронков С.В., Дроздова Т.Ю. Механика, управление и информатика.* 2009, № 1, с. 471-478. Рус.

Представлен сравнительный анализ математического моделирования протонного воздействия на работу оптического солнечного датчика и результатов испытаний ОСД на протонном ускорителе.

**23.04-01.356 О проведенных в ИКИ аэрокосмических исследованиях Земли (исторический экскурс).** *Зиман Я.Л. Механика, управление и информатика.* 2009, № 1, с. 481-488. Рус.

Кратко представлена история развития аэрокосмических исследований Земли в Институте космических исследований с 1971 г. по настоящее время.

**23.04-01.357 Комплекс средств для координатно-временного обеспечения космического аппарата "Метеор-М" № 1.** *Аванесов Г.А., Зиман Ян.Л., Форш А.А., Дятлов С.А., Бессонов Р.В., Куркина А.Н., Василейский А.С. Механика, управление и информатика.* 2009, № 1, с. 489-494. Рус.

Приведены описание и основные технические характеристики комплекса координатно-временного обеспечения, предназначенного для использования в составе экспериментальной системы ориентации спутника метеорологического назначения «Метеор-М» № 1.

**23.04-01.358 Формирование и передача пакетов информации по высокоскоростному каналу связи.** *Кузьмичев А.М., Рахимьянов А.С. Механика, управление и информатика.* 2009, № 1, с. 495-502. Рус.

Рассматриваются принципы формирования и передачи видеoinформационных пакетов по высокоскоростному каналу. Сжатая видеoinформация попадает в модуль формирования пакетов, реализованный в ПЛИС СпК. Коммутация видеoinформации осуществляется схемой управления очередностью считывания из 13 двухкилобайтных FIFO, которая проводит опрос FIFO на наличие хотя бы в одном из них целого пакета. Из заполненных FIFO происходит последовательное считывание информационных пакетов в общую 8-разрядную шину данных и их дальнейшая запись в четыре двухкилобайтных FIFO, где происходит преобразование 8-разрядной шины в 36-разрядную. При заполнении FIFO четырьмя пакетами генерируется сигнал готовности к считыванию и поступает из ПЛИС в микросхему передатчика в линию. Микросхема передатчика в линию выдает сигнал разрешения SE и тактирующие импульсы частотой 33 МГц, по которым производится считывание пакетов ВИ из FIFO в микросхему передатчика в линию по 36-разрядной шине данных.

**23.04-01.359 Прецизионные оптико-механические сканирующие устройства системы дистанционного зондирования МСУ-ГС.** *Розжавский Э.И., Моисеев П.П. Механика, управление и информатика.* 2009, № 1, с. 503-509. Рус.

Рассматриваются однокоординатное и двухкоординатное сканирующие устройства для развертки изображения многозональной сканирующей системы, работающей на геостационарной орбите Земли. Показан состав сканирующих устройств, представлены результаты измерения их закона сканирования.

**23.04-01.360** Корреляционные портреты гиперспектральных данных дистанционного зондирования. *Балтер В.М., Егоров В.В., Котцов В.А., Стальная М.В.* *Механика, управление и информатика.* 2009, № 1, с. 510-518. Рус.

Описывается метод анализа пространственной изменчивости объектов зондируемой поверхности по данным гиперспектральной съемки. Метод базируется на использовании корреляционных портретов — матриц межканальных корреляций значений спектральной яркости. Дается алгоритм построения карт изменчивости исследуемой территории, который состоит в вычислении корреляционного портрета участка поверхности с известной изменчивостью, выбираемого в качестве эталона с последующим отысканием участков-аналогов на изображении тестовой территории. Приводятся примеры использования таких карт для обнаружения очагов лесных пожаров и изучения геологической структуры территории.

**23.04-01.361** Синтез видеоданных многозональных съемочных систем различного пространственного разрешения. *Жуков Б.С.* *Механика, управление и информатика.* 2009, № 1, с. 519-529. Рус.

Метод синтеза видеоданных различного пространственного разрешения (ММТ) иллюстрируется на примере синтеза изображений гарей, полученных спектрорадиометром MODIS на ИСЗ Тегга в каналах видимого и ближнего ИК-диапазонов с разрешением 250 м, в каналах коротковолнового ИК-диапазона с разрешением 500 м и в каналах среднего и теплового ИК-диапазонов с разрешением 1 км. В результате синтеза гари картированы с разрешением 250 м, и для них получены полные спектры, охватывающие все каналы MODIS, что позволяет надежно распознать гари и оценить степень повреждения растительности.

**23.04-01.362** Предварительная обработка видеоданных комплекса многозональной спутниковой съемки с космического аппарата "Метеор-М". *Жуков Б.С., Зиман Я.Л., Полянский И.В., Жуков С.Б., Бекренев О.В., Пермитина Л.И.* *Механика, управление и информатика.* 2009, № 1, с. 530-540. Рус.

Комплекс многозональной спутниковой съемки (КМСС) на КА «Метеор-М» № 1 позволит получать видеоданные в полосе захвата шириной более 900 км с разрешением 60 м в трех спектральных зонах, оптимизированных для исследований суши, и с разрешением 120 м в трех зонах, оптимизированных для исследований акваторий. Предварительная обработка видеоданных КМСС до уровня L1B включает их декоммутацию, радиометрическую коррекцию, временную и географическую привязку и межканальное геометрическое совмещение. При этом используются результаты наземной радиометрической и геометрической калибровки КМСС, которые будут проверяться и при необходимости уточняться в полете.

**23.04-01.363** Аппаратно-программные средства обработки приборов комплекса многозональной спутниковой съемки. *Коломеец Е.В.* *Механика, управление и информатика.* 2009, № 1, с. 541-548. Рус.

Представлены результаты разработки аппаратно-программного комплекса (АПК) для наземной обработки приборов КМСС. Приведена структурная схема АПК и его составных частей. Рассмотрен принцип работы имитаторов видеосигнала. Перечислены основные возможности программно-алгоритмического обеспечения для обработки аппаратных интерфейсов КМСС.

**23.04-01.364** Радиометрическая градуировка комплекса многозональной спутниковой съемки. *Вавеев В.А., Вавеев М.В., Полянский И.В.* *Механика, управление и информатика.* 2009, № 1, с. 549-561. Рус.

Рассмотрены измерительные свойства многоспектральных съемочных устройств МСУ-100 и МСУ-50, входящих в комплекс многозональной спутниковой съемки (КМСС). Описана технологическая последовательность радиометрической градуировки спектральной чувствительности каналов МСУ по эталону спектральной плотности энергетической яркости. Приведены результаты радиометрической градуировки штатных об-

разцов и оценена их точность.

**23.04-01.365** Относительная радиометрическая калибровка комплекса многозональной спутниковой съемки (КМСС). *Василейский А.С., Жуков Б.С., Жуков С.Б., Куркина А.Н., Полянский И.В.* *Механика, управление и информатика.* 2009, № 1, с. 562-574. Рус.

Относительная радиометрическая калибровка комплекса многозональной спутниковой съемки (КМСС), который будет установлен на КА «Метеор-М» № 1, проводилась путем регистрации темнового сигнала и методом съемки интегрирующей сферы при различных временах экспозиции. По полученным результатам для каждого элемента ПЗС в каждом канале определялись: среднеквадратическая величина шума, диапазон линейности, темновой сигнал и относительный коэффициент чувствительности, который далее использовался для расчета абсолютного коэффициента чувствительности по результатам градуировки центральной группы элементов. Исследована зависимость этих параметров от температуры и коэффициента усиления сигнала. Результаты калибровки КМСС сохранялись в файлах радиометрической калибровки, которые будут использоваться для радиометрической коррекции видеоданных спутниковых съемок.

**23.04-01.366** Воспоминания о создании и работе в ИКИ самолетной лаборатории моделирования исследований Земли из космоса (из предистории оптико-физического отдела). *Зиман Я.Л.* *Механика, управление и информатика.* 2009, № 1, с. 575-579. Рус.

Описана история создания лаборатории для моделирования исследований Земли из космоса на самолетах Ил-14 и Ан-30.

**23.04-01.367** Предисловие [к рабочему совещанию "Первые этапы летных испытаний и выполнение программы научных исследований по проекту «КОРОНАС-ФОТОН»"]. *Механика, управление и информатика.* 2010, № 3, с. 5-7. Рус.

Российская программа исследования физики Солнца и солнечноземных связей КОРОНАС (Комплексные Орбитальные Околосолнечные Наблюдения Активности Солнца) предусматривала запуск на околоземную орбиту трёх космических аппаратов (КА). Космические аппараты «КОРОНАС-И» и «КОРОНАС-Ф», созданные на базе автоматической орбитальной станции (АУОС-СМ) разработки КБ «Южное» (г. Днепрпетровск, Украина), были запущены 2 марта 1994 г. и 31 июня 2001 г. Космический аппарат «КОРОНАС-ФОТОН» с комплексом научной аппаратуры (КНА) «ФОТОН», созданный на базе КА «Метеор-3М» разработки ФГУП «Научно-исследовательский институт электро-механики» (НИИЭМ) (с 11.2009 г. — Открытое акционерное общество «Научно-исследовательский институт электромеханики» (ОАО «НИИЭМ»)), г. Истра, Московская обл., Россия, был выведен на околоземную орбиту ракетой-носителем «Циклон-3М» с космодрома Плесецк 30 января 2009 г.

**23.04-01.368** Некоторые особенности создания космического аппарата "КОРОНАС-ФОТОН". *Аликин Ю.И., Гассиева М.П., Гуткин А.Р., Кравец В.Г., Салихов Р.С.* *Механика, управление и информатика.* 2010, № 3, с. 8-26. Рус.

Рассмотрены особенности компоновки и конструкции космического аппарата (КА) «КОРОНАС-ФОТОН», а также его некоторых служебных систем — системы ориентации и стабилизации (СОС) и системы обеспечения теплового режима (СОТР), — подвергшихся наиболее существенным изменениям в сравнении с метеорологических КА, на базе которых создавался КА «КОРОНАС-ФОТОН». Кроме того, рассмотрены: методы наземной экспериментальной обработки СОТР и сравнения их результатов с данными летных испытаний; сохранения положительной температуры КА в процессе транспортирования с завода-изготовителя до старта в зимних условиях. Ключевые слова: КА — космический аппарат, компоновка и конструкция, система ориентации и стабилизации КА (СОС), система обеспечения теплового режима (СОТР), наземные испытания, результаты летных испытаний.

**23.04-01.369** Комплекс управления и передачи

данных научной аппаратуры спутникового проекта «КОРОНАС-ФОТОН». *Аликин Ю.И., Ануфрейчик К.В., Гляненко А.С., Ожматовский Г.В., Чулков И.В., Юров В.Н. Механика, управление и информатика. 2010, № 3, с. 27-40. Рус.*

Рассмотрена структура созданного и успешно эксплуатируемого бортового комплекса управления и передачи данных научной аппаратуры спутникового проекта «КОРОНАС-ФОТОН». Интеграция в единую структуру возможностей специализированных систем для обслуживания научной аппаратуры и стандартных спутниковых систем позволило реализовать гибкую и мощную систему обслуживания космических экспериментов. Первые месяцы работы комплекса научной аппаратуры на спутнике «КОРОНАС-ФОТОН» подтвердили правильность заложенных технических решений. Ключевые слова: КОРОНАС-ФОТОН, спутниковый проект, сбор данных, управление, научные приборы, информация, команды, служебные параметры, бортовой комплекс, информационный обмен.

**23.04-01.370 Наземный комплекс приема, обработки и распространения информации в космическом эксперименте "КОРОНАС-ФОТОН".** *Буслов А.С., Котов Ю.Д., Юров В.Н., Бессонов М.В., Калмыков П.А., Орешников Е.М., Алимов А.М., Туманов А.В., Жучкова Е.А. Механика, управление и информатика. 2010, № 3, с. 41-54. Рус.*

Рассматриваются особенности организационных и технических решений, принятых при создании наземного комплекса приема, обработки и распространения информации КА «КОРОНАС-ФОТОН», а также представляются основные результаты работы комплекса в ходе летных испытаний космического аппарата. Ключевые слова: «КОРОНАС-ФОТОН», приемные станции, центр управления полетом, обработка информации.

**23.04-01.371 Спектрометр высокоэнергичных излучений "НАТАЛЬЯ-2М".** полетная калибровка, настройка и первые научные данные. *Е. Архангельский А.И., Бессонов М.В., Буслов А.С., Власик К.Ф., Гляненко А.С., Котов Ю.Д., Лупарь Е.Э., Рубцов И.В., Самойленко В.Т., Юров В.Н., Кадылин В.В. Механика, управление и информатика. 2010, № 3, с. 55-82. Рус.*

Дается краткое описание устройства и наблюдательных возможностей спектрометра высокоэнергичных излучений «НАТАЛЬЯ-2М». «НАТАЛЬЯ-2М» — часть комплекса научной аппаратуры «ФОТОН» спутника «КОРОНАС-ФОТОН». Спектрометр имеет широкий диапазон регистрации гамма-излучения 0,3–2000 МэВ и построен на базе монокристаллов CsI(Tl) с полной площадью 32×38 см и толщиной 18 см. Также прибор предназначен для наблюдения нейтронов солнечного происхождения с энергиями 20–300 МэВ. Приводятся результаты полетной настройки и калибровки прибора, а также временные профили фоновых скоростей счета и спектры для всех энергетических диапазонов спектрометра, примеры регистрации прибором событий типа «гамма-всплеск». Космический аппарат (КА) «КОРОНАС-ФОТОН» с научным оборудованием, предназначенным главным образом для комплексных наблюдений Солнца, был запущен с космодрома Плесецк 30 января 2009 г. на низкую круговую околоземную орбиту (высота приблизительно 550 км, наклонение 82,5°). Ключевые слова: «КОРОНАС-ФОТОН», исследования Солнца, «НАТАЛЬЯ-2М», гамма-спектрометр, полетная калибровка, спектры гамма-излучения, временные профили, гамма-всплески.

**23.04-01.372 Прибор "ПИНГВИН-М предназначенный для исследования поляризации жёсткого рентгеновского излучения солнца в космическом проекте "КОРОНАС-ФОТОН".** *Дергачев В.А., Матвеев Г.А., Круглов Е.М., Лазутков В.П., Савченко М.И., Скородумов Д.В., Пятигорский А.Г., Пятигорский Г.А., Чичикалок Ю.А., Шишов И.И., Хмылко В.В., Васильев Г.И., Драневич В.А., Крутьков С.Ю., Степанов С.В., Котов Ю.Д., Юров В.Н., Гляненко А.С., Архангельский А.И., Горелый Ю.А. Механика, управление и информатика. 2010, № 3, с. 83-106. Рус.*

Приведены основные характеристики и описаны принципы

работы научной аппаратуры «ПИНГВИН-М», предназначенной для измерения степени линейной поляризации рентгеновского излучения солнечных вспышек в энергетическом диапазоне 20–150 кэВ и энергетических спектров рентгеновского излучения солнечных вспышек в диапазоне энергий 2–500 кэВ. Измерение степени поляризации основано на регистрации совпадения импульсов в активном рассеивателе и в детекторах рассеянного излучения. Прибор имеет модульную структуру и состоит из двух блоков: блока детекторов «ПИНГВИН-МД» (ПМД) и блока электроники «ПИНГВИН-МЭ» (ПМЭ). Ключевые слова: солнечные вспышки, рентгеновское излучение, поляризация, космический эксперимент, детектор-рассеиватель, сцинтиллятор, пропорциональный счетчик, «фосвич», спектр, партерфенил, научная аппаратура, активная защита, активный рассеиватель, «ПИНГВИН-М», «КОРОНАС-ФОТОН».

**23.04-01.373 Информационные и технические возможности комплекса инструментов ТЕСИС/"КОРОНАС-ФОТОН" по исследованию Солнца в условиях минимума и максимума солнечной активности.** *Кузин С.В., Богачев С.А., Шестов С.В., Бугаенко О.И., Житник И.А., Иванов Ю.С., Игнатьев А.П., Митрофанов А.В., Опарин С.Н., Перцов А.А., Слемзин В.А., Суходрев Н.К., Зыков М.С., Рева А.А., Ульянов А.С. Механика, управление и информатика. 2010, № 3, с. 107-118. Рус.*

В состав инструмента ТЕСИС (Телескопы EUV-диапазона для Спектральных Исследований Солнца) ФИАН на борту спутника «КОРОНАС-ФОТОН» входят несколько изображающих телескопов и спектрогелиографов. Их нормальная работоспособность требует соответствующей информационной и технической поддержки. С точки зрения информационного обеспечения проводящегося эксперимента необходимо не только передавать с борта спутника на Землю максимальные объемы информации, но и своевременно ее получать, а также иметь достаточный объем команд управления прибором с Земли. Для регистрации изображений с высоким пространственным разрешением необходимо выдерживать расчетный тепловой режим аппаратуры и высокую точность направления оси аппаратуры на центр Солнца и степень стабилизации космического аппарата. Эти аспекты проведения эксперимента представлены в настоящей работе. Ключевые слова: Солнце, корона, переходный слой, вспышки, солнечная активность, космические исследования Солнца.

**23.04-01.374 Первые результаты эксперимента Фокка по регистрации солнечного жесткого ультрафиолетового излучения.** *Котов Ю.Д., Кочемасов А.В., Гляненко А.С., Юров В.Н., Архангельский А.И. Механика, управление и информатика. 2010, № 3, с. 119-127. Рус.*

На спутнике «КОРОНАС-ФОТОН», запущенном 30 января 2009 г., установлен прибор ФОКА (фотокаодный эксперимент), предназначенный для измерения потока солнечного электромагнитного излучения в очень интересном и информативном EUV/XUV-диапазоне. Прибор имеет три основных канала с диапазонами чувствительности 0,5–11; 0,5–7 и 27–37 нм, а также 116–125 нм для измерения яркой линии Лайман-альфа ( $L_{\alpha}$ ) водорода (121,6 нм). Перед запуском была проведена абсолютная калибровка каналов. Прибор ФОКА был включен 19 февраля 2009 г. На первом этапе реализации эксперимента получены важные сведения о работоспособности прибора, его параметрах, поведении сигналов каналов, уровнях фоновых засветок. Были проведены измерения излучения спокойного Солнца в минимуме активности, зарегистрированы первые солнечные вспышки, а также получены оккультационные профили поглощения излучения атмосферой Земли. Ключевые слова: КОРОНАС-ФОТОН, солнечное EUV/ XUV-излучение, солнечное  $L_{\alpha}$  излучение, оккультационные измерения атмосферы Земли.

**23.04-01.375 Эксперимент "КОНУС-РФ" по исследованию жесткого рентгеновского и гамма-излучения солнечных вспышек и космических гамма-всплесков:** первые научные результаты. *Уланов М.В., Антекар Р.Л., Голенецкий С.В., Мазец Е.П., Олейник Ф.П., Пальшин В.Д., Свинжин Д.С., Фредерикс Д.Д., Котов Ю.Д., Юров В.Н. Механика, управ-*



ление и информатика. 2010, № 3, с. 128-142. Рус.

Научная аппаратура «КОНУС-РФ» — сцинтилляционный гамма-спектрометр, предназначенный для исследования с высоким временным разрешением кривых блеска, энергетических спектров и спектральной переменности вспышек жесткого рентгеновского и гамма-излучения Солнца и космических гамма-всплесков в широкой области энергий — 10 кэВ—10 МэВ. Научная программа эксперимента «КОНУС-РФ» успешно выполнялась с момента включения аппаратуры в феврале 2009 г. За период февраль — июнь 2009 г. были зарегистрированы и исследованы 40 космических гамма-всплесков и 6 всплесков от мягких гамма-репитеров. Проявлений солнечной активности в диапазоне 10 кэВ—10 МэВ за этот период не отмечалось. Одновременные наблюдения аппаратурой «КОНУС-РФ» и «КОНУС-ВИНД» на двух космических аппаратах позволили получить более подробную информацию о регистрируемых всплесках. Ключевые слова: гамма-спектрометр, космические гамма-всплески, солнечные вспышки, мягкие гамма-репитеры.

**23.04-01.376 Быстрый рентгеновский монитор (БРМ), результаты первого этапа летных испытаний. Трофимов Ю.А., Котов Ю.Д., Юров В.Н., Глянченко А.С., Федоровых Е.В., Бессонов М.В. Механика, управление и информатика. 2010, № 3, с. 143-154. Рус.**

Приведены описание конструкции и характеристики прибора «Быстрый рентгеновский монитор» (БРМ), измеряющего поток рентгеновского излучения солнечных вспышек в диапазоне 20—600 кэВ с временным разрешением до 1 мс (в приборе используется  $\text{YAlO}_3(\text{Ce})$ -сцинтиллятор, максимальная нагрузка до  $10^6$  событий в секунду, при 100% мертвого времени, эффективная площадь детектора до  $27 \text{ см}^2$ ). Описаны фоновые условия на орбите: потоки заряженных частиц радиационных поясов Земли (сопоставлены с данными прибора «ЭЛЕКТРОН-М-ПЕСКА»), резкие кратковременные изменения скорости счета. Приведены первые зарегистрированные события — гамма-всплески. Ключевые слова: быстрый рентгеновский монитор, сцинтиллятор  $\text{YAlO}_3(\text{Ce})$ , потоки рентгеновского излучения солнечных вспышек, гамма-всплески.

**23.04-01.377 Первые результаты эксперимента ТЕСИС по исследованию атмосферы солнца на спутнике "КОРОНАС-ФОТОН". Кузин С.В., Богачев С.А., Перцов А.А. Механика, управление и информатика. 2010, № 3, с. 155-166. Рус.**

На борту российского спутника «КОРОНАС-ФОТОН» с 26 февраля 2009 г. проводился эксперимент ТЕСИС (Телескопы EUV-диапазона для Спектральных Исследований Солнца) ФИАН по исследованию солнечной атмосферы. Эксперимент основан на методе изображающей спектроскопии, в соответствии с которым излучение Солнца регистрируется в монохроматических линиях и узких спектральных областях вакуумного ультрафиолетового и мягкого рентгеновского диапазона спектра, не доступных для исследования с поверхности Земли. В работе представлены первые результаты эксперимента, полученные в условиях необычно глубокого минимума активности Солнца, наблюдающегося в первой половине 2009 г. Представлены наблюдения переходного слоя и короны Солнца на высотах расстоянии до двух солнечных радиусов в линии ионизованного гелия  $\text{HeI } 304 \text{ \AA}$  ( $T \sim 80 \text{ 000 K}$ ), ионах железа  $\text{FeIX } 171 \text{ \AA}$  ( $T \sim 0,8 \text{ млн K}$ ) и  $\text{FeXXII } 132 \text{ \AA}$  ( $T \sim 15 \text{ млн K}$ ) и линии магния  $\text{MgXII } 8,42 \text{ \AA}$  ( $T \sim 8 \text{ млн K}$ ). Ключевые слова: Солнце, корона, переходный слой, вспышки, солнечная активность, космические исследования Солнца.

**23.04-01.378 Функционирование поляриметра жесткого рентгеновского излучения Солнца "ПИНГВИН-М" на борту космического аппарата "КОРОНАС-ФОТОН". Дергачев В.А., Матвеев Г.А., Круглов Е.М., Лазутков В.П., Савченко М.И., Скородумов Д.В., Пятигорский А.Г., Шишов И.И., Котов Ю.Д., Юров В.Н., Глянченко А.С., Архангельский А.И., Бессонов М.В., Буслев А.С. Механика, управление и информатика. 2010, № 3, с. 167-182. Рус.**

Обсуждаются результаты первых месяцев работы научной аппаратуры «ПИНГВИН-М», предназначенной для измерения степени линейной поляризации рентгеновского излучения сол-

нечных вспышек в энергетическом диапазоне 20—150 кэВ и энергетических спектров рентгеновского излучения солнечных вспышек в диапазоне энергий 2—500 кэВ. Приведены данные предполетных калибровок и калибровок на орбите, проведенных после включения прибора. Ключевые слова: солнечные вспышки, рентгеновское излучение, поляризация, космический эксперимент, результаты, калибровки, обсуждения, спектры, «ПИНГВИН-М», «КОРОНАС-ФОТОН».

**23.04-01.379 Функционирование гамма-спектрометра RT-2 комплекса научной аппаратуры космического аппарата "КОРОНАС-ФОТОН" на первых этапах летных испытаний. Котов Ю.Д., Рао А.Р., Чакарбарти С.К., Малкар Д.П., Шрикумар С., Хингар М.К., Нанди А., Юров В.Н., Архангельский А.И., Зятков Р.А. Механика, управление и информатика. 2010, № 3, с. 183-195. Рус.**

Спектрометр рентгеновского и гамма-излучения RT-2 входит в состав космического аппарата «КОРОНАС-ФОТОН», который был запущен с космодрома «Плесецк» 30 января 2009 г. на околоземную орбиту (высота  $\sim 550 \text{ км}$ , наклонение  $82,5^\circ$ ). Космический аппарат постоянно ориентирован на Солнце. Целью эксперимента RT-2 являлось изучение солнечного гамма- и рентгеновского излучения в энергетическом диапазоне от 15 кэВ до 1 МэВ. Прибор состоит из трех детекторов (два «фосвич»-детектора RT-2/S, RT-2/G и один полупроводниковый детектор RT-2/CZT) и блока электроники RT-2/E. Приводятся особенности функционирования прибора RT-2 после запуска и первые результаты наблюдений. Ключевые слова: КОРОНАС-ФОТОН, солнечные вспышки, гамма-всплески, рентгеновский и гамма-спектрометр, полупроводниковый детектор, «фосвич»-детектор.

**23.04-01.380 Вариации потока релятивистских электронов внешнего радиационного пояса земли в марте 2009 г. — первые результаты прибора "ЭЛЕКТРОН-М-ПЕСКА" ("КОРОНАС-ФОТОН"). Мягкова И.Н., Панасюк М.И., Денисов Ю.И., Калегает В.В., Старостин Л.И. Механика, управление и информатика. 2010, № 3, с. 196-205. Рус.**

Выполнен анализ возрастания потоков электронов с энергиями 1—4 МэВ, регистрировавшихся на спутнике «КОРОНАС-ФОТОН» во внешнем радиационном поясе Земли в середине марта 2009 г. Возрастание наблюдалось после слабых магнитных возмущений, вызванных приходом к Земле 13 марта 2009 г. высокоскоростного потока солнечного ветра. Обсуждаются возможные физические причины этого возрастания потока релятивистских электронов во внешнем радиационном поясе. Ключевые слова: релятивистские электроны, внешний радиационный пояс Земли, магнитные возмущения, солнечный ветер.

**23.04-01.381 Система обработки и хранения данных измерений прибора "ЭЛЕКТРОН-М-ПЕСКА" в эксперименте на ИСЗ "КОРОНАС-ФОТОН". Калегает В.В., Парунакян Д.А., Барина В.О., Денисов Ю.И., Мягкова И.Н., Панасюк М.И., Старостин Л.И. Механика, управление и информатика. 2010, № 3, с. 206-216. Рус.**

Полностью автоматизированная система обработки и хранения данных измерений прибора «ЭЛЕКТРОН-М-ПЕСКА» в эксперименте на спутнике «КОРОНАС-ФОТОН» разработана на основе программно-аппаратного комплекса HP Proliant DL-385 — Система управления базами данных (СУБД) Oracle. Для доступа к данным созданы веб-формы, размещенные на Интернет-портале Центра данных оперативного космического мониторинга НИИЯФ (ЦДОКМ НИИЯФ) <http://smdc.sinp.msu.ru>. Потоки энергичных заряженных частиц, зарегистрированные прибором за последние два часа и за последние 12 ч непрерывных измерений, размещаются на главной странице портала ЦДОКМ НИИЯФ в разделе «Космическая погода». Ключевые слова: космическая радиация, околоземное космическое пространство, базы данных.

**23.04-01.382 Экспериментальные возможности спектрометра-телескопа СТЭП-Ф и первые результаты радиационного картографирования. Дудник А.В., Персиков В.К., Бошер Д., Котов Ю.Д., Юров В.Н. Механика, управление и информатика. 2010, № 3, с. 217-228. Рус.**

Представлены описание спутникового спектрометра-телескопа электронов и протонов СТЭП-Ф, его конструктивные особенности. Рассмотрены отдельные узлы и модули, методы их настройки, калибровки и испытаний (автономных и комплексных) в составе комплекса научной аппаратуры «ФОТОН» и космического аппарата. По результатам первых недель работы в ходе летных испытаний представлены уточненные данные по геометрическим факторам прибора и энергетическим диапазонам, как прямой регистрации заряженных частиц высоких энергий, так и по каналам смешанной регистрации нескольких сортов частиц. С целью проверки правильности распределения заряженной радиации на высотах полета КА «КОРОНАС-ФОТОН» проведено предварительное картографирование в нескольких протонных энергетических каналах. Ключевые слова: детектор частиц, телескоп, компьютерное моделирование, калибровка, аналоговая обработка, ускоритель заряженных частиц, радиационные пояса, солнечная активность, магнитосфера, электроны, протоны, Южно-Атлантическая аномалия.

**23.04-01.383 Наблюдения собственных колебаний Солнца: постановка эксперимента и первые результаты.** Кузнецов В.Д., Жугжда Ю.Д., Юров В.Н., Лебедев Н.И., Болдырев С.И. *Механика, управление и информатика*. 2010, № 3, с. 229-238. Рус.

Гелиосейсмологический эксперимент на космическом аппарате «КОРОНАС-ФОТОН» предназначен для изучения характеристик и внутреннего строения Солнца с помощью спектра собственных колебаний Солнца, полученного методом измерения вариаций интенсивности солнечного излучения. Он является продолжением исследований солнечных глобальных колебаний, начатых на ИСЗ «КОРОНАС-И» и «КОРОНАС-Ф». Измерения вариаций интенсивности излучения Солнца в семи оптических диапазонах — от ближней ультрафиолетовой до инфракрасной областей спектра — проводятся разработанным в ИЗМИРАН солнечным фотометром СОКОЛ (СОлнечные КОЛебания). По результатам наблюдений в начальный период работы прибора получены спектры  $r$ -мод колебаний Солнца. Ключевые слова: гелиосейсмология, флуктуации яркости, температурные волны,  $p$ -моды, КОРОНАС-ФОТОН, солнечный фотометр СОКОЛ.

**23.04-01.384 О первых результатах обеспечения прибором БУС-ФМ выполнения программы научных исследований КА "КОРОНАС-ФОТОН".** Козлов И.В., Новиков А.Д., Пустовалов М.Н., Рябова А.Д., Громкова И.Е., Магурина Т.П., Шпагина Т.Л. *Механика, управление и информатика*. 2010, № 3, с. 239-249. Рус.

Выполнен анализ первых результатов участия модифицированного блока управления и соединений (прибор БУС-ФМ) в выполнении программы научных исследований на борту космического аппарата «КОРОНАС-ФОТОН» в рамках программы изучения Солнца «КОРОНАС» (Комплексные Орбитальные Околосолнечные Наблюдения Активности Солнца). Обсуждены вопросы наземного моделирования работы прибора БУС-ФМ для случаев прохождения космическим аппаратом «КОРОНАС-ФОТОН» радиационного пояса Земли. Ключевые слова: бортовое питание, радиационный пояс Земли, моделирование режимов, разовые команды.

**23.04-01.385 Бесплатформенная астроинерциальная навигационная система авиационного применения.** Аванесов Г.А., Бессонов Р.В., Ваваев В.А., Мысник Е.А., Куркина А.Н., Снеткова Н.И., Людомирский М.Б., Каютин И.С., Ямщиков Н.Е. *Механика, управление и информатика*. 2011, № 2, с. 13-35. Рус.

Рассматриваются проблемы создания астроинерциальной навигационной системы (АИНС) авиационного применения, основанной на высокоточной бесплатформенной инерциальной навигационной системе (БИНС) и астрокорректоре, способном визировать звезды и определять по ним параметры трехосной ориентации, в том числе в условиях дневной освещенности. Особенность астрокорректора заключается в широком поле зрения оптико-электронной системы, в котором удается визировать группу звезд в любом участке небесной сферы, а в результате отказаться от механической системы наведения, используемой в существующих аналогах АИНС.

**23.04-01.386 Алгоритмы совместной обработки данных измерений звездных координаторов и микро-электромеханических датчиков угловой скорости.** Аванесов Г.А., Бессонов Р.В., Дятлов С.А., Куркина А.Н., Сазонов В.В. *Механика, управление и информатика*. 2011, № 2, с. 36-48. Рус.

Изложены основные принципы совместной обработки данных измерений с различных источников информации об угловом движении космического аппарата: двух звездных датчиков и трех одноосных датчиков угловой скорости. Подробно рассмотрены алгоритмы, позволяющие вычислять параметры ориентации и угловой скорости на момент передачи данных бортовой вычислительной машине.

**23.04-01.387 Результаты наземных испытаний микро-электромеханических датчиков угловой скорости CRG20 и SIRRS01.** Бессонов Р.В., Дятлов С.А., Куркина А.Н. *Механика, управление и информатика*. 2011, № 2, с. 49-61. Рус.

Определены основные точностные характеристики датчиков угловой скорости. Исследованы зависимости параметров датчиков от таких внешних факторов, как температура, напряжение и абсолютная величина угловой скорости. Проведены испытания на стойкость к ионизирующему излучению. Приведены зависимости изменения основных точностных характеристик и параметров датчиков от величины поглощенной дозы.

**23.04-01.388 Наземный эксперимент по синхронному определению параметров угловой инерциальной ориентации тремя приборами звездной ориентации БОКЗ-М.** Никитин А.В., Дунаев Б.С., Красиков В.А. *Механика, управление и информатика*. 2011, № 2, с. 62-69. Рус.

Изложены результаты эксперимента по синхронному определению ориентации системы из трех приборов звездной ориентации в инерциальной системе координат путем наблюдения звезд в штатном режиме и в режиме съемки одиночных кадров. Оценена точность определения угла между осями  $Z$  приборов. Построена зависимость точности определения угла вращения вокруг оси  $Z$  от угла между осями приборов. Ключевые слова: прибор звездной ориентации, инерциальная система координат, приборная система координат, прямое восхождение, склонение, угловые параметры ориентации.

**23.04-01.389 Результаты натурных испытаний прибора ориентации по звездам 329К.** Абакумов В.М., Куняев В.В., Овчинников В.А., Федосеев В.И. *Механика, управление и информатика*. 2011, № 2, с. 70-77. Рус.

Приведены методика и основные результаты наземных натурных испытаний прибора ориентации по звездам 329К. Проведено 94 сеансов работы прибора по различным участкам звездного неба, во всех сеансах конфигурации звезд были успешно распознаны и определена ориентация прибора относительно геоцентрической системы координат. Подтверждена работоспособность прибора при использовании 31% звезд из примененного в приборе каталога. Яркие световые помехи (Луна, Сатурн) не оказали заметного влияния на работу прибора. Блеск звезд вследствие влияния атмосферы снижался в среднем на 0,65 звездной величины.

**23.04-01.390 Результаты отработки звездного датчика 329К на динамическом стенде.** Князев В.О., Исаков А.Н., Абакумов В.М., Куняев В.В., Федосеев В.И. *Механика, управление и информатика*. 2011, № 2, с. 78-83. Рус.

Представлены результаты отработки программно-алгоритмического обеспечения звездного датчика 329К на стенде динамических испытаний разработки ИКИ РАН. Описаны основные трудности, возникшие при работе на динамическом стенде, и пути их преодоления.

**23.04-01.391 Система навигации космического аппарата в межпланетном пространстве.** Липатов А.Н., Линкин В.М., Андреев О.Н., Макаров В.С., Антопенко С.А., Захаркин Г.В., Хлюстова Л.И. *Механика, управление и информатика*. 2011, № 2, с. 84-90. Рус.

Как правило, для определения положения космического аппарата (КА) в пространстве Солнечной системы используются наземные радиостанции. Для этих целей создана целая сеть таких

станций в разных странах. В настоящее время наиболее перспективными могут быть системы, использующие естественные опорные реперы для определения координат КА в пространстве Солнечной системы. Такими реперами могут быть планеты и малые тела, эфемериды которых известны, Солнце и звезды. В статье представлены результаты работы по решению проблемы создания малогабаритной навигационной системы. Она предназначена для космических аппаратов, которые осуществляют исследовательские миссии в Солнечной системе. Предлагаемая навигационная система обеспечивает определение положения КА в инерциальной системе координат без применения наземных средств и может стать базовой для всех миссий. Применение автономных систем позволяет экономить ресурсы наземной дальней радиосвязи и осуществлять перелет КА в автоматическом режиме. В статье рассмотрены следующие вопросы: принцип построения навигации и требования к бортовой системе навигации; выбор, разработка аппаратного и программно-алгоритмического обеспечения бортовых систем навигации; влияние динамики движения КА на навигационную точность. Для предлагаемой системы реперными точками были выбраны Солнце и звезды. С их помощью достигается полная пространственная привязка положения аппарата в пространстве в любой момент времени. Выбранные объекты обеспечивают необходимую точность в инерциальной системе координат для осуществления межпланетного перелета. В статье будут изложены причины выбора данного решения.

**23.04-01.392** Определение ориентации космических аппаратов, оборудованных лазерными ретрорефлекторами, на примере наноспутника REFLECTOR. *Немучинский Р.Б., Овчинников М.Ю.* *Механика, управление и информатика.* 2011, № 2, с. 91-99. Рус.

Обосновывается возможность и приводится разработанная авторами методика определения ориентации космических аппаратов (КА), оборудованных лазерными ретрорефлекторами. Определены отдельные параметры движения наноспутника (масса до 10 кг) REFLECTOR и выполнена полная идентификация движения в отдельных случаях на основе численных экспериментов.

**23.04-01.393** Определение геоверткали по наблюдению лимба Земли. *Тучин М.С., Захаров А.И., Прохоров М.Е.* *Механика, управление и информатика.* 2011, № 2, с. 100-110. Рус.

Предложен новый способ определения геоверткали — небесных координат центра Земли — при наблюдении с борта космического аппарата с точностью 1—3 угл. с. Обоснован выбор диапазона длин волн, в котором алгоритм функционирует наилучшим образом.

**23.04-01.394** Демпфирование угловой скорости спутника с использованием токовых катушек и солнечного датчика ориентации. *Карпенко С.О., Ролдугин Д.С.* *Механика, управление и информатика.* 2011, № 2, с. 111-117. Рус.

Описан алгоритм демпфирования угловой скорости спутника при помощи токовых катушек. Информацию об ориентации обеспечивает цифровой солнечный датчик. Определена зависимость модуля вектора кинетического момента от времени, которая позволяет оценить влияние параметров орбиты и начальных условий при отделении от ракеты-носителя на эффективность работы алгоритма.

**23.04-01.395** Оценка точности определения фазы импульса рентгеновского пульсара движущимся космическим аппаратом. *Арефьев В.А., Федотов С.Н., Павлинский М.Н.* *Механика, управление и информатика.* 2011, № 2, с. 118-128. Рус.

Рассматривается влияние различных параметров импульсов рентгеновских пульсаров и методики измерения временной последовательности на восстановление смещения нулевой фазы импульса и проекции скорости космического аппарата (КА) на направление к рентгеновскому пульсару. Предложен линейный метод определения этих параметров, отличающийся высокой эффективностью, малым потребным временем измерения сигнала и умеренными требованиями к вычислительным мощностям (бортовому компьютеру). Данный метод применим к

участкам траектории КА (орбитам), на которых вектор скорости КА остается неизменным.

**23.04-01.396** Использование комплекса аппаратуры космической оптической линии связи для решения задач высокоточной автономной навигации и ориентации космического аппарата. *Королёв Б.В., Кочергин П.П.* *Механика, управление и информатика.* 2011, № 2, с. 129-140. Рус.

Преимущества использования оптического диапазона длин волн для космических линий связи стало возможным реализовать в результате создания передатчиков и приёмников с необходимыми характеристиками. Однако просто использование оптического диапазона не принесит желанного повышения эффективности работы космических средств. Этого удастся достичь только в том случае, если терминалы аппаратуры космической оптической линии связи устроены так, что необходимая для их работы высокоточная навигационная информация добывается автономно самой аппаратурой. Но получаемая в этом случае информация позволяет попутно решить задачи высокоточной автономной навигации и ориентации космического аппарата (КА) в целом.

**23.04-01.397** Прибор определения координат Солнца БОКС-01. *Бакланов А.И., Бунтов Г.В., Жвако В.В., Забиякин А.С., Кононова Л.Ф., Фокин В.А.* *Механика, управление и информатика.* 2011, № 2, с. 141-148. Рус.

Рассматривается прибор определения координат Солнца БОКС-01 с N-образной целевой маской, разработанный ФГУП «НПП «ОПТЭК». Описываются конструкция прибора, структурная схема, режимы работы, физическая модель и алгоритмы калибровки. Также приводятся описание и характеристики точностного стенда, используемого при калибровке блока.

**23.04-01.398** Автономный фасеточный солнечный датчик. *Глазков В.Д.* *Механика, управление и информатика.* 2011, № 2, с. 149-159. Рус.

Обрисованы основные черты схем построения автономного фасеточного солнечного датчика. Проведено сравнение камерного и бескамерного вариантов схем солнечных датчиков, показаны их преимущества и недостатки. Выбран один из путей дальнейшего совершенствования бескамерного варианта, который видится в создании на гранях фасеточной конструкции структуры из двух слоев фотодиодов с различными функциями: солнечного датчика на прозрачной для света подложке — верхний слой и солнечных элементов электрогенератора — нижний слой, что позволяет уменьшить объем и массу прибора и увеличить его надежность. Желаемый результат достигается формированием вертикальной каскадной композиции из тонкослойных полосовых фотодиодов, чувствительных в различных спектральных диапазонах электромагнитного солнечного спектра.

**23.04-01.399** Фасеточные солнечные датчики и их возможности. *Глазков В.Д.* *Механика, управление и информатика.* 2011, № 2, с. 160-173. Рус.

Изложены концепция и основные аспекты строительства фасеточного солнечного датчика, описан принцип его работы. Бескамерный дизайн, отсутствие оптики, минимум фотоэлектрических преобразующих элементов, эффективное использование их чувствительных поверхностей разных форм, возможность определения направления на Солнце без потребления электроэнергии — характерные черты фасеточных солнечных датчиков. Это позволяет создавать надежные бортовые приборы ориентации на Солнце, имеющие широкое поле обзора, высокую производительность, ультрамалые массу и размеры. Показаны способы снижения влияния солнечного отраженного света на результаты измерений фасеточного солнечного датчика и увеличения его разрешения в пределах поля обзора. Представлены основные возможности, которыми наделены фасеточные солнечные датчики.

**23.04-01.400** Орбитальный широкоугольный астрограф для получения изображений высокого астрометрического и фотометрического разрешения. *Чубей М.С., Вагодин А.В., Цуканова Г.И., Пащков В.С.*

*Механика, управление и информатика.* 2011, № 2, с. 174-182. Рус.

Рассмотрены широкоугольные трехзеркальные ортоскопические и квазиортоскопические оптические системы длиннофокусных телескопов. Представлены варианты рассчитанных трехзеркальных объективов при различных значениях остаточной дисторсии, относительного отверстия главного зеркала и габаритов.

**23.04-01.401** Мастер каталог международного проекта "Всемирная космическая обсерватория" (ВКО-УФ): астрономическая составляющая системы точного наведения телескопа Т-170. *Чупина Н.В., Пискунов А.Э., Харченко Н.В., Шугаров А.С. Механика, управление и информатика.* 2011, № 2, с. 183-189. Рус.

Кратко описаны требования, которым должен удовлетворять Мастер Каталог (МК), его астрономическая основа, процедура компиляции и текущие параметры.

**23.04-01.402** Экспериментальная проверка фотометрической системы мастер каталога и чувствительности макета системы датчиков гида проекта ВКО-УФ ("СПЕКТР-УФ"). *Шугаров А.С., Воронков С.В., Чупина Н.В., Пискунов А.Э., Харченко Н.В. Механика, управление и информатика.* 2011, № 2, с. 190-196. Рус.

Проведены наземные фотометрические испытания макета системы датчиков гида (СДГ) космического телескопа Т-170М (проект «Спектр-УФ», Всемирная космическая обсерватория — ультрафиолет) на наземных телескопах Цейсс-1000 и Цейсс-2000. Определены чувствительность и шумы макета СДГ. Проведены наблюдения с ПЗС-камерой в спектральной полосе СДГ и определена фотометрическая точность каталога гидировочных звезд (Мастер Каталога).

**23.04-01.403** Программно-аппаратные средства наземной отработки системы датчиков гида телескопа Т-170М. *Белинская Е.В., Воронков С.В., Катасонов И.Ю., Коломеец Е.В., Шамис В.А. Механика, управление и информатика.* 2011, № 2, с. 197-206. Рус.

Рассматриваются программно-аппаратные средства наземной отработки системы датчиков гида (СДГ) телескопа Т-170М. Средства включают: программно-аппаратный имитатор, решающий задачи моделирования логического и информационного взаимодействия бортового комплекса управления и СДГ, заменяющий реальный прибор при испытаниях на комплексном стенде предприятия-разработчика бортового комплекса управления (МОКБ «Марс»); программно-аппаратный комплекс, предназначенный для отработки имитатора контура угловой стабилизации (НПО им. Лавочкина) с использованием математической модели СДГ.

**23.04-01.404** Средства наземной отладки астроприборов в составе комплексных стендов. *Воронков С.В., Дунаев Б.С., Никитин А.В., Шамис В.А. Механика, управление и информатика.* 2011, № 2, с. 207-214. Рус.

В первой части статьи рассмотрен комплекс наземной отладки приборов БОКЗ-М, предназначенный для использования на предприятии-разработчике космического аппарата с целью проверки работы измерительных и исполнительных органов системы управления. Вторая часть посвящена стенду моделирования контура стабилизации телескопа Т-170М, использующего информацию от системы датчиков гида.

**23.04-01.405** Лабораторный стенд для отработки алгоритмов определения ориентации и навигации, основанных на обработке видеоизображений объектов и звездного неба. *Трофимов С.П., Иванов Д.С., Нурждин Д.О., Овчинников М.Ю. Механика, управление и информатика.* 2011, № 2, с. 215-225. Рус.

Описывается стенд, разработанный в Центре прикладных космических технологий и микрогравитации (г. Бремен, Германия), и рассматриваются некоторые реализованные на нём алгоритмы управления движением и ориентацией. Они основаны на обработке изображений, получаемых с укрепленной на макете камеры. Объектом распознавания может служить освещенная часть другого аппарата (моделирование группового полета) либо конфигурация «звезд», попадающих в поле зре-

ния камеры. Продемонстрированы результаты экспериментов по выполнению заданного типа относительного движения для двух макетов. Обсуждается вопрос точности рассматриваемых алгоритмов.

**23.04-01.406** Разработка лабораторного стенда для отработки макета звездной камеры. *Дегтярев А.А., Ткачев С.С., Мыльников Д.А. Механика, управление и информатика.* 2011, № 2, с. 226-238. Рус.

Представлены результаты исследований по созданию и отработке учебного лабораторного стенда для полунатурного моделирования работы звездного датчика ориентации. Описана структура стенда и разработанная процедура его предварительной калибровки. Основное внимание в статье уделено разработке и исследованию алгоритмов распознавания и идентификации звезд и определения параметров движения с использованием стендового оборудования.

**23.04-01.407** Лабораторное моделирование алгоритмов определения ориентации и управления ориентацией микроспутников. *Иванов Д.С., Нурждин Д.О., Егоров К.В. Механика, управление и информатика.* 2011, № 2, с. 239-247. Рус.

Рассматривается разработанный в Институте прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН стенд, на котором можно имитировать частные случаи движения спутника, а также верифицировать алгоритмы определения ориентации и управления ориентацией малых спутников в этих частных случаях. На стенде отрабатываются алгоритмы управления угловым движением с помощью маховика, импульсных двигателей, токовых катушек, а также верифицируются различные алгоритмы обработки данных с прототипа солнечного датчика.

**23.04-01.408** Разработка комбинированной светозащитной бленды звездного датчика. *Филиппова О.В. Механика, управление и информатика.* 2011, № 2, с. 248-260. Рус.

Описана идеология построения бленды для прибора звездной ориентации. Приведены результаты исследования светозащитной системы звездных датчиков разработки ИКИ РАН — функционирующих приборов БОКЗ, БОКЗ-М. Описана программа, позволяющая рассчитать освещенность поверхностей бленды и ее коэффициент подавления. Экспериментальная часть работы заключается в измерении рассеяния на кромках диафрагм бленды. Эта составляющая рассеянного света фактически определяет коэффициент подавления однокаскадной и комбинированной бленды.

**23.04-01.409** Разработка программного комплекса, моделирующего работу бленд, используемых в оптико-электронных звездных датчиках. *Котов М.Н., Крумкач В.И., Куценко И.В., Лимаковский А.И., Ткаченко А.Н. Механика, управление и информатика.* 2011, № 2, с. 261-266. Рус.

Для расчета эффективности различных конструкций бленд и применяемых в них покрытий разработаны математическая модель и программный комплекс, позволяющие имитировать распределение освещенности в выходном окне бленды в зависимости от освещения, геометрических параметров и физических свойств светопоглощающих покрытий бленды. С помощью разработанного программного комплекса были промоделированы различные варианты бленд для разрабатываемого в ОАО «Пеленг» датчика астроориентации и проведена оптимизация их конструкции.

**23.04-01.410** Применение методов автоматизированного проектирования при разработке приборов. *Лукин А.Н. Механика, управление и информатика.* 2011, № 2, с. 267-279. Рус.

Рассмотрены технологии трехмерного моделирования приборов, создания конструкторской документации и управляющих программ для производства деталей на станке с числовым программным управлением (ЧПУ). Рассмотрена система, позволяющая вести электронный документооборот и архив. Показана возможность применения данных систем в работе Института космических исследований.

**23.04-01.411** Систематические и случайные ошибки определения положения фотоцентров звезд на матрич-

ных фотоприемниках. *Захаров А.И., Никифоров М.Г. Механика, управление и информатика. 2011, № 2, с. 280-288. Рус.*

Работа посвящена исследованию поведения систематической и случайной ошибки определения центра изображения звезды на матричных фотоприемниках в зависимости от параметров сигнала, физических характеристик матрицы и алгоритмов обработки изображения.

**23.04-01.412** Определение геометрических параметров многозональных сканирующих устройств МСУ-100, МСУ-50 на лабораторном стенде и в условиях полета космического аппарата "МЕТЕОР-М". *Никитин А.В., Дунаев В.С., Кондратьева Т.В., Полянский И.В. Механика, управление и информатика. 2011, № 2, с. 289-307. Рус.*

Рассмотрены вопросы определения геометрических параметров приборов МСУ (многозональных сканирующих устройств), которые используются при трансформировании сканерных изображений в заданную картографическую проекцию, а также с целью их координатной привязки, сведения спектральных каналов и построения спектральнозональных изображений. Рассматриваются как наземная, так и полетная часть калибровки камер, выполняемой при определении геометрических параметров.

**23.04-01.413** Проверка характеристик камер телевизионной системы навигации и наблюдения по результатам натурных съемок. *Жуков В.С., Жуков С.Б., Снеткова Н.И., Теплухина Т.Р. Механика, управление и информатика. 2011, № 2, с. 308-318. Рус.*

Исследование съемочных характеристик камер телевизионной системы навигации и наблюдения (ТСНН), разработанной для решения научных и навигационных задач в проекте ФОБОС-ГРУНТ, проводилось путем наземной съемки Луны и звезд. По результатам эксперимента подтверждена радиометрическая калибровка камер и проверено отсутствие растекания заряда при максимальном времени накопления, оценена функция рассеяния точки и величина геометрической дисторсии камер, оценены количество и максимальная звездная величина детектируемых звезд.

**23.04-01.414** Радиометрическая калибровка камер телевизионной системы навигации и наблюдения. *Жуков С.Б., Жуков В.С., Ваваев В.А. Механика, управление и информатика. 2011, № 2, с. 319-329. Рус.*

Радиометрическая калибровка узкоугольной и широкоугольной камер телевизионной системы навигации и наблюдения (ТСНН), которые будут установлены на КА «Фобос-Грунт», включала калибровку функции спектральной чувствительности камер, а также темного сигнала, коэффициента чувствительности и уровня шума для каждого пикселя изображения. Результаты калибровки сохранялись в файлах радиометрической калибровки, которые будут использоваться для радиометрической коррекции изображений ТСНН.

**23.04-01.415** Отработка режима "посадка" телевизионной системы навигации и наблюдения. *Жуков В.С., Гордеев Р.В., Гришин В.А., Жуков С.Б., Коломеец Е.В. Механика, управление и информатика. 2011, № 2, с. 330-337. Рус.*

При посадке на Фобос широкоугольные телевизионные камеры (ШТК), входящие в состав телевизионной системы навигации и наблюдения (ТСНН), будут использоваться для съемки поверхности Фобоса с обработкой и передачей изображений в реальном времени, а также для автономного выбора места посадки и резервирующих измерений высоты и скорости космического аппарата (КА). Программно-алгоритмическое обеспечение ТСНН, реализующее эти функции, отработывалось на специальном стенде, где две камеры ШТК снимали выводимые на экраны мониторов стереоизображения шероховатых поверхностей, разрешение и стереопараллакс которых соответствовали планируемой траектории спуска КА.

**23.04-01.416** Верификация результатов процесса установления соответствия в алгоритмах телевизионной системы навигации и наблюдения, обеспечиваю-

щих информационную поддержку посадки на Фобос. *Гришин В.А. Механика, управление и информатика. 2011, № 2, с. 338-349. Рус.*

При решении задач информационной поддержки процесса посадки используются алгоритмы установления соответствия между изображениями одних и тех же точек наблюдаемой поверхности на стереопарах или на последовательности изображений. Точность и надежность процесса установления соответствия определяют точность измерения параметров, необходимых для процесса управления посадкой. В статье рассматриваются алгоритмы верификации процессов установления соответствия, разработанные для телевизионной системы навигации и наблюдения (ТСНН).

**23.04-01.417** Сжатие изображений репортажной съемки телевизионной системой навигации и наблюдения при посадке космического аппарата на Фобос. *Книжский И.М. Механика, управление и информатика. 2011, № 2, с. 350-354. Рус.*

Описан простой метод предобработки изображений, передаваемых телевизионной системой навигации и наблюдения в процессе репортажной съемки при посадке космического аппарата на Фобос в условиях дефицита вычислительных ресурсов бортового вычислительного комплекса. Предлагаемое решение позволяет повысить качество восстанавливаемых на Земле изображений при минимальных необходимых вычислительных затратах на борту космического аппарата.

**23.04-01.418** Анализ видеоизображений и управление манипуляторами в проекте ФОБОС-ГРУНТ. *Новолов А.А., Никитушкин Р.А., Болдачева Л.А. Механика, управление и информатика. 2011, № 2, с. 355-367. Рус.*

Основной задачей проекта ФОБОС-ГРУНТ является отбор образцов грунта Фобоса и доставка их на Землю. Решение задачи по отбору грунта возможно разными способами, но наиболее предпочтительным следует считать режим работы, когда данные системы технического зрения (СТЗ) обрабатываются бортовым компьютером и полученные координаты точек забора грунта направляются в блок управления манипуляторами. Для этого разработаны эффективные алгоритмы обработки данных СТЗ и управления манипуляторами.

**23.04-01.419** Обнаружение движущихся объектов на изображениях, полученных со спутника "Ресурс-ДК1". *Алпатов Б.А., Бабаян П.В., Костяшкин Л.Н., Павлов О.В., Романов Ю.Н. Механика, управление и информатика. 2011, № 2, с. 368-373. Рус.*

Рассмотрена задача обнаружения и оценивания параметров движущихся объектов, таких как автомобили, самолеты, вертолеты, суда, при наблюдении поверхности Земли с помощью оптико-электронной аппаратуры спутника «Ресурс-ДК1». Представлен многоэтапный алгоритм решения задачи, который может быть использован в системах обработки и анализа изображений реального времени.

**23.04-01.420** Численное моделирование образования железного ядра методами конечных разностей и маркеров в ячейках. Numerical modelling of iron core formation with finite differences and marker-in cell techniques. *Gerya T.V. Механика, управление и информатика. 2011, № 4, с. 7-14. Англ.*

Thermo-mechanical numerical modelling becomes more and more popular tool for understanding iron core formation mechanisms during planetary accretion and differentiation. Modelling of iron core formation in a self-consistent manner should take into account realistic rheology of planetary materials and large internal deformation of a self-gravitating planetary body. This requires computing complex visco-(elasto)- plastic deformation in the variable gravity field which changes with time in response to evolution in mass distribution inside the planet. Changes in the shape of the planet and the related planetary surface deformation should also be considered. One way to tackle these requirements is to use the spherical-Cartesian approach that allows computations of self-gravitating bodies of arbitrary form on Cartesian grids including the presence of a free surface. In this paper 2D implementation of this approach based on finite differences and marker-in-cell techniques is discussed in short together with test

numerical examples.

**23.04-01.421 Автогенерация внутренних волн фонтаном в стратифицированной жидкости.** Дружинин О.А., Троицкая Ю.И. *Механика, управление и информатика.* 2011, № 4, с. 15-29. Рус.

Проводится прямое численное моделирование и теоретический анализ динамики фонтана, формирующегося при проникновении вертикальной ламинарной струи с осесимметричным гауссовым профилем скорости сквозь скачок плотности (пикноклин). Показано, что при числе Фруда ( $Fr$ ), превышающем критическое значение, фонтан совершает автоколебания, сопровождающиеся генерацией внутренних волн в пикноклине. При достаточно малых  $Fr$  фонтан делает круговые движения в горизонтальной плоскости в окрестности центра струи, сохраняя почти неизменную форму. При этом излучаются внутренние волны, имеющие вид раскручивающихся спиралей. При достаточно больших  $Fr$  доминирует другая мода, когда верхушка фонтана хаотически «блуждает» в окрестности центра струи и периодически обрушивается, генерируя пакеты внутренних волн, распространяющихся к периферии области счета. В обоих случаях частота внутренних волн совпадает с частотой колебаний верхушки фонтана и монотонно уменьшается с ростом  $Fr$ . Зависимость амплитуды колебаний верхушки фонтана от  $Fr$  в численном моделировании хорошо согласуется с предсказанием теоретической модели конкуренции взаимодействующих мод в режиме мягкого самовозбуждения.

**23.04-01.422 Численная модель гидродинамики океана в криволинейных координатах для воспроизведения циркуляции Мирового океана.** Гусев А.В. *Механика, управление и информатика.* 2011, № 4, с. 30-48. Рус.

Представлен оригинальный программный комплекс для проведения и анализа расчётов  $\sigma$ -модели общей циркуляции океана в ИВМ РАН, который может применяться для Мирового океана с использованием криволинейных ортогональных систем координат. Вместе с моделью общей циркуляции океана комплекс включает модель динамики и термодинамики морского льда, а также эффективную систему обмена данными с атмосферой. Комплекс можно применять для воспроизведения гидродинамики океана и характеристик морской льда как при заданном атмосферном воздействии, так и совместно с моделью атмосферы. Разработанный программный комплекс может использоваться на параллельных вычислительных системах с общей памятью, а также и на современных персональных компьютерах. На основе разработанного комплекса создана новая версия  $\sigma$ -модели общей циркуляции океана. Модель построена в криволинейной ортогональной системе координат, полученной путём конформного комплексного преобразования стандартной широтно-долготной системы. Пространственное разрешение модели Мирового океана составляет  $0,5^\circ$  в горизонтальных координатах и 40 неравномерно распределённых по вертикали  $\sigma$ -уровней. Проведен численный эксперимент по расчёту глобальной циркуляции океана на срок 100 лет с начального состояния, соответствующего январской климатологии Левитуса, с реалистичным заданием годового хода атмосферного воздействия по данным CORE (Data for Common Ocean-Ice Reference Experiments). Результаты численных расчётов показали, что модель адекватно воспроизводит основные характеристики крупномасштабной динамики Мирового океана. Ключевые слова: общая циркуляция океана, физика морских льдов, численное моделирование циркуляции океана, анализ данных наблюдений.

**23.04-01.423 Негидростатическая модель общей циркуляции атмосферы Венеры и результаты её применения.** Орлов К.Г., Мингалев И.В., Родин А.В. *Механика, управление и информатика.* 2011, № 4, с. 49-56. Рус.

Изложено краткое описание модели общей циркуляции атмосферы Венеры, основанной на численном решении полной системы уравнений газовой динамики. Эта модель позволяет исследовать механизмы формирования общей циркуляции атмосферы Венеры. При моделировании получены вихри в полярных областях и суперротация в большом интервале высот.

**23.04-01.424 Перестройки волновых режимов циркуляции атмосферы Марса.** Родин А.В., Евдокимо-

ва Н.А., Бурлаков А.В., Федорова А.А. *Механика, управление и информатика.* 2011, № 4, с. 57-64. Рус.

Приведено сравнение результатов численного моделирования общей циркуляции атмосферы Марса с данными гиперспектрометра OMEGA космического аппарата (КА) Mars-Express. Пространственное распределение концентрации водяного пара, мощности и микроструктуры ледовых покровов полярных шапок обнаруживает симметричные, сезонно изменчивые вариации, которые представляют собой, по всей видимости, инерционные волны в системе циркуляции атмосферы планеты.

**23.04-01.425 Численное исследование влияния горизонтальной неоднородности температуры и несферичности Земли на глобальную циркуляцию средней атмосферы.** Мингалев И.В., Мингалев О.В., Мингалев В.С. *Механика, управление и информатика.* 2011, № 4, с. 65-78. Рус.

Разработанная ранее математическая модель глобальной системы нейтрального ветра земной атмосферы применяется для исследования механизмов, ответственных за формирование планетарной циркуляции средней атмосферы. Результаты моделирования показывают, что горизонтальная неоднородность температуры атмосферы и несферичность Земли должны оказывать существенное влияние на глобальную циркуляцию атмосферы.

**23.04-01.426 Решение задач переноса излучения методом Монте-Карло: астрофизические приложения.** Кривошеев Ю.М. *Механика, управление и информатика.* 2011, № 4, с. 79-90. Рус.

Работа посвящена применению метода Монте-Карло к решению задач переноса излучения и её астрофизическим приложениям. Приводится описание алгоритма решения задачи переноса излучения в космической плазме путём моделирования траектории фотонов в среде. В качестве примера рассматривается задача о формировании рентгеновского спектра галактического микроквара SS433.

**23.04-01.427 Моделирование магниторотационных процессов в астрофизике (магниторотационные сверхновые).** Моисеенко С.Г., Бисноватый-Коган Г.С., Арделян Н.В. *Механика, управление и информатика.* 2011, № 4, с. 91-104. Рус.

Магниторотационный (МР) механизм взрыва сверхновой с коллапсирующим ядром исследуется численно в двумерной постановке для различных масс ядер, моментов вращения и конфигураций магнитного поля. Для численного моделирования используется неявная полностью консервативная лагранжевая схема на треугольной сетке переменной структуры. Показано, что магниторотационный механизм позволяет получить энергию взрыва, соответствующую наблюдательным данным. Форма взрыва существенно зависит от начальной конфигурации магнитного поля. В процессе эволюции магнитного поля при МР-взрыве сверхновой развивается МР-неустойчивость, приводящая к экспоненциальному росту всех компонент магнитного поля, что существенно уменьшает время развития МР-взрыва сверхновой. Энергия взрыва сверхновой растёт с увеличением массы ядра, а также начальной энергии вращения.

**23.04-01.428 Масштабно-инвариантные спектры сжимаемой магнитогидродинамической турбулентности с вынуждающей внешней силой.** Чернышов А.А., Карельский К.В., Петросян А.С. *Механика, управление и информатика.* 2011, № 4, с. 105-136. Рус.

Предлагается метод крупных вихрей для исследования сжимаемой магнитогидродинамической турбулентности, вынуждаемой внешней силой. Предложенная методика основана на решении исходных отфильтрованных уравнений магнитной гидродинамики конечно-разностными методами и на линейном представлении внешних сил в уравнениях сохранения импульса и магнитной индукции, обеспечивающих производство кинетической и магнитной энергий. Основное внимание уделено важному и до сих пор не исследованному вопросу о способности метода крупных вихрей воспроизводить масштаб-инвариантные спектры Колмогорова и Ирошника—Крейчана в сжимаемом магнитогидродинамическом течении.

**23.04-01.429 Система проведения видеосеминаров ВидеоГРИД.** Шикота С.К.А., Меньшутин А.Ю., Крашakov С.А., Григорьева М.В., Щур Л.Н. *Механика, управление и информатика*. 2011, № 4, с. 137-147. Рус.

Излагается опыт функционирования системы для организации распределенной работы виртуальных коллективов, реализованной на инструментари AccessGrid. Система ВидеоГРИД развернута в Инновационном центре РАН и в Отделе прикладных сетевых исследований НИЦ РАН. Обсуждается опыт использования системы для проведения видеосеминаров.

**23.04-01.430 От организаторов [семинара "Вычислительные технологии в естественных науках перспективные компьютерные системы: устройства, методы и концепции"].** *Механика, управление и информатика*. 2011, № 5, с. 3-8. Рус.

Настоящий сборник основан на докладах, представленных на расширенном семинаре «Перспективные компьютерные системы: устройства, методы и концепции», который проходил 2–4 марта 2011 г. в Тарусе на базе гостиницы «Интеркосмос» Учреждения Российской академии наук Института космических исследований РАН. Это очередной семинар из серии расширенных семинаров, посвященных вычислительным технологиям в естественных науках. На первом семинаре рассматривались вопросы компьютерного моделирования актуальных задач физики и механики, его труды изданы в 2009 г. в выпуске 1 (Труды семинара по вычислительным технологиям в естественных науках. Вып. 1. Вычислительная физика / Под ред. Р.Р. Назирова. М.: КДУ, 2009. 288 с.); второй был посвящен обсуждению физических и медицинских аспектов исследования сложных нелинейных физических процессов в организме человека (Методы нелинейного анализа в кардиологии и онкологии: Физические подходы и клиническая практика. Вып. 2 / Под ред. Р.Р. Назирова. М.: КДУ, 2010. 206 с.); на третьем обсуждались проблемы компьютерного моделирования задач биологии и химии (Труды семинара по вычислительным технологиям в естественных науках. Вып. 3. Вычислительная химия и биология / Под ред. Р.Р. Назирова, Л.Н. Щура. М.: КДУ, 2010. 118 с.); на четвертом — проблемы технического зрения (Техническое зрение в системах управления мобильными объектами-2010: Труды научно-технической конференции-семинара. Вып. 4. / Под ред. Р.Р. Назирова. М.: КДУ, 2011. 328 с.). На пятом семинаре обсуждались вопросы моделирования событий глобальных масштабов (Вычислительные технологии в естественных науках. Системы глобального масштаба: Труды семинара / Под ред. Р.Р. Назирова, Л.Н.Щура. М.: ИКИ РАН, 2011. 148 с.).

**23.04-01.431 Управление населенностями кубитов путем воздействия электромагнитных импульсов.** Швецов А.В., Сатанин А.М., Гельман А.И. *Механика, управление и информатика*. 2011, № 5, с. 9-23. Рус.

Изучается возможность создания периодической модуляции населенности в волноводной линии, содержащей последовательность идентичных джозефсоновских переходов, каждый из которых при низких уровнях возбуждения представляет собой двухуровневую систему — кубит. Показано, что дисперсионные характеристики среды зависят от состояний кубитов, которые можно инициализировать путем воздействия электромагнитных импульсов, распространяющихся в волноводной линии. Аналитически и численно продемонстрировано, что встречные импульсы позволяют осуществить накачку системы и создать периодическую модуляцию населенностей кубитов с периодом, равным половине длины волны импульсов. Получаемые квантовые структуры проявляют свойства фотонных кристаллов. Детально рассмотрены условия эффективного возбуждения кубитов в такой системе.

**23.04-01.432 Переходы Ландау—Зинера между состояниями взаимодействующих кубитов.** Денисенко М.В., Сатанин А.М. *Механика, управление и информатика*. 2011, № 5, с. 25-35. Рус.

Изучается Ландау—Зинеровское туннелирование в системе связанных кубитов, помещенных в сильное переменное поле. Показано, что если туннельное расщепление уровней кубитов мало, то резонансные условия для многофотонных переходов оказываются зависящими от константы связи. Результа-

ты, полученные в рамках теории возмущений, подтверждаются численными расчетами с использованием квазиэнергетического представления. Изучено влияние константы связи на условия возникновения целых и дробных резонансов. Выполнены расчеты населенностей уровней кубитов и исследованы эффекты формирования интерференционной картины населенностей, обусловленной переходами Ландау—Зинера. Обсуждается возможность экспериментального наблюдения обнаруженных эффектов.

**23.04-01.433 Квантовые ветвящиеся программы — новая парадигма модели квантовых алгоритмов.** Аблоев Ф.М. *Механика, управление и информатика*. 2011, № 5, с. 36-51. Рус.

Классическая ветвящаяся программа — один из вариантов схемных моделей вычислений (circuit models of computation). Определена и изучается математическая модель квантовой ветвящейся программы. В работе рассматриваются классические (детерминированные, вероятностные) и квантовые ветвящиеся программы, определяются их алгебраические и схемные представления. Приводятся сравнительные сложности характеристики классических и квантовых ветвящихся программ. Ключевые слова: сложность вычислений, оценки сложности вычислений, классы сложности, вероятностные алгоритмы, квантовые алгоритмы, детерминированные ветвящиеся программы, вероятностные ветвящиеся программы, квантовые ветвящиеся программы.

**23.04-01.434 Основные подходы к построению ГРИД-инфраструктуры национальной нанотехнологической сети.** Крюков А.П., Демичев А.П., Ильин В.А., Шамардин Л.В. *Механика, управление и информатика*. 2011, № 5, с. 51-68. Рус.

Основная цель ГРИД-инфраструктуры Национальной нанотехнологической сети (ГРИД-ННС) — это предоставление ученым, инженерам, аспирантам и студентам унифицированного безопасного удаленного доступа к суперкомпьютерным ресурсам. Впервые в мире в ГРИД-ННС используется архитектурный стиль REST для реализации ГРИД-сервисов. В инфраструктуре ГРИД-ННС разнесены потоки данных и управляющие потоки. Управление данными в ГРИД-ННС осуществляется по принципу передачи данных непосредственно с сервера хранения данных на сайт, где будет выполняться задача, а результатов — на сервер хранения данных. Проведено сравнение разработанного сервиса распределения нагрузки Pilot и аналогичного сервиса программного обеспечения (ПО) gLite. Показана его эффективность, устойчивость и надежность.

**23.04-01.435 Архитектурно-технологические аспекты эволюции ГРИД.** Васенин В.А., Шундеев А.С. *Механика, управление и информатика*. 2011, № 5, с. 69-91. Рус.

Архитектура и концептуальные положения ГРИД были разработаны в период 2001—2006 гг. Этот период связан с бурным развитием технологии больших веб-сервисов, положенной в основу архитектуры ГРИД. После 2006 г. возник ряд альтернативных подходов как к построению распределенных программных систем (RESTful-веб-сервисы), так и к решению задач, которые традиционно относятся к области ГРИД (облачные вычисления). В этой связи актуальными являются исследования, направленные на анализ истории и перспектив развития технологии ГРИД. Результаты такой работы представлены в настоящей статье. Ключевые слова: ГРИД-технология, облачные вычисления, промежуточное программное обеспечение.

**23.04-01.436 Концептуальные подходы к созданию перспективных космических систем.** Романов А.А., Романов А.А., Урличич Ю.М., Буравин А.Е. *Механика, управление и информатика*. 2011, № 5, с. 92-104. Рус.

Дается обобщенная характеристика свободного программного обеспечения (СПО) и обсуждаются вопросы его применения в различных областях деятельности в России. Ключевые слова: программная индустрия, свободное программное обеспечение.

**23.04-01.437 Что такое СПО.** Иванников В.П. *Механика, управление и информатика*. 2011, № 5, с. 105-109. Рус.

**23.04-01.438 Мультиагентные технологии для управления распределением производственных ре-**

сурсов в реальном времени. *Скобелев П.О., Иващенко А.В., Андреев М.В., Бабанин И.О. Механика, управление и информатика. 2011, № 5, с. 110-122. Рус.*

Дается описание современных разработок в области автоматизации управления распределением производственных ресурсов в режиме реального времени на основе мультиагентных технологий, выполненных в научно-производственной компании «Разумные решения» в рамках ряда работ по созданию и внедрению мультиагентных систем на машиностроительных предприятиях. Рассматриваются новые принципы построения интеллектуальных систем поддержки принятия согласованных решений, основанные на аналогии с природными механизмами самоорганизации, и описываются основные преимущества, получаемые при практическом применении таких решений. Ключевые слова: мультиагентные технологии, онтология, сложные системы, производственное планирование, машиностроение.

**23.04-01.439 Структура и функциональные возможности комплекса имитационного моделирования "виртуальный токамак".** *Зайцев Ф.С., Шишкин А.Г., Сычугов Д.Ю., Лукаш В.Э., Митришкин Ю.В., Хайрутдинов Р.Р., Степанов С.В., Сучков Е.П. Механика, управление и информатика. 2011, № 5, с. 123-134. Рус.*

Описаны концепция комплекса программ «Виртуальный токамак», его функциональные возможности, основные компоненты и способ использования. Обсуждены место и роль проекта в развитии промышленного применения управляемого термоядерного синтеза в России и за рубежом для производства энергии. Рассмотрены проблемы применения современных компьютерных систем решения задач комплексного моделирования плазмы. Сформулированы требования к вычислительным системам и подготовке кадров. Россия, имеющая признанные теоретическую и вычислительную школы, может стать мировым лидером в имитационном моделировании токамака путем относительно небольших инвестиций с целью создания инновационных технологий для последующего внедрения в промышленность. Ключевые слова: математическое моделирование, токамак, комплекс программ, управляемый термоядерный синтез.

**23.04-01.440 Текущие и перспективные технологии виртуализации как платформа для организации облачных вычислений: сравнение и анализ.** *Конюшев В.В. Механика, управление и информатика. 2011, № 5, с. 135-146. Рус.*

Приводится классификация и обзорный сравнительный анализ существующих технологий виртуализации; аргументируются преимущества виртуализации как средства консолидации вычислительных ресурсов; рассматриваются причины потерь производительности в случае применения технологий виртуализации.

**23.04-01.441 Характеристики перспективных принципиально новых компьютерных устройств и систем.** *Граничин О.Н. Механика, управление и информатика. 2011, № 5, с. 147-161. Рус.*

Обсуждаются возможные характеристики перспективных принципиально новых компьютерных устройств и систем. Новый компьютер представлен как устройство, состоящее из набора асинхронных динамических моделей (функциональных элементов). Основные черты: стохастичность, гибридность, асинхронность, отсутствие жесткой централизации, динамическая кластеризация на классы связанных моделей. Особое внимание уделено «гипотетической» модели искусственного интеллекта и реализации «за такт» оценки вектора-градиента многопараметрической функции на вычислительном устройстве типа квантового компьютера. Ключевые слова: гибридные вычисления, стохастичность, оптимизация функционалов, искусственный интеллект.

**23.04-01.442 Распределенное детектирование событий в многомерных потоках данных в беспроводных сенсорных сетях.** *Пойда А.А., Жижин М.Н., Медведев Д.П., Москвитин А.Е., Андреев А.В. Механика, управление и информатика. 2011, № 5, с. 162-182. Рус.*

Разработан и реализован на действующем макете комплекс

программного обеспечения для сбора данных и детектирования погодных, сейсмических и геоакустических событий на узлах пространственно-распределенной беспроводной сети.

**23.04-01.443 Технология распределенных вычислений X-Com: возможности, задачи, направления развития.** *Воеводин В.В., Соболев С.И. Механика, управление и информатика. 2011, № 5, с. 183-191. Рус.*

Распределенные вычисления (метакомпьютинг) — перспективная технология, применяющаяся для объединения множества компьютерных систем с целью решения задач, требующих значительного объема вычислений. В НИВЦ МГУ разрабатывается система метакомпьютинга X-Com — программная платформа для организации и проведения распределенных расчетов. В статье описываются основные возможности системы X-Com, решенные с ее помощью реальные задачи и планы развития системы.

**23.04-01.444 Предисловие.** *Механика, управление и информатика. 2011, № 6, с. 5-8. Рус.*

Системы технического зрения (СТЗ) в настоящее время являются одним из главных средств развития автоматических систем управления движением в условиях, когда объем априорной информации не достаточен и для решения задач управления необходим анализ внешней обстановки в режиме реального времени. СТЗ находят свое применение в современных космических, авиационных, наземных, надводных и подводных мобильных объектах. Благодаря дальнему действию и достаточно высоким уровням пространственного и цветового разрешения современных линейных и матричных приемников оптического излучения СТЗ могут служить незаменимыми источниками информации.

**23.04-01.445 Проблемы технического зрения в современных авиационных системах.** *Визильтер Ю.В., Желтов С.Ю. Механика, управление и информатика. 2011, № 6, с. 11-44. Рус.*

Статья посвящена основным проблемам построения систем технического зрения в современных и перспективных авиационных системах. Рассмотрены основные типы датчиков, используемых в таких системах, и основные требования, предъявляемые к алгоритмам технического зрения. Описаны задачи и методы обнаружения объектов в сцене наблюдения; анализа изображений на этапе планирования авиационных операций; получения, обработки и комплексирования многоспектральных видеоданных. Отдельно рассмотрен класс систем улучшенного видения для самолётов гражданской авиации. Перечислен ряд теоретических и практических результатов, полученных в ГосНИИАС в области разработки перспективных методов технического зрения.

**23.04-01.446 Технологии систем улучшенного/синтезированного зрения для управления летательными аппаратами.** *Костяшкин Л.Н., Бабеев С.И., Логинов А.А., Павлов О.В. Механика, управление и информатика. 2011, № 6, с. 45-56. Рус.*

Приводится обзор способов интеграции информации от бортовых систем технического зрения летательного аппарата. Рассматриваются вопросы возникновения и компенсации геометрических искажений изображений. Приводятся технологии улучшения и комплексирования теле- и тепловизионных изображений, а также способы совмещения радиолокационных, телетепловизионных изображений и цифровой карты местности. Ключевые слова: системы технического зрения, цифровая карта местности, геометрические искажения, улучшенное изображение, совмещение изображений, корреляционно-экстремальные навигационные системы.

**23.04-01.447 Обработка и анализ изображений в бортовых оптико-электронных системах.** *Алтанов В.А., Бабаян П.В., Костяшкин Л.Н., Романов Ю.Н. Механика, управление и информатика. 2011, № 6, с. 57-62. Рус.*

Рассмотрены основные задачи обработки и анализа изображений, решаемые в оптико-электронных системах, предназначенных для использования в составе бортового радиоэлектронного оборудования самолётов, вертолётов, судов, наземных транс-



портных средств. Описаны базовые подходы к решению задач обнаружения и высокоточного сопровождения движущихся и неподвижных объектов, перспективные направления развития информационных технологий в рассматриваемой области. Особое внимание уделено методике принятия решений о выборе алгоритма измерения координат объектов.

**23.04-01.448 Теоретические аспекты и приложения стереоскопических систем навигации, наведения и дистанционного зондирования местности. Белоглазов И.Н.** *Механика, управление и информатика*. 2011, № 6, с. 63-91. Рус.

Исследуются стереоскопические навигационные системы (СтНС), предназначенные для решения задач высокоточной навигации, наведения и дистанционного зондирования местности. Приводится краткое изложение теории совместной оптимальной фильтрации, идентификации и проверки гипотез в дискретной динамической системе специального типа. Предложен комбинированный алгоритм СтНС, основанный на этой теории. Произведена линеаризация фотограмметрических уравнений СтНС в режиме стабилизированного горизонтального полёта летательного аппарата. Синтезирован алгоритм обработки изображений, обеспечивающий максимум апостериорной совместной плотности-вероятности вектора состояния динамической системы, вектора неизвестных параметров и выбранной гипотезы. Получены уравнения, характеризующие точность СтНС при полётах над чистыми ландшафтами и урбанизированной местностью и рассмотрена процедура выбора участков коррекции.

**23.04-01.449 Алгоритм анализа и принятия решения в задаче селекции объектов на изображениях наземных сцен. Блохинов Ю.Б., Гнилицкий В.В., Инсаров В.В., Чернявский А.С.** *Механика, управление и информатика*. 2011, № 6, с. 92-108. Рус.

Одним из подходов к задаче обнаружения объектов на изображениях является сравнение текущего изображения (ТИ) с заранее заданным эталонным изображением объекта (ЭИ). Рассматривается задача сравнения ТИ, полученного с борта летательного аппарата, и ЭИ наземной сцены, причём эталонное изображение задается в виде набора контуров, без учёта яркостей объектов. Предложен алгоритм сопоставления ТИ и ЭИ, основанный на анализе поля направлений градиентов яркости ТИ и нормалей к контурам ЭИ. Также рассматривается иерархическая процедура учёта априорной информации о взаимном расположении объектов на сцене, позволяющая решить задачи локализации объектов сцены и сборки сцены. Алгоритм применяется к набору фотоснимков наземных сцен, содержащих от двух до четырёх объектов. Исследуется точность обнаружения объектов в зависимости от уровней шума. Ключевые слова: селекция объектов, поиск по эталону, сопоставление изображений, контурный эталон, поле градиентов.

**23.04-01.450 Фрагменты прикладной теории систем технического зрения для беспилотных летательных аппаратов. Васильев Д.В.** *Механика, управление и информатика*. 2011, № 6, с. 109-131. Рус.

Дан обзор итогов исследований 1972—2009 гг., выполнявшихся под руководством автора в целях разработки и серийного производства следящих высокоточных систем технического зрения с беспилотным корреляционным сравнением текущих и эталонных видеосигналов. Выделены центральные результаты и методологические приёмы, обобщающие проектирование систем для прецизионного оперативного ориентирования. В необходимой теории задачи корреляционного сравнения сигналов разделены на прямые и обратные. В первых из него извлекают необратимое «пороговое» решение в пользу одного из дискретного множества сигналов, используя корреляции как меры сходства претендента с образцом. Решения задач второго вида обеспечивают непрерывное измерение сдвигов между сигналами близкой формы. Поэтому в дополнение к корреляциям с чётной симметрией относительно нулевого сдвига определён класс «ортокорреляционных» функций (ОКФ) с нечётной симметрией, пригодных на роль меры различия сигналов из-за одномерного сдвига, имеющего недискретизованное множество значений. Рассмотрена линейная процедура оценивания векто-

ра сдвигов финитных сигналов, порождающая беспилотные алгоритмы, которые опираются на «взвешивающую» фильтрацию покadroвых изображений. Содержание увязано со структурой систем технического зрения (СТЗ), где корреляционные дискриминаторы сдвигов измеряют ошибки слежения. Ключевые слова: поле ориентиров, проективные сдвиги, обобщенная корреляция, взвешенная ортокорреляция, беспилотное корреляционное слежение, автозахват, субпиксельная точность ориентирования.

**23.04-01.451 Автоматическое выделение и сопровождение псевдоточечных мерцающих объектов в реальном времени — модель фоноцелевой обстановки, алгоритм работы бортового процессора и технические решения по процессору. Блажевич С.В., Вичтаев В.Н., Ушакова Н.Н.** *Механика, управление и информатика*. 2011, № 6, с. 132-139. Рус.

Представлены компьютерная модель фоноцелевой обстановки и программа, реализующая алгоритм непрерывного сопровождения движущегося мерцающего точечного объекта с вычислением картинных координат  $X$  и  $Y$  отслеживаемого объекта и выдачей прогноза поведения объекта на несколько шагов вперед. Модель демонстрирует высокую эффективность сопровождения цели на фоне интенсивной шумовой составляющей, имеющей статистические характеристики, практически совпадающие с характеристиками объекта, и возможности сопровождения до 1000 целей в секунду при использовании бортового процессора, построенного согласно этой модели. Ключевые слова: автоматическое сопровождение, удаленные объекты, прогноз, бортовой процессор.

**23.04-01.452 Система информационного обеспечения задач сближения, стыковки, посадки космического аппарата на основе компьютерного видения. Соколов С.М., Боуцлавский А.А.** *Механика, управление и информатика*. 2011, № 6, с. 140-156. Рус.

Описывается программный комплекс автоматического визуального мониторинга процесса сближения и стыковки космических аппаратов. Исходной информацией служит видеосигнал, идущий от телекамеры на одном из аппаратов. Получаемая последовательность кадров обрабатывается в реальном времени. В каждом кадре выделяются детали стыковочных узлов, размеры которых и геометрические параметры взаимного расположения используются как первичные измерения. По этим измерениям восстанавливается относительное движение космических аппаратов. Приводятся примеры обработки реальных видеоданных, полученных в процессе сближения и стыковки космических кораблей с международной космической станцией. Обсуждается возможность использования этого же комплекса для других задач информационного обеспечения целенаправленных перемещений космических аппаратов, в частности, посадки, на основе вычисления оптического потока. Ключевые слова: компьютерное зрение, относительное движение, зрительная система реального времени, оптический поток, сближение, стыковка и посадка космических аппаратов.

**23.04-01.453 Задачи бортовой обработки информации телевизионной системы навигации и наблюдения при посадке на Фобос. Аванесов Г.А., Жуков В.С., Краснопецева Е.Б., Фори А.А.** *Механика, управление и информатика*. 2011, № 6, с. 157-165. Рус.

Телевизионная система навигации и наблюдения (ТСНН) разработана для орбитальных съёмов Фобоса и Марса в навигационных и научных целях, а также для информационной поддержки посадки на Фобос. В состав ТСНН входят две узкоугольные камеры с фокусным расстоянием 500 мм и две широкоугольные камеры с фокусным расстоянием 18 мм. Процессоры камер позволяют проводить обработку получаемых изображений в реальном времени. При посадке на Фобос с помощью ТСНН будут проводиться автономный выбор места посадки, а также резервные измерения высоты и скорости КА. Программно-алгоритмическое обеспечение ТСНН в режиме «Посадка» отлажено с использованием изображений Фобоса, Луны и шероховатых поверхностей со структурой, сходной со структурой поверхности Фобоса. Ключевые слова: Фобос, миссия ФОБОС-ГРУНТ, телевизионная система навигации

и наблюдения, бортовая обработка информации.

**23.04-01.454 Анализ влияния динамики космического аппарата на характеристики алгоритмов обработки изображений системы технического зрения проекта ФОБОС-ГРУНТ.** *Гришин В.А. Механика, управление и информатика.* 2011, № 6, с. 166-178. Рус.

Рассматриваются методика и результаты отработки алгоритмов слежения и прогноза системы технического зрения для проекта ФОБОС-ГРУНТ. Обработка производилась с использованием расчётных баллистических данных процесса посадки и модели поверхности Фобоса. Ключевые слова: посадка космических аппаратов, системы технического зрения, динамика космического аппарата, алгоритмы измерения и прогноза.

**23.04-01.455 К вопросу оценки корреляционных характеристик шума цифровых оптико-электронных систем видимого диапазона.** *Веселов Ю.Г., Карпиков И.В. Механика, управление и информатика.* 2011, № 6, с. 179-188. Рус.

Детально проанализированы корреляционные характеристики шума цифровых оптико-электронных систем видимого диапазона. Получены экспериментальные зависимости значений радиуса корреляции шума от условий съёмки и параметров аппаратуры наблюдения в лётных условиях. Ключевые слова: цифровые фотоаппараты; статистические характеристики шума; автокорреляционная функция; площадь корреляции; радиус корреляции.

**23.04-01.456 Техническое зрение мобильных роботов.** *Михайлов Б.В. Механика, управление и информатика.* 2011, № 6, с. 191-201. Рус.

Рассматриваются три системы технического зрения, которые обеспечивают управление движением мобильного робота в условиях недетерминированной среды. Ключевые слова: мобильные роботы, техническое зрение, системы управления, оучствление, видеокамеры, объёмное зрение, построение маршрута, навигация робота, корреляционная функция.

**23.04-01.457 Обнаружение препятствий перед наземным мобильным объектом в бортовой системе технического стереозрения реального времени.** *Выголов О.В., Желтов С.Ю., Визильтер Ю.В. Механика, управление и информатика.* 2011, № 6, с. 202-215. Рус.

Предложен вычислительно эффективный метод обнаружения трёхмерных объектов на относительно гладкой поверхности по стереоскопическим изображениям сцены, получаемым с двух видеокамер наземного мобильного объекта. Суть метода заключается в том, что с построением в полярной системе координат ортогональных проекций стереоизображений на подстилающую поверхность задача обнаружения трёхмерных объектов сводится к более простой задаче обнаружения на синтезированных изображениях яркостно-геометрической структуры известной формы — совокупности вертикальных границ контрастности. Вертикальность границ позволяет организовать поиск этой структуры на основе «быстрых», аппаратно поддерживаемых процедур обработки изображений, таких как свёртка изображения с прямоугольной маской и вычисление интегральных проекций яркости изображения в вертикальном и горизонтальном направлениях. Практическая применимость метода показана на примере создания бортовой системы технического стереозрения реального времени для обнаружения препятствий перед транспортным средством при его движении по скоростным автомагистралям. Ключевые слова: обнаружение препятствий, стереозрение, реальное время, ортофото.

**23.04-01.458 Гиперспектральная система зрения для мобильных роботов.** *Овчинников А.М., Платонов А.К. Механика, управление и информатика.* 2011, № 6, с. 216-229. Рус.

Описывается макетный образец гиперспектрометра, разработанный для исследования особенностей характеристик гиперспектральных сигналов, получаемых при наблюдении близко расположенных объектов. Такие исследования необходимы при создании сенсоров пространственно-спектральных характеристик окружения мобильных роботов или других распознающих мехатронных автоматов. Приводится модель гиперспектра, по-

лучаемого при наблюдении близких объектов, которая позволяет учесть влияние дисторсионных явлений в оптическом канале гиперспектрометра, заметно отличающих «локальный гиперспектр» от гиперспектральных данных, получаемых при дистанционным зондировании объектов Земли с самолётов и спутников. Описываются результаты исследования достижимых характеристик локального гиперспектрометра и экспериментов спектрального анализа объектов в его ближайшем окружении.

**23.04-01.459 Опыт создания системы локальной видеонавигации для подводных аппаратов.** *Артюхов М.Ю., Кротов А.Н., Макашов А.А., Сахарова Е.И. Механика, управление и информатика.* 2011, № 6, с. 230-242. Рус.

Рассмотрены вопросы реализации системы локальной видеонавигации и динамического позиционирования, описаны алгоритмы её построения с использованием стереопары. Приводится алгоритм выделения на изображении кольцевого маркера, определения его метрических координат. Рассматривается возможность динамического позиционирования аппарата над объектом работ и автоматизированная посадка подводного аппарата по этим показаниям. Ключевые слова: локальная навигация, обработка видеоизображения, распознавание образов, системы технического зрения, динамическое позиционирование, подводный аппарат, склейка кадров, перспективное преобразование.

**23.04-01.460 Биологически инспирированное техническое зрение в системах автономного искусственного интеллекта.** *Жданов А.А. Механика, управление и информатика.* 2011, № 6, с. 245-267. Рус.

Представлены авторская биологически инспирированная концепция построения систем автономного адаптивного управления (ААУ), её основные положения и способы построения систем управления для прикладных объектов. Более подробно рассматриваются подсистемы «технического зрения», обеспечивающие восприятие входной информации и играющие роль самообучаемых систем распознавания образов. Особое внимание уделяется способам построения таких систем на базе специально для систем ААУ разработанных самообучаемых моделей нейронов и сетей из таких нейронов. Акцентируется внимание на том, что система восприятия входной информации у автономных роботов должна быть адекватной их системе принятия решений и совсем не обязательно должна копировать систему восприятия человека. Представлены некоторые примеры автономных роботов с адаптивными системами управления. В заключение говорится о возможных перспективах и направлениях развития данного подхода к построению систем автономного искусственного интеллекта.

**23.04-01.461 Автоматическая система реального времени для обнаружения объектов и ориентиров на изображениях, основанная на обработке цветных изображений.** *Кий К.И. Механика, управление и информатика.* 2011, № 6, с. 268-276. Рус.

Кратко излагается новый подход к качественному и количественному описанию цветных изображений и выделению объектов на изображениях, которые могут представлять интерес при решении различных практических задач. Проводится также анализ существующих методов для решения указанных задач и сравнение с предложенным методом. Приводятся примеры применения к задаче поиска ориентиров на изображениях и демонстрируются результаты обработки. Описываются параметры программной системы, разработанной на основе предложенного подхода. Ключевые слова: компьютерное зрение, понимание изображений, сегментация изображений, зрение роботов.

**23.04-01.462 Использование особенностей современного представления цифровых видеоданных для оптимизации алгоритмов обработки.** *Стрельников К.Н. Механика, управление и информатика.* 2011, № 6, с. 277-281. Рус.

Предлагается быстрый алгоритм обнаружения объектов с помощью поворотной IP-камеры. Высокая скорость достигается благодаря новому подходу к оптимизации обработки кодированного видеопотока с использованием служебной информации кода.

**23.04-01.463 Морфологические методы анализа сцен по их изображениям.** *Пытьев Ю.П., Чуликов А.И. Механика, управление и информатика.* 2011, № 6, с. 282-290. Рус.

Морфологические методы анализа изображений предназначены для решения задач узнавания и классификации объектов, выделения отличий в сценах, оценки параметров сцен по их изображениям, полученным при неконтролируемых и неизвестных условиях. В статье вводится понятие сравнения изображения по форме, дается определение формы изображения как инварианта преобразований изображения, отвечающих изменениям условий их регистрации. Приводятся методы решения ряда задач.

**23.04-01.464 Сегментация изображений на основе описаний кластеров структурированными гауссовыми смесями.** *Ланге М.М., Новиков Н.А. Механика, управление и информатика.* 2011, № 6, с. 291-302. Рус.

Предложен подход к решению задачи сегментации изображений с использованием древовидно-структурированных описаний кластеров гауссовыми смесями в многомерном пространстве признаков. Рассмотрены модификации таких описаний, строящиеся на основе оптимизации деревьев с помощью процедуры скользящего контроля. С использованием древовидных представлений кластеров сформулирован алгоритм сегментации в форме байесовской процедуры классификации по критерию максимума апостериорной вероятности. В экспериментах с аэрокосмическими изображениями разработанный алгоритм сегментации продемонстрировал существенно меньшее число отказов по сравнению с традиционным алгоритмом, использующим гистограмму. Сравнительные оценки затрат памяти демонстрируют выигрыш предложенного алгоритма относительно традиционного в 50 и более раз, в зависимости от модификаций применяемых древовидных структур.

**23.04-01.465 Быстрые алгоритмы анализа изображений со структурными искажениями.** *Корнилов Ф.А., Костоусов В.Б., Перевалов Д.С. Механика, управление и информатика.* 2011, № 6, с. 303-309. Рус.

Предлагаются и исследуются новые эффективные алгоритмы поиска по эталону и поиска изменений на изображениях, применимые для анализа изображений реальных сцен в случае наличия структурных искажений интересующих объектов.

**23.04-01.466 Программно-аппаратная реализация кортексного сканера.** *Домунян А.А. Механика, управление и информатика.* 2011, № 6, с. 310-316. Рус.

Рассматривается задача создания кортексного сканера, являющегося универсальным аппаратным средством выделения признаков на этапе предварительной обработки изображений для последующего использования признаков при распознавании изображений. Работа кортексного сканера моделирует процессы обработки информации, происходящие в первичной зрительной области коры головного мозга. Рассмотрены также аппаратные аспекты создания такого устройства, основанного на программируемых логических интегральных схемах, получающих информацию от микрокамер. Ключевые слова: искусственный нейронный кортекс, кортексный сканер, распознавание образов, искусственный интеллект.

**23.04-01.467 Точность оценивания координат реперных знаков на неподвижной цели по измерениям бортового оптического датчика.** *Бахшиян В.Ц., Назиров Р.Р., Федяев К.С. Механика, управление и информатика.* 2011, № 6, с. 317-327. Рус.

Излагается способ оценивания точности определения координат реперных знаков, расположенных на неподвижной цели, по результатам их наблюдений с помощью бортового оптического датчика. Точность оценивается при различных предположениях о коррелированности измерений координат каждого из реперных знаков. Рассматриваются следующие случаи: а) измерения некоррелированы; б) информация о корреляционной матрице отсутствует; в) существуют несколько групп измерений, причём измерения в различных группах некоррелированы, а внутри каждой группы возможна произвольная корреляция. Рассматривается также задача нахождения наилучшего по

точности плана измерений при условии произвольной коррелированности измерений. Приводятся результаты практических расчётов.

**23.04-01.468 Космический мусор — угроза человечеству.** *Вениаминов С.С., Червонов А.М. Механика, управление и информатика.* 2012, № 4, с. 2-191. Рус.

Актуальность проблемы космического мусора обусловлена усиливающимся засорением околоземного космоса, снижением под его воздействием качества функционирования космических аппаратов и выходом их из строя, столкновениями и взрывами космических объектов. дан обзор проблемы, описаны средства, используемые для наблюдения космического мусора, оценены их возможности. освещено общее состояние засоренности околоземного космического пространства и его отдельных областей, проанализированы различные факторы и события, вызвавшие его засорение. дается оценка продолжающегося мусорообразования, показаны его основные источники и механизмы, рассмотрены наиболее важные закономерности. на основе результатов выполненных исследований и тенденций засорения, дается прогноз развития этого процесса и его негативных последствий. рассмотрены возможные пути снижения темпов засорения космоса. дана оценка перспектив борьбы с этим опасным явлением.

**23.04-01.469 Оценивание и коррекция параметров движущихся систем.** *Курс лекций. Бахшиян В.Ц. Механика, управление и информатика.* 2012, № 5, с. 2-72. Рус.

Журнал выходит в виде книги. Представляет собой курс лекций по основам теории планирования оптимального эксперимента, который в течение ряда лет читался ведущим научным сотрудником ИКИ РАН В.Ц. Бахшияном (1944—2011) для аспирантов ИКИ РАН, студентов Московского государственного технического университета им. Баумана и Московского авиационного института. В курсе кратко изложены основные разделы теории оценивания, линейного программирования, планирования эксперимента.

**23.04-01.470 Научные задачи проекта Интергелиозонд.** *Кузнецов В.Д. Механика, управление и информатика.* 2012, № 6, с. 5-14. Рус.

Проект Интергелиозонд предназначен для исследований внутренней гелиосферы и Солнца с близких расстояний и из внеэллиптических положений на гелиоцентрических орбитах. Дается описание актуальности, основных научных целей и задач проекта, предварительного состава комплекса научной аппаратуры, баллистического сценария и рабочих орбит космического аппарата. Обсуждаются возможные варианты кооперации с другими солнечно-гелиосферными космическими миссиями.

**23.04-01.471 Многофункциональный оптический телескоп "Тахомаг". Наземный прототип.** *Обриджо В.Н., Кожеватов И.Е., Руденчик Е.А. Механика, управление и информатика.* 2012, № 6, с. 15-20. Рус.

Представлен спектромагнитограф ИЗМИРАН — наземный прототип «Тахомаг», входящего в состав комплекса научной аппаратуры космической миссии Интергелиозонд. Уникальная особенность прототипа при его использовании и в космическом варианте — новый параллельный тип анализатора поляризации. Он обеспечивает параллельные (одновременные) измерения шести поляризационных компонентов спектральных линий и получение полного вектора Стокса магнитного поля одновременно в двух солнечных магнитоактивных линиях с точностью 4 Гс по продольному полю и 150 Гс по поперечному. В статье описана схема и принцип работы анализатора поляризации. Приведено сравнение данных измерений параметров Стокса, выполненных на спектромагнитографе ИЗМИРАН и на поляриметре HINODE. Затронуты вопросы калибровки поляризации.

**23.04-01.472 Многофункциональный оптический телескоп "Тахомаг". Общее описание.** *Обриджо В.Н., Кожеватов И.Е., Руденчик Е.А., Куликова Е.Х., Кузнецов В.Д. Механика, управление и информатика.* 2012, № 6, с. 21-26. Рус.

Представлен многофункциональный оптический телескоп

«Тахомаг», создаваемый в рамках проекта Интергелиозонд. Он содержит спектромагнитограф для прямых измерений полного вектора магнитного поля в солнечной фотосфере с близких к Солнцу расстояний (~60 солнечных радиусов) с высоким пространственным и спектральным разрешением. С помощью «Тахомаг» предполагается провести исследование тонкой структуры солнечной атмосферы в различных спектральных линиях и поляризациях; исследование характеристик магнитного поля солнечной фотосферы от низких до высоких эклиптических широт; исследование магнитных полей в приполярных областях Солнца. Даны предварительная оптическая схема «Тахомаг» и его предполагаемые характеристики.

**23.04-01.473** Комплекс изображающих инструментов проекта Интергелиозонд. *Кузин С.В., Богачев С.А., Шестов С.В., Перцов А.А., Ульянов А.С., Рева А.А., Кириченко А., Зимовец И.В., Кузнецов В.Д.* Механика, управление и информатика. 2012, № 6, с. 27-35. Рус.

Представляется комплекс изображающих инструментов рентгеновского и оптического диапазона для исследования короны Солнца, создаваемый в рамках проекта Интергелиозонд. В состав комплекса входят рентгеновский телескоп-спектрометр «Соренто», телескоп вакуумного ультрафиолетового диапазона «Трек», оптический коронограф «Ока» и гелиосферный широкопольный телескоп «Гелиосфера». Комплекс предназначен для исследования различных проявлений солнечной активности как связанных процессов. Поля зрения приборов перенакладываются, что позволяет исследовать развитие отдельного явления от его зарождения в переходном слое или нижней короне до расстояния в несколько десятков солнечных радиусов над поверхностью. Управление комплексом осуществляется единым компьютером, что позволяет оптимизировать программы наблюдений. В статье представлены научные задачи комплекса и его характеристики.

**23.04-01.474** Солнечный рентгеновский телескоп "Соренто" для проекта Интергелиозонд. *Кириченко А., Зимовец И.В., Богачев С.А., Кузин С.В.* Механика, управление и информатика. 2012, № 6, с. 36-46. Рус.

«Соренто» — это рентгеновский телескоп, предназначенный для построения изображений Солнца в диапазоне энергий 5—100 кэВ с высоким пространственным и энергетическим разрешением, близким к рекордному. Телескоп входит в состав научной аппаратуры космической обсерватории «Интергелиозонд», благодаря чему впервые в мире станет возможным выполнять изображающие наблюдения Солнца с близких гелиоцентрических орбит и за пределами плоскости эклиптики. Основной научной задачей «Соренто» будет получение высокоточной пространственной информации о положении и структуре источников жесткого рентгеновского излучения в атмосфере Солнца, измерение их спектров и получение фотометрической информации о потоках солнечного излучения в диапазоне 5—100 кэВ.

**23.04-01.475** Фотометрические наблюдения флуктуаций излучения солнца в эксперименте ФОТОСКОП. *Лебедев Н.И., Жужада Ю.Д., Кузнецов В.Д., Болдырев С.И.* Механика, управление и информатика. 2012, № 6, с. 47-51. Рус.

Наблюдения флуктуаций солнечного излучения в широком спектральном диапазоне, от ультрафиолета до ближнего инфракрасного, имеют большое значение для решения научных задач в области гелиосейсмологии, изучения различных проявлений солнечной активности, определения связи вариаций потока солнечного излучения и изменения климата на Земле. Эксперимент ФОТОСКОП на борту космического аппарата (КА) «Интергелиозонд» предназначен для получения непрерывных, высокоточных данных об изменении потока солнечного излучения не менее чем в 160 точках спектра, в диапазоне от 300 до 1600 нм, в течение всего времени активного существования КА. Измерение потоков солнечного излучения на внеэклиптических участках орбиты «Интергелиозонда» позволит впервые определить величины этих потоков и их изменения для разных гелиоширот. Приведены основные измерительно-технические характеристики многоканального солнечного фотометра, описана конструкция прибора.

**23.04-01.476** "Хемикс" — солнечный бреговский спектрометр мягкого рентгеновского диапазона нового поколения. *Сильвестр Я., Бакала Я., Подгорски П., Ковальнишки М., Кордылевски З., Гбурек С., Тржебиньски В., Кузнецов В.Д., Болдырев С.И.* Механика, управление и информатика. 2012, № 6, с. 52-64. Рус.

Представлено краткое описание прибора «Хемикс» — солнечного бреговского телескопа-спектрометра мягкого рентгеновского диапазона высокого спектрального разрешения (ChemiX — Chemical composition from X-ray) для межпланетной миссии Интергелиозонд. На расстояниях от Солнца в 0,3 а. е. прибор будет наблюдать с очень высоким спектральным разрешением спектры излучения от вспышек и активных областей в солнечной короне. Анализ и интерпретация этих спектров, получаемых оперативно в спектральном диапазоне от 1,5 до 7 Å, позволят впервые исследовать основные физические характеристики вспышечной плазмы: объем плазмы с разными температурами; турбулентное и ламинарное движение плазмы; ионизацию и ионную температуру; вклад нетепловых электронов в поток излучения в линиях и в континууме; химический состав горячей корональной плазмы. Чувствительность спектрометра «Хемикс» будет в несколько раз выше, чем у его предшественника — спектрометра РЕСИК, который находился на борту спутника «КОРОНАС-Ф» (запущен в 2001 г.). Измерения спектрометра «Хемикс» будут иметь более высокое спектральное разрешение, что позволит определять абсолютное (по отношению к водороду) содержание химических элементов в солнечной короне с атомными номерами между 12 и 30 (Mg-Cu). Для многих химических элементов точность их определения будет превышать полученную по фотосферным измерениям на основе спектров видимого и инфракрасного диапазонов.

**23.04-01.477** Прецизионная спектрометрия мягкого и жесткого рентгеновского излучения солнца прибором ПИНГ-М в проекте Интергелиозонд. *Гляненько А.С., Котов Ю.Д., Юров В.Н., Лупарь Е.Э., Трофимов Ю.А., Рубцов И.В., Жучкова Е.А., Кочемасов А.В.* Механика, управление и информатика. 2012, № 6, с. 65-75. Рус.

Обсуждаются научные задачи эксперимента по прецизионной спектрометрии излучения солнечных вспышек в диапазоне мягкого (1,5—25 кэВ) и жесткого рентгеновского и гамма-излучения (25—2000 кэВ). Приведены описания и характеристики полупроводникового и сцинтилляционного спектрометров прибора ПИНГ-М для спутникового проекта Интергелиозонд.

**23.04-01.478** Поляриметрия жесткого рентгеновского излучения солнечных вспышек. *Котов Ю.Д., Гляненько А.С., Юров В.Н., Жучкова Е.А., Умнова О.Н., Дергачев В.А., Круглов В.М., Матвеев Г.А., Лазутков В.П., Скородумов Д.В., Савченко М.И.* Механика, управление и информатика. 2012, № 6, с. 76-87. Рус.

Дан анализ ожидаемой величины степени поляризации для различных моделей солнечных вспышек. Представлен принцип определения степени линейной поляризации рентгеновского излучения солнечных вспышек, основанный на восстановлении степени поляризации по азимутальной асимметрии комптоновского рассеяния. Сравняются эффективные площади поляриметров RHESSI, СПР-Н («КОРОНАС-Ф») и «Пингвин-М» («КОРОНАС-Фотон»). Приведен обзор выполненных к настоящему времени результатов измерений поляризации жесткого рентгеновского излучения Солнца. Описана структура и характеристики поляриметра ПИНГ-П, предназначенного для проведения эксперимента на космическом аппарате (КА) «Интергелиозонд». Принцип построения прибора основан на анализе работ и опыта прибора «Пингвин-М» / «КОРОНАС-Фотон».

**23.04-01.479** Исследование линейчатого гамма-излучения солнечных вспышек с высоким энергетическим разрешением в эксперименте сигнал. *Улин С.Е., Гальпер А.М., Дмитренко В.В., Утешев З.М., Власик К.Ф., Грачев В.М., Новиков А.С., Архангельская И.В., Кривова К.В.* Механика, управление и информатика. 2012, № 6, с. 88-98. Рус.

Сформулированы основные цели и задачи эксперимента СИГ-

НАЛ. Дано описание спектрометра, разработанного на основе ксенонового детектора, и приведены его основные физико-технические характеристики.

**23.04-01.480** Исследование жесткого рентгеновского и гамма-излучения солнечных вспышек и космических гамма-всплесков в эксперименте «Геликон-И» проекта Интергелиозонд. *Уланов М.В., Аптекарь Р.Л., Голенецкий С.В., Мазец Е.П., Олейник Ф.П., Пальшин В.Д., Свинкин Д.С., Соколова З.Я., Фредерикс Д.Д.* *Механика, управление и информатика.* 2012, № 6, с. 99-104. Рус.

Научная аппаратура (НА) «Геликон-И» комплекса научной аппаратуры проекта Интергелиозонд предназначена для исследования с высоким временным разрешением кривых блеска, энергетических спектров и быстрой спектральной переменности вспышек жесткого рентгеновского излучения Солнца и космических гамма-всплесков в широком энергетическом интервале 10 кэВ — 15 МэВ. Рассматриваются основные характеристики аппаратуры и требования к космическому аппарату и его бортовым системам, необходимые для обеспечения проведения эксперимента.

**23.04-01.481** Исследование процессов образования и переноса в ближней и дальней гелиосфере солнечных космических лучей по измерениям электронов и ионов вблизи солнечной короны, а также спектров и поляризации нейтрального излучения, сопровождающего солнечные вспышки. *Амелюшкин А.М., Богомолов В.В., Веденькин Н.Н., Галжин В.И., Июдин А.Ф., Морозов О.В., Панасюк М.И., Свертилов С.И., Яшин И.В.* *Механика, управление и информатика.* 2012, № 6, с. 105-131. Рус.

Обсуждаются проблемы получения не искаженной информации об источниках солнечных энергичных частиц (СЭЧ), процессах их (до)ускорения и переноса в гелиосфере. Констатируется важность проведения измерений спектров иpitch-угловых распределений СЭЧ во внутренней гелиосфере. Обсуждается роль измерений нейтрального излучения, нейтронов и гамма-квантов от Солнца в получении информации о спектрах, временных профилях потоков первичных СЭЧ, а также о процессах их образования. В статье подчеркивается необходимость регистрации потоков нейтронов с энергиями порядка единиц и десятков МэВ, как от солнечных вспышек, так и от корональных выбросов, а также кривой блеска солнечной вспышки в гамма-излучении. В статье предлагаются варианты решения научных задач проекта Интергелиозонд в части регистрации нейтральной и заряженной компоненты СЭЧ, в том числе и путем создания научной аппаратуры адекватной по своим параметрам решаемым научным проблемам.

**23.04-01.482** Исследование солнечного ветра в эксперименте Гелион проекта Интергелиозонд. *Веригин М.И., Ремизов А.П., Котова Г.А., Безруких В.В., Трухлик В., Хрушка Ф., Аустер Г.У., Гуцкинг Л., Хильгенбах М.* *Механика, управление и информатика.* 2012, № 6, с. 132-138. Рус.

Для постоянных и быстрых измерений детальных энергетических и угловых спектров ионов солнечного ветра и планетного происхождения в проекте Интергелиозонд предлагается установить на космический аппарат (КА) прибор «Гелион», который представляет собой электростатический анализатор сферического типа с отклоняющей дефлекторной системой, имеет небольшую массу, экономное энергопотребление и сможет надежно работать в условиях экстремальных тепловых потоков от Солнца.

**23.04-01.483** Измерения электронов солнечного ветра в проекте Интергелиозонд (эксперимент Гелиес). *Ковражкин Р.А., Владимиров Г.А., Глазунов А.Л., Собо Ж.А., Токавен Ж.Ж.* *Механика, управление и информатика.* 2012, № 6, с. 139-143. Рус.

Приводится описание эксперимента Гелиес, предназначенного для измерения функций распределения электронов солнечного ветра и межпланетной плазмы с высоким угловым и энергетическим разрешением. Спектр электронов измеряется в диапазоне от  $\sim 1$  эВ до 5 кэВ. Энергетическое разрешение составля-

ет  $\Delta E/E=18\%$ . В приборе используется четверть-сферический анализатор типа “top-hat”, перед которым устанавливаются электростатические дефлекторы, позволяющие собирать тепловые и сверхтепловые электроны в угловом секторе  $360 \times 120^\circ$ . Прибор «Гелиес» может работать в разных режимах со скоростью передачи информации 0,3—3 кбит/с; масса прибора — 3 кг, потребление — 3 Вт.

**23.04-01.484** Изучение межпланетной и межзвездной пыли вблизи Солнца в миссии Интергелиозонд (детектор пыли ПИПЛС-А). *Шахвердян Т.А., Вайсберг О.Л., Крама Р.* *Механика, управление и информатика.* 2012, № 6, с. 144-150. Рус.

Цель эксперимента — изучение пыли в Солнечной системе: химического состава, массы, зарядов частиц вблизи Солнца и их пространственного распределения. Прибор представляет собой пылевой телескоп, состоящий из измерителя траектории частиц и масс-анализатора.

**23.04-01.485** Изучение ионизационного состояния солнечного ветра в миссии Интергелиозонд (анализатор ионов ПИПЛС-Б). *Вайсберг О.Л., Койнаш Г.В., Моисеев П.П., Летунковский В.В., Тоньшев А.К., Подколзин С.Н., Шестаков А.Ю., Журавлев Р.Н., Шахвердян Т.А.* *Механика, управление и информатика.* 2012, № 6, с. 151-155. Рус.

Представлен панорамный энерго-масс-анализатор ПИПЛС-Б для изучения ионизационного состояния солнечного ветра. За основу взята электронно-оптическая схема прибора ДИАРИЕС. Планируется модификация оптической схемы для выполнения поставленных научных задач в проекте Интергелиозонд.

**23.04-01.486** Исследование межпланетной среды на космическом аппарате "Интергелиозонд" с помощью волнового эксперимента ИМВЭ. *Скальский А.А., Застенкер Г.Н., Бородкова Н.Л., Ануфрейчик К.В., Добровольский И.А., Климов С.И., Петрукович А.А., Рыбьева Н.Е., Храпченков В.В., Немечек З., Шафранкова Я., Преж Л.* *Механика, управление и информатика.* 2012, № 6, с. 156-168. Рус.

Основные задачи интегрированного магнитно-волнового эксперимента ИМВЭ — систематическое изучение пространственно-временной динамики мелкомасштабных и среднемасштабных структур межпланетной среды в ходе длительного полета космического аппарата (КА) «Интергелиозонд» от Земли в сторону Солнца, сравнительный анализ особенностей этих структур в зависимости от гелиошироты; исследование турбулентности межпланетной среды в области высоких частот, включая измерение флуктуаций различных параметров в мало изученном диапазоне 0,1—30 Гц; оценка таких аспектов флуктуаций как частотный спектр, перемещаемость, перераспределение энергии по спектру колебаний. Для проведения исследований разработан приборный комплекс ИМВЭ, включающий в себя датчик низкочастотного магнитного поля (ДНМП-И), датчики высокочастотного магнитного поля (ДВМП-И), датчики потока ионов (БМСВ-И) и модуль электроники. Эксперимент предназначен для измерения параметров межпланетного магнитного поля и плазмы солнечного ветра: магнитных полей и волн в диапазоне частот до 1 МГц; энергетических спектров потока ионов в диапазоне 0,2—4,0 кэВ; величины и направления переносной скорости потока протонов; температуры протонов и плотности плазмы, а также, при определенных условиях в солнечном ветре, содержания и параметров потока ионов гелия. Предполагается, что временное разрешение этих измерений составит от 0,5 до 1,5 с для энергетического спектра потока ионов, величин переносной скорости, ионной температуры и плотности плазмы и 30 мс для вектора магнитного поля, величины и двух углов прихода потока ионов.

**23.04-01.487** Магнитный эксперимент Гелиомаг в проекте Интергелиозонд. *Стяжкин В.А., Аустер Г.У., Магнец В.* *Механика, управление и информатика.* 2012, № 6, с. 169-177. Рус.

Магнитные измерения в проекте Интергелиозонд предлагается выполнять магнитометром «Гелиомаг». Основные научные

задачи — исследование межпланетного магнитного поля с близких расстояний в окрестности Солнца. Магнитометр «Гелио-маг» — трехкомпонентный феррозондовый магнитометр, состоящий из блока электроники и двух датчиков. Прибор измеряет магнитное поле в диапазоне  $\pm 1000$  нТ с чувствительностью 0,1 нТ и скоростью измерения от 0,5 до 64 векторов в секунду. Для уменьшения влияния теплового излучения Солнца на метрологические характеристики прибора разрабатываются меры его защиты. Датчики размещаются на выносной штанге в тени космического аппарата и покрываются собственным теплозащитным экраном. Электронный блок размещается на корпусе КА под общей теплоизоляцией.

**23.04-01.488 Радиоизмерения в проекте Интергелиозонд (эксперимент РСД).** *Фомичев В.В., Чернов Г.П., Прутенский И.С., Кузнецов В.Д., Роткель Х., Моравский М.* *Механика, управление и информатика.* 2012, № 6, с. 178-192. Рус.

Изложены основные задачи эксперимента Радиоспектрометр-Детектор (РСД), состояние вопроса и результаты предыдущих экспериментов по радиоизмерениям, выполненных на космических аппаратах (КА). Перечислены актуальные задачи нового эксперимента. Дано краткое описание технических характеристик планируемого радиоспектрометра.

**23.04-01.489 Газопылевые структуры в окрестности рукавов спиральных галактик.** *Королев В.В., Коваленко И.Г., Безбородов М.А., Еремин М.А., Савин В.В.* *Математическая физика и компьютерное моделирование.* 2022. 25, № 1, с. 49-68. Рус.

Построена двумерная модель течения газопылевой межзвездной среды в окрестности спирального рукава галактики. Рассмотрено течение в вертикальной плоскости, поперечной к плоскости диска. Учтены эффекты неадиабатичности течения (объемные нагрев и охлаждение газа излучением). Баланс нагрева и охлаждения обеспечивает сосуществование двух фаз — холодных парсекового размера облаков атомарного водорода и теплового межоблачного газа. В рассмотрение включена полидисперсная пыль, представленная тремя фракциями частиц разных размеров и масс. Частицы пыли обладают конечной инерцией, их движения не повторяют в точности движения газа. Учтена турбулентность в диске и спиральном рукаве. Рассмотрены модели, в которых используются разные сочетания расположения источников турбулентности в диске и/или рукаве. Основные результаты, полученные методами компьютерного гидродинамического моделирования, следующие: 1) Облака по мере прохождения через спиральный рукав претерпевают существенные трансформации. Значительная часть облаков абсорбируется в тонкий плотный облачный слой, протягивающийся в спиральном рукаве вдоль экваториальной плоскости в окрестности центра рукава и имеющий размер приблизительно в половину ширины рукава. Меньшая часть облаков проходит без разрушения или с частичным разрушением сквозь рукав, испытывая по ходу движения сильные деформации. Мелкомасштабная облачная компонента частично восстанавливается под действием турбулентности, возмущающей протяженный облачный слой внутри рукава и частично разрушающий его на отдельные фрагменты. 2) На задней по отношению к натекающему потоку газа стороне рукава формируется клинообразная галактическая ударная волна, присоединенная к заднему краю протяженного облачного слоя. Течение, ограниченное ударной волной, имеет характер струи, совершающей квазипериодические поперечные колебания. Причиной колебаний, по-видимому, является неустойчивость сдвигового течения, поскольку внутри струи вдоль потока и под небольшим углом к ударным фронтам формируются тангенциальные разрывы. 3) Пылевые частицы увлекаются турбулентными вихрями и выносятся на высоты 150–200 пк над плоскостью диска, что естественным образом объясняет существование хаотических волоконистых пылевых структур, протягивающихся над галактическим диском на высоты в несколько сотен парсек. 4) Пылинки по-разному распределены внутри вихрей. Пылинки размерами в 0,01–0,1 мкм легче кластеризуются, чем более крупные пылинки радиусом 1 мкм. 5) Турбулентность служит механизмом, позволяющим эффективно запирают пылевые частицы на передней стороне спирального рукава. Как показывает моделирование, пылевые

прожилки отчетливее выражены на передней стороне рукава.

**23.04-01.490 Конформный циклический космологический сценарий с преобладанием фантомной энергии и петлевая квантовая космология.** *Conformal cyclic phantom energy dominated cosmological scenario from loop quantum cosmology.* *Natarajan Sh.* *Математическая физика и компьютерное моделирование.* 2022. 25, № 1, с. 69-82. Англ.

Конформный циклический космологический сценарий рассматривает последние стадии Вселенной, на которых доминирует фантомная энергия. В этой работе предпринята попытка построить квантовую космологическую модель на основе конформной циклической космологии. Обсуждается конформное возникновение квантового космологического сценария. Показано, что классическая Вселенная не будет полностью разорвана на финальных стадиях при доминировании фантомной энергии. Предсказывается дальнейшее расширение через конформную циклическую эволюцию. Эта статья связывает петлевой квантовый формализм с конформным циклическим космологическим формализмом.

**23.04-01.491 Момент инерции земного шара.** *Тарасов В.Н., Бояркина И.В.* *Омский научный вестник.* 2014, № 2, с. 9-10. Рус.

Разработана методика определения момента инерции земного шара методами теоретической механики.

**23.04-01.492 Определение веса единицы массы и давлений в сферических слоях и центре Земли.** *Тарасов В.Н., Бояркина И.В.* *Омский научный вестник.* 2014, № 2, с. 11-13. Рус.

Разработана методика определения веса единицы массы и давлений в сферических слоях методами теоретической механики.

**23.04-01.493 Проблема возраста Земли и АНРИ-эффект.** *Самхарадзе Т.Г., Хаврошкин О.Б., Цытлаков В.В.* *Прикладная физика и математика.* 2023, № 6, с. 14-23. Рус.

Возраст Земли, определённый по состоянию радиоактивных элементов (в первую очередь уран, торий и т.п.) зависит и от потока солнечных нейтрино, поэтому важно оценить и более точно исследовать процесс прохождения нейтрино через радиоактивную среду. Столь важное исследование находится в начальной стадии, но полученные результаты представляют определённый научный интерес. Наиболее актуальны работы, где исследуются аномальное нейтринное радиоизотопное поглощение (АНРИ-эффект) и главное — сечение захвата. Ключевые слова: солнечные нейтрино, радиоактивные геологические структуры, АНРИ-эффект. DOI: 10.25791/pfm.03.2023.1259.

**23.04-01.494 Анализ влияния геодинамических факторов на релятивистское смещение частоты атомных стандартов.** *Гуенко Е.Г.* *Вестник СГУиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий).* 2022. 27, № 5, с. 30-42. Рус.

Выполнен анализ влияния геодинамических факторов на релятивистское смещение частоты атомных стандартов. Представлены результаты расчетов смещений частоты, вызываемых различными геодинамическими явлениями, выполнена оценка значимости этих смещений для современных оптических стандартов частоты. По результатам оценки сделан вывод, что для релятивистского смещения частоты на уровне  $10^{-18}$  самыми значимыми факторами являются приливы в твердой Земле и океанах, которые хорошо учитываются с помощью современных глобальных моделей приливов. Неприливные явления в океанах, вызывающие изменение геопотенциала на уровне  $0,2 \text{ м}^2/\text{с}^2$  (смещение частоты порядка  $2 \cdot 10^{-18}$ ), не оказывают большого влияния на ход стационарных атомных стандартов, рассматриваемых на материках. Постледниковое поднятие имеет вековой характер и хорошо моделируется в настоящее время. Особое внимание рекомендуется уделить сложно моделируемым изменениям потенциала, вызываемым колебаниями уровня воды в водохранилищах (для станций, расположенных вблизи водохранилищ) и уровня грунтовых вод. Остальные рассмотренные геодинамические эффекты практически не влияют на ход оптических часов на уровне указанной точности.

**23.04-01.495 Исследование телескопической системы с трехступенчатой сменой увеличения и стабильным положением выходного зрачка.** Хацевич Т.Н., Шмелев Е.В. *Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий)*. 2022. 27, № 5, с. 173-182. Рус.

Рассмотрены оптические телескопические системы с дискретной сменой увеличения, в которых удаление выходного зрачка составляет  $1/4$ — $1/3$  от общей длины самой системы. Такие системы могут быть положены в основу оптических прицелов с дискретной сменой увеличения. Отмечены проблемы, возникающие при трехступенчатой смене увеличения, связанные с необходимостью обеспечивать стабильное положение выходного зрачка при смене увеличения, сложностью реализации внутренней выверки, при соблюдении массогабаритных ограничений, присущих этому типу оптических приборов. Комплексное решение указанных проблем должно закладываться на схемотехническом уровне и основываться на поиске принципиальной структурной оптической схемы, ее моделировании и определении области решений, позволяющих при переходе к конечным апертурам и толщинам обеспечить высокое качество изображения. Научная гипотеза заключается в том, что включение в структуру оптической телескопической системы внутренней поворотной афокальной системы позволяет реализовать трехступенчатую смену увеличения, обеспечив неизменность положения выходного зрачка при смене увеличения, внутреннюю выверку и конкурентоспособные характеристики оптической системы изделия в целом. Цель статьи: представить результаты анализа схемного решения в параксиальном приближении, определить области решений, обеспечивающие наименьшие относительные отверстия компонентов схемы при введенных габаритных ограничениях на длину системы, диаметры компонентов и удаление выходного зрачка. Методы исследования включают аналитические методы геометрической оптики, теории оптических приборов, методы компьютерного дизайна оптических систем. Результаты исследования подтверждаются разработкой оптической системы со сменными увеличениями 1, 3 и 9 крат с удалением выходного зрачка 80 мм при длине системы в 250 мм.

**23.04-01.496 Разработка геодинимического программного модуля для оценивания деформаций земной коры по результатам геодезических измерений.** Дорогова И.Е., Духовничков К.С. *Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий)*. 2022. 27, № 6, с. 15-27. Рус.

Выполнен обзор возможностей свободной библиотеки Python NumPy, содержащей ряд функций для вычисления деформаций методом конечных элементов. Рассмотрены поддерживаемые методы создания сетки, формы и порядок элементов, для которых может быть выполнен расчет с помощью встроенных функций библиотек. Описан процесс создания программного обеспечения Defor(M)aster, основные требования к интерфейсу, функциональным возможностям и представлению результатов. Разработанное программное обеспечение для расчета параметров деформации земной коры по результатам геодезических измерений протестировано и выполнена оценка достоверности расчета параметров деформации для контрольного объекта путем сравнения результатов, полученных в разработанном программном обеспечении, с результатами, полученными в программном комплексе ELCUT, который обладает схожими функциональными возможностями. Сравнительный анализ результатов, полученных в двух программах, говорит о схожем характере распределения и хорошей согласованности двух наборов параметров деформации. Также сформулированы направления для дальнейшего усовершенствования разрабатываемого программного обеспечения и расширения перечня его функциональных возможностей.

**23.04-01.497 Геодезическое обеспечение выверки формы отражающей поверхности главного зеркала радиотелескопа с применением лазерных трекеров.** Кузин А.А., Петров В.В., Пефтиев А.А. *Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий)*. 2023. 28, № 1, с. 22-32. Рус.

Рассматриваются возможности применения координатоопре-

деляющей технологии с использованием высокоточных геодезических приборов для выверки формы отражающей поверхности главного зеркала радиотелескопа, что имеет очень важное значение для последующей его юстировки и выполнения радиоастрономических наблюдений. Приведены общие сведения о радиотелескопах. Рассмотрены существующие классические геодезические и негеодезические методы, используемые в процессе решения поставленной задачи. Приведена методика геодезических работ по выверке формы с применением высокоточных лазерных трекеров. Методика выполнения работ включает несколько этапов: от проектирования опорной сети и станций расположения трекера до обработки и интерпретации результатов измерений. Достаточно внимания уделено условиям выполнения высокоточных измерений. Математическая обработка результатов измерений выполняется в специализированном программном обеспечении Spatial Analyzer и основана на преобразовании систем координат.

**23.04-01.498 Методика формирования цифровых моделей высот геоида для референчных систем координат.** Шендрик Н.К. *Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий)*. 2023. 28, № 2, с. 40-46. Рус.

Разработана методика формирования цифровых моделей высот геоида для референчных систем координат с использованием программного обеспечения «Trimble Business Center» (ПО «ТВС»). Исходными моделями могут быть известные в открытом доступе высокоточные глобальные модели высот геоида EGM2008, EIGEN6C4 и иные модели, файлы которых с расширением \*.ggf совместимы с ПО «ТВС». В основу методики положена возможность экспорта из ПО «ТВС» в формате ASCII ортометрических высот на заданный пользователем участок на поверхности общеземного эллипсоида WGS84 для заданной равномерной сетки узлов по широте и долготе. Полученная таблица данных является исходной для вычисления высот геоида для референчных систем координат, которые определены параметрами соответствующих референц-эллипсоидов и параметрами Гельмерта — пространственного положения, ориентировки и линейного масштаба относительно общеземной системы координат. Перечисленные исходные данные достаточны для вычисления цифровой модели высот геоида для произвольной референчной системы координат. Актуальность разработанной методики заключается в возможности ее использования для значительно более точного вычисления параметров Гельмерта для региональных и иных территорий по сравнению с принятыми стандартными значениями и, соответственно, более точного преобразования трехмерных положений пунктов между общеземными и референчными системами координат (перечисленные вопросы будут рассмотрены в последующей публикации автора). Апробация методики выполнена для нескольких региональных территорий: Новосибирской и Московской областей, территории Западной Сибири, Республики Беларусь, выборочно, в системах координат СК-42 и СК-95. Некоторые результаты представлены графически в виде картосхем высот геоида для Новосибирской области и на территорию Западной Сибири.

**23.04-01.499 Исследование точности глобальных моделей геопотенциала EGM2008, EIGEN-6C4, GECO, SGG-UGM-1, SGG-UGM-2, XGM2019 на территории Российской Федерации.** Канушин В.Ф., Голдобин Д.Н., Кобелева Н.Н. *Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий)*. 2023. 28, № 3, с. 16-22. Рус.

Улучшение гравиметрической изученности Российской Федерации и создание новых моделей гравитационного поля Земли (ГПЗ) в виде сферических гармоник геопотенциала поставило задачу о выборе наиболее пригодной модели, исходя из особенностей гравитационного поля на территории России. Спутниковые гравиметрические миссии CHAMP, GRACE и GOCE обеспечивают однородный и почти полный глобальный охват информации о ГПЗ. В работе представлены результаты исследования точности современных высокостепенных глобальных моделей геопотенциала для определения различных характеристик гравитационного поля Земли на территории Российской Федерации. В качестве тестируемых моделей геопотенциала ис-

пользованы модели EGM2008, EIGEN-6C4, GECO, SGG-UGM-1, SGG-UGM-2, XGM2019. Результаты исследования представлены в виде статистических параметров и гистограмм распределения разностей  $\delta g$  между значениями силы тяжести, полученными по наземным гравиметрическим измерениям, и вычисленными по модельным данным. У высокоточной модели EIGEN-6C4 стандартное отклонение ( $\sigma=5,24$  мГал) меньше по сравнению с другими моделями геопотенциала. По распределению разностей можно сделать вывод, что модель EIGEN 6C4 наиболее пригодна для территории Российской Федерации.

**23.04-01.500 Алгоритм контроля технического состояния бортовой аппаратуры космических аппаратов с учетом формирования признаков переходных процессов нейронной сетью.** Лоскутов А.И., Шиян А.Н., Столяров А.В., Татаренков А.Н., Журавовский А.А. *Авиакосмическое приборостроение*. 2023, № 7, с. 19-26. Рус.

Рассматриваются вопросы контроля технического состояния бортовой аппаратуры космических аппаратов. Осуществлена математическая постановка задачи разработки алгоритма контроля технического состояния с целью повышения полноты. Данная цель может быть достигнута путем формирования дополнительных признаков, которые позволят обнаружить дефекты, характеризующиеся аномальными параметрами переходных процессов состояний бортовой аппаратуры. Разработан алгоритм контроля технического состояния бортовой аппаратуры. Особенностью данного алгоритма является контроль параметров переходных процессов с формированием дополнительных признаков нейронной сетью на интервале длительности переходного процесса. Приведены результаты моделирования процесса контроля приборов системы управления движением космического аппарата с расчетом показателя полноты контроля. Применение алгоритма позволяет повысить эффективность функционального контроля бортовой аппаратуры за счет повышения его полноты. Ключевые слова: бортовая аппаратура, космический аппарат, алгоритм, контроль технического состояния, полнота контроля, нейронная сеть, переходный процесс. DOI: 10.25791/aviakosmos.7.2023.1349.

**23.04-01.501 Моделирование процесса переориентации космического аппарата оптико-электронного наблюдения поверхности Земли при объектовой съёмке.** Куренков В.И., Пупков Е.А., Кучеров А.С. *Вестник Самарского ун-та. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение*. 2023, 22, № 2, с. 7-20. Рус.

Разработаны проектные модели и алгоритмы для оценки пространственного направления переориентации космического аппарата оптико-электронного наблюдения поверхности Земли при объектовой съёмке с учётом относительного движения объектов наблюдения в поле обзора космического аппарата. Моделирование упрощается благодаря выбору таких систем координат, в которых космический аппарат неподвижен, а объекты наблюдения перемещаются относительно него. Отыскивается направление разворота космического аппарата с заданной угловой скоростью в точку предстоящего пересечения оптической оси аппаратуры наблюдения на поверхности Земли с движущимся в выбранной системе координат объектом наблюдения. Модели и алгоритмы разработаны с целью расширения возможностей существующего в Самарском университете программного комплекса для оценки целевых показателей и проектных характеристик космических аппаратов наблюдения. На основе разработанных моделей перенацеливания разработаны алгоритмы для выбора последовательности съёмки объектов наблюдения по критерию максимума их количества на витке полёта космического аппарата и подсчёта отснятых объектов для оценки производительности объектовой съёмки. Приведён пример реализации одного из графических окон программного обеспечения с разработанными моделями и алгоритмами, в котором визуализируется процесс перенацеливания космического аппарата, что является одним из способов проверки адекватности разработанных моделей и алгоритмов.

**23.04-01.502 Оценка инсоляции жилых помещений.** Серёда С.Н. *Методы и устройства передачи и обработки информации*. 2020, № 22, с. 44-50. Рус.

Целью работы является исследование влияния солнечной ра-

диации на микроклимат жилых помещений путем оценки количества тепловой энергии, поступающей в помещение через светопрозрачные ограждающие конструкции зданий. Рассматривается структура измерительного комплекса, позволяющего осуществлять измерения и дистанционный контроль параметров микроклимата помещения посредством сети Интернет. Представлены результаты наблюдений метеорологических параметров в осенний период, предшествующий началу отопительного сезона. Предложена математическая модель экспериментальной оценки количества солнечной радиации, проникающей в помещение через окна. Установлена эмпирическая зависимость поступающей теплоты и относительной влажности воздуха в помещении. По результатам экспериментов показано влияние солнцезащитной пленки на термозащиту окон. Дана количественная оценка продолжительности инсоляции и количества солнечной радиации, проникающей в помещение через окно.

**23.04-01.503 Геометрия Лобачевского и звездные параллаксы.** Берестовский В.Н. *Сибирский математический журнал*. 2022, 63, № 3, с. 994-1009. Рус.

На основе моделей Бельтрами—Пуанкаре в евклидовых полуплоскости и полупространстве для двумерных и трехмерных пространств Лобачевского дается простой вывод некоторых уравнений и неравенств Лобачевского из его первого опубликованного сочинения «О началах геометрии». Н.И. Лобачевский применил их и некоторые известные в его время звездные параллаксы к исследованию вопроса «находится ли нет в природе» его «теория параллельных». Изложены применения геометрии Лобачевского. Ключевые слова: геометрия Лобачевского, дефект треугольника, модель Пуанкаре пространства Лобачевского в полупространстве, параллакс, прямоугольный треугольник, угол параллельности, эклиптика.

**23.04-01.504 Модель оценивания пространственно-временных характеристик динамической зоны безопасности космических аппаратов.** Данилюк А.Ю., Минаков Е.П., Привалов А.Е., Данилюк Б.А. *Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук*. 2022, № 2, с. 50-57. Рус.

Представлен подход к обеспечению безопасности космических аппаратов, основанный на заблаговременном предупреждении их столкновения с опасными объектами природного и техногенного происхождения. Данный подход реализуется по средствам расчета и последующего контроля зоны безопасности — области околоспутникового пространства, наблюдение за которой позволит своевременно распознать угрозу и при необходимости парировать её. Определены методы расчета пространственно-временных характеристик данного пространства. Приведены примеры расчета данного пространства для защиты метеорологического космического аппарата «Арктика-М» от воздействия космического мусора, движущегося с наиболее вероятными скоростями при различных характеристиках процесса мониторинга.

**23.04-01.505 Баллистическое проектирование многоспутниковых орбитальных группировок космических аппаратов глобального обслуживания на основе вероятностного принципа.** Коваленко А.Ю., Мосин Д.А., Винокуров Р.А. *Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук*. 2023, № 1, с. 57-64. Рус.

Делается вывод о перспективности формирования многоспутниковых орбитальных группировок на базе малых космических аппаратов. Предложен методический подход к формированию баллистической структуры орбитальной группировки, в рамках которого обоснован вероятностный принцип построения орбитальной группировки и выбран класс орбит космических аппаратов. Осуществлен выбор системы показателей оценивания эффективности функционирования орбитальной группировки космических аппаратов, построенных по вероятностному принципу. Предложен алгоритм формирования рациональной баллистической структуры многоспутниковых орбитальных группировок космических аппаратов глобального обслуживания на основе вероятностного принципа.

**23.04-01.506 Короны Венеры: особенности рельефа и стадии эволюции.** Гусева Е.Н., Иванов М.А. *Природа*.



2022, № 11, с. 3-9. Рус.

Короны Венеры — крупные (несколько тысяч километров в диаметре) кольцевые формы рельефа. Вероятно, они представляют собой поверхностные проявления мантийных диапиров. Слабая эрозия практически не выравнивает рельеф поверхности Венеры, что позволяет реконструировать последовательность этапов эволюции диапиров по особенностям рельефа корон. Мы изучили топографическую конфигурацию корон, определили их относительный возраст и установили, что они характеризуются тремя основными топографическими классами (формами рельефа). Эти классы соответствуют разным стадиям их формирования и эволюции родительских диапиров.

**23.04-01.507 Получение новых знаний о солнечной системе методами небесной механики. Емельянов Н.В.** *Природа*. 2022, № 12, с. 29-36. Рус.

Обзор методов современной небесной механики отражающий авторскую концепцию процесса практического изучения природы.

**23.04-01.508 Оптимизация аэротермодинамической конструкции планетарного транспортного средства. Шиванк Ш., Харшул Ш., Хаммад Н.А., Малайканан Г.** *Теплофиз. и аэромех.* 2023, № 3, с. 453-470. Рус.

Представленная работа посвящена оптимизации конструкций различных летательных аппаратов, предназначенных для входа в атмосферу планет. Авторы выбрали в качестве целевой функции аэротермодинамические характеристики теплового потока и сопротивления, затем проанализировали и смоделировали влияние аэродинамического сопротивления на аппараты для входа в разреженную атмосферу планет. Для моделирования использовался основанный на методе прямого статистического моделирования Монте-Карло пакет программ SPARTA. Оптимизация осуществлялась с помощью модуля оптимизации MATLAB. В работе рассматривались два типа планетарных атмосферных условий: соответствующие Земле и Марсу. Сначала выполнялось моделирование спуска в атмосферу планет аппаратов существующих конструкций и проводилось сравнение аэротермических характеристик каждого из них, после чего конфигурация аппарата подвергалась оптимизации в соответствии с планетарными атмосферными условиями. Полученные результаты дают представление о том, как геометрические параметры аппарата отражаются на аэротермических нагрузках планетарных транспортных средств.

**23.04-01.509 Странная кварковая материя и галактическая природа космических лучей. Шаулов С.Б., Куприянова Е.А., Рябов В.А., Щенетов А.Л.** *Кратк. сообщ. по физ. ФИАН*. 2023. 50, № 8, с. 41-48. Рус.

Детальное изучение стволов широких атмосферных ливней при энергиях 1—100 ПэВ в гибридном эксперименте с рентгено-эмульсионной камерой позволяет выдвинуть гипотезу о неядерной природе космических лучей в области колена. Рассмотрение в качестве такой компоненты стабильных заряженных частиц странной кварковой материи (странглетов) объясняет происхождение колена в спектре ШАЛ и позволяет сформулировать альтернативную галактическую модель происхождения спектра космических лучей, включая объяснение его обрезания. Модель ограничивает энергию космических лучей значениями  $E_0 \approx 10^{17} - 10^{18}$  эВ.

**23.04-01.510 О разрушении метеорных тел в атмосфере Земли. Сызранова Н.Г., Андрущенко В.А., Головешкин В.А.** *Мех. композиц. матер. и конструкций*. 2017. 23, № 1, с. 104-116. Рус.

Работа посвящена математическому моделированию механизмов разрушения метеорных тел в атмосфере Земли. В качестве примера проанализировано движение и разрушение трех конкретных метеоритов — Куны—Ургенчского (1998г.), Суданского (2008г.) и Челябинского (2013г.), которые различаются своими размерами, свойствами и составом материала, и траекторными параметрами. Явления движения и разрушения в настоящей работе исследуются на основе расширенных уравнений метеорной физики. Важным фактором, который здесь учитывается, — это переменность параметра уноса массы метеорита под действием тепловых потоков вдоль траектории по-

лета. Статистика падений метеоритов показывает, что большая часть их, в том числе и рассматриваемые тела, падают на Землю раздробленными кусками, поэтому расчет уноса массы требует учета их дробления. Процесс фрагментации метеорита в настоящей работе рассматривается в рамках модели последовательного дробления с учетом влияния масштабного фактора на предел прочности объекта. На завершающем этапе движения метеорных тел процесс разрушения может продолжиться за счет температурных напряжений. В связи с этим оценивается характер возникающих напряжений из-за неоднородности температурного поля на примере шарообразного тела.

**23.04-01.511 Высокоскоростное взаимодействие естественных и техногенных частиц с элементами космических аппаратов. Герасимов А.В., Пацков С.В., Христенко Ю.Ф., Черепанов Р.О.** *Мех. композиц. матер. и конструкций*. 2017. 23, № 1, с. 117-133. Рус.

Исследованы процессы высокоскоростного взаимодействия текстолита и стекла с алюминиевыми и стальными частицами, моделирующими техногенный космический мусор, а также с ледяными и гранитными частицами, моделирующими естественные материалы природных космических тел. Объектами исследования данной работы являлись процессы деформирования и разрушения элементов космических аппаратов из стекла и текстолита при воздействии высокоскоростных частиц естественного и техногенного происхождения. Для этого проводились эксперименты с легкогазовой установкой по метанию микрочастиц со скоростью до 7 км/сек и разработка математических моделей соударения частиц с различными преградами. Для расчета упругопластических течений используется методика, реализованная на тетраэдрических ячейках и базирующаяся на совместном использовании метода Уилкинса для расчета внутренних точек и метода Джонсона для расчета контактных взаимодействий. Также в работе используется вариант метода SPH Численный метод основан на использовании слабой вариационной постановки. Параметр сглаживания рассматривается как скрытая переменная состояния и учитывает ее влияние на физические процессы: изменение параметра сглаживания отдельных узлов эквивалентно изменению соответствующего относительного объема, что влияет на напряженно-деформированное состояние материала и как следствие — является специфической формой деформирования, что явно учитывается в расчете. Расчет ускорений узлов основывается на определении обобщенных сил, которые находятся из оценки влияния перемещения узлов на поле деформации в их окрестностях (вместо непосредственного дифференцирования поля напряжений). Эффективность исследований определена наличием как уникальных установок для высокоскоростного метания твердых тел, так и комплексным численным моделированием исследуемых явлений. Предложенные в работе подходы к моделированию взаимодействия частиц космического мусора и элементов космических аппаратов позволяют рассчитывать напряженно-деформированное состояние, разрушение и фрагментацию стеклянных и текстолитовых элементов космических аппаратов в трехмерной постановке при высокоинтенсивном нагружении.

**23.04-01.512 Задача нелинейной динамики присоединенной к космическому аппарату упругой стержневой системы в редуцированной квазистатической постановке по изгибу. Русских С.В.** *Мех. композиц. матер. и конструкций*. 2018. 24, № 2, с. 171-185. Рус.

Рассматривается нелинейная динамика плоской стержневой системы, состоящей из упругих нестяжимых стержней, связанных между собой на концах упруговязкими узловыми шарнирами, допускающими большие углы поворота. Стержневая система присоединена к недеформируемому космическому аппарату, который совершает поворот относительно своего центра тяжести и перемещения по горизонтальной и вертикальной оси как свободное твердое тело. Движение рассматриваемой системы описывается в подвижной системе координат. Перемещения каждого стержня характеризуются его конечным поворотом как твердого тела относительно прямой, проходящей через два соседних шарнирных узла, и изгибом с малым поперечным перемещением. Приведены с необходимыми пояснениями уравнения движения в компактном виде, которые получены в ско-

ростях для космического аппарата и в выбранных обобщенных координатах для стержневой системы на основании принципа возможных перемещений. Уравнения также получены в матричном виде, удобном для численного интегрирования. Представлена постановка задачи, которая получается путем редуцирования исходной системы уравнений по квазистатическому изгибу. Из уравнений движения исключаются «быстрые» движения, которые представляют собой изгиб каждого стержня, т.е. первые и вторые производные от углов между касательной к изогнутой оси стержня и его недеформированной осью. В результате в матричном виде записана новая система уравнений с необходимыми пояснениями. Приведены примеры расчета с необходимыми сравнениями между двумя подходами: задача о реакции стержневой системы на произвольный возмущающий импульс; задача о развертывании стержневой системы из одного положения в другое при помощи включения упруговязких зажимов, интегрированных в узловые шарниры, за счет центробежных и инерционных сил.

**23.04-01.513** О некоторых особенностях разрушения высокоскоростных частиц на гофрированных противометеорных сеточных экранах. *Добрица Д.В., Христенко Ю.Ф. Вестн Том. гос. ун-та. Математика и механика. 2023, № 82, с. 82-96. Рус.*

Исследован процесс воздействия высокоскоростных частиц на гофрированные сеточные металлические экраны. С использованием сеточного лагранжева метода Уилкинса в 3D-постановке решен ряд задач численного моделирования высокоскоростного соударения при различных углах наклона гофры и разном положении точки первоначального контакта экрана с ударником. Проведено сравнение параметров запреградного облака продуктов разрушения в различных задачах при одинаковом расстоянии, преодоленном пробившей экран частицей, с целью выбора оптимального угла наклона гофры.

**23.04-01.514** Влияние формы метеороидов на их динамику: радиационное давление и эффект Пойнтинга—Робертсона. *Рябова Г.О. Вестн Том. гос. ун-та. Математика и механика. 2023, № 83, с. 151-165. Рус.*

Представлен численный метод получения площади миделева сечения геометрически-простой выпуклой пластицы со случайной ориентацией. Площадь миделя является ключевым параметром при вычислении радиационных сил — радиационного давления Солнца и эффекта Пойнтинга—Робертсона — на метеороид. Пробная оценка, полученная для метеороидов потока Геминид массы 0.0003 г, показывает, что при хаотическом вращении метеороидов во время их орбитальной эволюции влияние формы невелико. Если же ось вращения частицы стабилизировалась, то влияние формы может быть существенным.

**23.04-01.515** Оценка характеристик перспективного орбитального лазерного локатора для мониторинга космического мусора. *Гарнов С.В., Моисеева А.В., Носатенко П.Я., Фомин В.Н., Церевитинов А.Б. Труды ИОФАН. 2014. 70, с. 26-39. Рус.*

Приведены результаты предварительных исследований по оценке возможных характеристик перспективного орбитального лазерного локатора для мониторинга космического мусора. Проведены расчетные оценки дальности обнаружения фрагментов космического мусора в различных условиях наблюдения при различных технических характеристиках лазерного локатора. Показано, что дальность обнаружения фрагментов космического мусора с размерами 1—10 см в диапазоне длин волн 0,5 мкм существенно зависит от условий наблюдения, определяемых уровнем аддитивных помех. Сделан вывод, что перспективный орбитальный лазерный локатор должен включать лазерный излучатель мощностью несколько сотен ватт и приемный телескоп диаметром около 0,5—1 м. Оценена возможность использования орбитального лазерного локатора для распознавания космического мусора. Показано, что вероятность распознавания более 0,8 может быть достигнута для изображения ФКМ, содержащего несколько десятков элементов разрешения, и отношения сигнал/шум более 10.

**23.04-01.516** Поворотный комплекс для проведения вибродинамических испытаний наноспутников. *Голых А.Е., Фомин Д.В. Известия высших учебных заведе-*

*ний. Приборостроение. 2023. 66, № 6, с. 472-482. Рус.*

Одним важных видов наземного тестирования малых космических аппаратов являются вибродинамические испытания. Как правило, наноспутники размещаются на рабочем столе вибрационных стендов посредством имитаторов транспортно-пускового контейнера (ИТПК). Представлен результат модернизации имитатора транспортно-пускового контейнера статически закрепляемого на столе вибростенда, а также поворотного комплекса, в который включен модернизированный ИТПК. Для обеих конструкций проведены модельные вибродинамические исследования в САПР SolidWorks. При этом для статически закрепляемого ИТПК максимальное количество резонирующей массы конструкции составило 0,048% на всем диапазоне заданных частот, деформации близки к нулю, в то время как для модернизированного ИТПК с поворотным устройством резонирующая масса составила 0,2%, а деформации узлов комплекса — 0,09 мм. Для основания поворотного устройства отдельно исследованы статические деформации: с помощью численного моделирования получено значение 0,057 мм, а при натурных испытаниях — 0,052 мм, что говорит о высоком запасе прочности конструкции. Модернизированный ИТПК с поворотным устройством, закрепляемый на столе вибростенда, имеет большую резонирующую массу и деформации, чем у статически закрепляемого ИТПК, однако значения этих параметров лежат в допустимых пределах по ГОСТ 30630.0.0-99 (п. 6), что позволяет эксплуатировать спроектированный поворотный комплекс при проведении вибродинамических испытаний наноспутников. Использование комплекса дает возможность заменить дорогостоящие вибростенды, создающие вибродинамические нагрузки в двух и более независимых плоскостях, так как его можно использовать на вибростендах, создающих вибрации только в одном направлении.

**23.04-01.517** Когда начнется "солнечная осень"? *Иванов М.С., Кирюшов Б.М., Репин А.Ю., Николаев А.В., Казеко А.С., Богодяж С.Д. Мир измерений. 2023, № 1, с. 42-45. Рус.*

Институте прикладной геофизики имени академика Е.К. Федорова (ФГБУ «ИПГ») длительное время проводятся наблюдения концентраций тепловых ионов водорода (протонов), гелия, кислорода и азота ( $H^+$ ,  $He^+$ ,  $O^+$ ,  $N^+$ ) экзосферы Земли на высотах 810—830 км при помощи приборов «РИМС-1» и «РИМС-2». Данные измерений поступают с КА «Метеор-М» ежедневно. В настоящей работе проведено наблюдение падения концентрации кислорода в течение одного солнечного цикла — с начала 2010 года до начала 2021 года.

**23.04-01.518** Совместное применение разнесенных радиолокационных станций дальнего обнаружения в интересах решения задач контроля космического пространства. *Левин Д.В., Мальцев Г.Н., Тришкин П.Н. Научное мнение. 2023. 25, № 2, с. 52-58. Рус.*

Применение наземных радиолокационных станций дальнего обнаружения для решения задачи контроля космических объектов не зависит от погодных условий и времени суток. Потенциальные возможности, территориальное расположение и наличие пересекающихся зон обзора создают основу для расширения их функционала и контроля космических объектов вплоть до геостационарной орбиты. Цель. Проанализировать возможности обнаружения космических объектов при совместном применении двух территориально разнесенных радиолокационных станций дальнего обнаружения по сравнению с воздействием только одной станции. Результаты. Рассмотрен принцип применения нескольких территориально разнесенных радиолокационных станций дальнего обнаружения в интересах решения задач контроля космического пространства. Установлена зависимость изменения вероятности обнаружения космического объекта на различных дальностях до космического объекта при варьировании количеством когерентно накапливаемых импульсов в условиях требуемых вероятностях правильного обнаружения и ложной тревоги. Проанализированы возможности обнаружения космических объектов в области геостационарных орбит при штатном функционировании радиолокационных станций дальнего обнаружения и при реализации алгоритмов комплексной обработки радиолокационной информации при совместном применении нескольких территори-

ально разнесенных станций. Практическая значимость. Результаты исследования могут быть использованы при оценивании результативности применения нескольких радиолокационных станций дальнего обнаружения в составе многопозиционных радиолокационных комплексов с пересекающимися зонами обзора для обнаружения космических объектов на геостационарной орбите.

**23.04-01.519 Поиск темной материи на будущей Супер с-тау фабрике в моделях с дополнительной U(1) симметрией и дополнительным скалярным полем.** *Боос Э.Э., Буничев В.Е., Кейзеров С.И., Трыков С.С. Ученые записки физического ф-та МГУ. 2023, № 4, с. 2341501-1- 2341501-6. Рус.*

Мы представляем обзор недавно полученных результатов по исследованию перспектив поисков легкой темной материи в экспериментах на будущей Супер с-тау фабрике в моделях лептофильного скаляра и темного фотона. Кривые чувствительности коллайдера к параметрам связи медиаторов на 90%-м уровне достоверности в диапазоне масс медиаторов до нескольких ГэВ демонстрируют мощь будущего электрон-позитронного коллайдера для поиска проявлений темной материи. Предложена самосогласованная модель темной материи, содержащая дополнительный скаляр и массивный вектор, получены точные выражения для взаимодействий дополнительных бозонов с фермионными полями Стандартной модели. Рассмотрен предельный случай малого смешивания и малых масс темного вектора.

**23.04-01.520 Калибровка матрицы кремниевых фотоумножителей камеры прототипа малого широкоугольного телескопа SIT.** *Аминова А.А., Пантюхин А.В., Подгрудков Д.А. Ученые записки физического ф-та МГУ. 2023, № 4, <http://uzmu.phys.msu.ru/toc/2023/4>. Рус.*

Прототип широкоугольного черенковского телескопа (Small Imaging Telescope, SIT) входит в состав астрофизического комплекса TAIGA, расположенного в Тункинской долине (республика Бурятия, Россия), в 50 км от озера Байкал. Особенностью прототипа является использование в качестве чувствительных элементов кремниевых фотоумножителей (КФУ). В статье приведены результаты калибровки камеры прототипа в контексте поиска зависимости "число фотоэлектронов — показания АЦП" при разных температурах и значениях напряжения для индивидуальных КФУ. Калибровка произведена на основе данных, полученных телескопом.

**23.04-01.521 Анализ различий каталогов межпланетных корональных выбросов массы и создание объединенного каталога.** *Ширяев А.О., Капорцев А.К. Ученые записки физического ф-та МГУ. 2023, № 4, <http://uzmu.phys.msu.ru/toc/2023/4>. Рус.*

Для определения корональных выбросов массы (КВМ), распространяющихся в гелиосфере, используются данные о магнитных и кинетических параметрах плазмы солнечного ветра. Существуют различные каталоги межпланетных КВМ (МКВМ), но в связи с различиями в реализуемых в них критериях идентификации МКВМ определяемые события и их параметры могут значительно расходиться. В настоящей работе рассмотрены каталоги МКВМ Ричардсона и Кейн и CSMC SME Scoreboard, а также каталог крупномасштабных событий солнечного ветра ИКИ РАН, и предложен алгоритм объединения каталогов для создания более полной базы МКВМ. Построен объединенный каталог за 2010–2022 годы. Произведено дополнение объединенного каталога данными OMNI. Анализ полученного объединенного каталога показал высокую точность объединения совпадающих между каталогами событий и тенденцию событий, определенных во всех рассмотренных каталогах, к большей геоэффективности, скорости и продолжительности. Список опубликован на сайте центра космической погоды НИИЯФ МГУ: <https://swx.sinp.msu.ru/tools/icmelist.php>.

**23.04-01.522 Результаты исследования фазовых шумов лазерного интерферометра для проекта космического детектора гравитационных волн SOIGA.** *Донченко С.С., Давлатов Р.А., Лавров Е.А., Соколов Д.А., Скакун И.О., Гучин П.М. Оптический журнал. 2023. 90,*

№ 6, с. 3-14. Рус.

Чувствительность макета бортового интерферометра для полунатурного моделирования в проекте космического детектора гравитационных волн SOIGA на орбитах ГЛОНАСС. Цель работы. Оценка и исследование источников шума в предложенной реализации лазерного гетеродинного интерферометра, который измеряет относительные перемещения пробных масс в проекте космической гравитационно-волновой антенны. Метод. Численное моделирование и экспериментальные исследования влияния составных частей макета на чувствительность измерения линейных относительных перемещений. Основные результаты. Описан проект космической гравитационно-волновой антенны «SOIGA» с различными конфигурациями космических аппаратов. Для межспутниковых интерферометрических измерений предлагается использовать транспондерный принцип, когда на каждом аппарате размещается приёмник и ретранслятор лазерного излучения, которое распространяется во встречных направлениях. Описаны принципы построения бортового гетеродинного интерферометра. Предложена схема построения наземного макета для проверки основных технических решений. Приведены результаты по оценке нелинейных оптических шумов для неоднозначных оптических путей интерферометра, нестабильности частоты лазерного модуля, температурных флуктуаций и т.д. Исследования радиочастотных сигналов, подаваемых на акустооптические модуляторы, показали отсутствие «призрачных» гармоник на гетеродинной частоте, также был определён оптимальный режим работы высокочастотного усилителя, при котором высшие гармоники не вносят вклад в погрешность измерений. Наибольший вклад в шумы макета интерферометра внесли температурные флуктуации. Суммарный расчётный шумовой бюджет не превышает 20 пм в диапазоне частот от 2 до 10 Гц. Сформулированы предложения по модернизации макета для уменьшения уровня шумов до требуемого уровня (менее 30 пм) во всем целевом диапазоне от 100 мГц до 10 Гц. Практическая значимость. Полученные в работе результаты могут быть использованы при разработке первой российской космической гравитационно-волновой антенны. Ключевые слова: межспутниковый лазерный интерферометр, гетеродинный интерферометр, детектирование гравитационных волн, шумы интерферометра, ГЛОНАСС.

**23.04-01.523 Анализатор поляризации оптического излучения для космического спектромагнитографа «Тахомаг-МКС».** *Кожеватов И.Е., Руденчик Е.А., Силин Д.Е., Стукачев С.Е., Куликова Е.Х. Оптический журнал. 2023. 90, № 6, с. 38-49. Рус.*

Описывается анализатор поляризации оптического излучения, разработанный для солнечного спектромагнитографа космического базирования «Тахомаг-МКС». Статья является третьей из серии статей, посвящённых разработке солнечного магнитографа, планируемого к размещению на российском сегменте международной космической станции. В первых двух статьях серии, опубликованных ранее в этом же журнале, представлены описание солнечного телескопа и оптического дифракционного спектрографа, также являющихся составными частями спектромагнитографа «Тахомаг-МКС». Цель работы заключалась в разработке анализатора поляризации параллельного типа для спектромагнитографа «Тахомаг-МКС», который бы при измерении всех компонент вектора Стокса в выбранных спектральных линиях обладал необходимым разрешением и точностью, а также быстродействием для исследования динамики быстро протекающих процессов в фотосфере Солнца. Метод. В работе впервые представлен анализатор поляризации для космического солнечного магнитографа, работающий по принципу одновременного получения данных во всех поляризациях. Характерным отличием прибора является не только отсутствие в составе традиционных модуляторов поляризации, но и достаточно малые габаритно-весовые характеристики, что важно именно для космических приборов. Основные результаты. Показано, что даже в космическом исполнении анализатор поляризации параллельного типа обеспечивает построение изображений спектра в различных поляризациях с требуемыми угловым разрешением 0,351 по критерию Рэлея на поле зрения 5 и спектральным разрешением 30 мÅ в диапазоне 2,52 Å, что соответствует характеристикам солнечного оптического

го телескопа и спектрографа спектромагнитографа «Тахомаг-МКС». Практическая значимость. Разработка спектромагнитографа «Тахомаг-МКС» поможет в решении актуальных задач физики Солнца и физики плазмы и создаст задел для подготовки к более сложным миссиям, связанным с исследованиями Солнца с близких расстояний. Ключевые слова: солнечный магнитограф, анализатор поляризации параллельного типа, параметры Стокса, калибровка, компенсация аберраций.

**23.04-01.524** **Возможность применения цилиндрических осевых синтезированных голограмм для контроля формы крупногабаритных асферических поверхностей.** Мельников А.Н. *Оптический журнал*. 2023. 90, № 9, с. 45-54. Рус.

Новый возможный подход в реализации технологического и аттестационного контроля с интерферометрической точностью формы крупногабаритных асферических поверхностей монолитных и составных зеркал на основе использования цилиндрических осевых синтезированных голограмм-компенсаторов. Цель работы. Разработка комплекса технологических методов и средств на основе применения цилиндрических осевых синтезированных голограмм, позволяющего снять принципиальные ограничения на размеры монолитных и составных зеркал современных оптических телескопов при осуществлении лазерно-голографического контроля формы их крупногабаритных рабочих асферических поверхностей. Метод основан на применении лазерно-голографического контроля формы поверхностей оптических деталей с использованием цилиндрических осевых синтезированных голограмм-компенсаторов, «сшивки» результатов расшифровки интерферограмм и построения топографии контролируемой поверхности, изготовления голограмм-реплик на основе технологий прецизионного реплицирования или тиснения. Основные результаты. Предложены новые технические и методологические подходы в решении задачи контроля формы крупногабаритных асферических поверхностей монолитных и составных зеркал телескопов с точки зрения возможности снятия ограничений на их размеры. Обоснованы пути снижения себестоимости голограмм-компенсаторов и проведения контрольных операций (на порядок величины и более), снижения влияния износа алмазного реза на точность нарезки дифракционной структуры цилиндрических голограмм-матриц. Рассмотрена возможность применения тонкопленочных цилиндрических осевых синтезированных голограмм-реплик для осуществления контроля и юстировки формы зеркал оптических телескопов космического базирования. Практическая значимость. Предложенные подходы предназначены для реализации в процессе технологического и аттестационного контроля с интерферометрической точностью формы крупногабаритных асферических поверхностей монолитных и составных зеркал телескопов как в цеховых условиях, так и в условиях космического базирования. Использование цилиндрических осевых синтезированных голограмм-компенсаторов (преимущественно в виде голограмм-реплик) открывает принципиальную возможность получения информации о точности изготовления формы крупногабаритных асферических поверхностей по профилю ее отдельных сечений в бесконтактном режиме. Предложенные решения обеспечат многократное уменьшение времени и энергозатрат на изготовление голограмм-компенсаторов и их себестоимости в целом. Ключевые слова: монолитные и составные зеркала, крупногабаритные асферические поверхности, лазерно-голографический контроль формы поверхности, цилиндрическая осевая синтезированная голограмма-компенсатор, делительная машина маятникового типа, голограмма-матрица, прецизионное реплицирование, тиснение, голограмма-реплика, тонкопленочная голограмма-реплика, составная осевая синтезированная голограмма-компенсатор.

**23.04-01.525** Система на кристалле для диапазона частот 57–66 ГГц в наногетероструктурах нитрида галлия. Гамкрелидзе С.А., Гнатюк Д.Л., Зуев А.В., Мальцев П.П., Матвеев О.С., Михалев А.О. *Нано- и микросистемная техника*. 2023. 25, № 3, с. 142-148. Рус.

Приведены результаты разработки, изготовления и исследований системы на кристалле — приемно-передающих модулей с встроенными передающей и приемной антеннами для диапазо-

на частот 57–66 ГГц, выделенного для связи и радиолокации космических систем.

**23.04-01.526** **Фокусирующая дифракционная оптика для орбитальных телескопов (обзор).** Лидер В.В. *Оптика и спектроскопия*. 2022. 130, № 7, с. 1041-1067. Рус.

Обзор посвящен принципам, современному состоянию и проблемам дифракционной оптики, используемой для фокусировки рентгеновского и гамма-излучения в телескопах на орбитальных станциях. Рассмотрены различные многослойные структуры для телескопов нормального падения, суперзеркала для оптики Вольтера, линза Лауэ как концентратор мягкого гамма-излучения, а также модифицированные зонные пластинки Френеля для фокусировки излучения в широком диапазоне энергии с беспрецедентно высоким угловым разрешением ( $10^{-1}$ – $10^{-3}$ ). Ключевые слова: рентгеновское и гамма-излучение, рентгеновские и гамма-телескопы, дифракция, многослойные структуры, линза Лауэ, зонные пластинки Френеля.

**23.04-01.527** **Адаптивная и активная рентгеновская оптика.** Лидер В.В. *Оптика и спектроскопия*. 2022. 130, № 8, с. 1229-1247. Рус.

Описаны принципы работы и возможности рентгеновской адаптивной и активной оптики. Рассмотрены основные исполнительные механизмы изгиба зеркал полного внешнего отражения, используемых на источниках синхротронного излучения и в рентгеновских телескопах. Особое внимание уделено метрологии волнового фронта с использованием датчиков Шака—Гартмана, а также датчиков на основе решетчатых интерферометров, рентгеновских спеклов и птихографии. Ключевые слова: рентгеновские лучи, адаптивная оптика, активная оптика, биморфное зеркало, волновой фронт, метрология.

**23.04-01.528** **Субсекундные импульсы в микроволновом излучении Солнца.** Алтынцев А.Т., Мешалкина Н.С., Лесовой С.В., Жданов Д.А. *УФН*. 2023. 193, № 7, с. 737-750. Рус.

Представлен обзор современного состояния исследований микроволновых субсекундных импульсов (ССИ), основанных на наблюдениях радиоизлучения солнечных вспышек с высоким временным, пространственным и спектральным разрешением. Показано, что знания о локализации источников ССИ во вспышечной области, доступные с помощью крупных радиоинтерферометров, влияют радикальным образом на понимание природы ССИ. На основе уникального наблюдательного материала, накопленного в радионаблюдениях на протяжении последних 30 лет, были исследованы характеристики ССИ, выполнена их классификация по спектральным характеристикам и определены механизмы их генерации.

**23.04-01.529** **Взаимодействие релятивистских электронов с пакетами электромагнитных ионно-циклотронных волн конечной длительности и малой амплитуды.** Грач В.С., Демехов А.Г. *Физика горения и взрыва*. 2023. 59, № 7, с. 683-694. Рус.

Рассматривается взаимодействие релятивистских электронов с пакетами электромагнитных ионно-циклотронных волн конечной длительности и малой амплитуды в радиационных поясах Земли. В рамках линейного приближения получены аналитические оценки дисперсии экваториального пич-угла электронов для волновых пакетов, расположенных вблизи геомагнитного экватора. Продемонстрировано согласие аналитических оценок с результатами численных расчетов методом пробных частиц. Показано, что уменьшение длительности пакета расширяет область взаимодействия в область малых энергий, находящихся за пределами диапазона резонансных значений. Подобное взаимодействие может приводить к высыпаниям в ионосферу электронов с энергиями порядка сотен килоэлектронвольт.

**23.04-01.530** Волновые процессы в пылевой плазме у поверхности Меркурия. Извекова Ю.Н., Попель С.И., Голубь А.П. *Физика горения и взрыва*. 2023. 59, № 7, с. 695-702. Рус.

Обсуждаются волновые процессы в пылевой плазме у поверхности Меркурия. Приповерхностные слои экзосферы Меркурия имеют ряд схожих черт с приповерхностными слоями экзосфе-

ры Луны: над освещенной стороной планеты в них также присутствуют пылевые частицы, которые в результате фотоэффекта приобретают положительные заряды. Меркурий имеет свою магнитосферу, которая защищает поверхность от частиц солнечного ветра, однако в областях магнитных полюсов солнечный ветер может достигать поверхности планеты, таким образом, в зависимости от области локализации над поверхностью Меркурия пылевые частицы одного размера приобретают разные по величине заряды. При наличии градиента концентрации электронов в магнитном поле в пылевой плазме у поверхности Меркурия может возникать дрейфовая турбулентность. В присутствии солнечного ветра, который имеет скорость около 400 км/с относительно плазмы у поверхности планеты, возможна генерация продольных электростатических колебаний с частотами, определяемыми электронной плазменной частотой. Волновые процессы рассматриваются с учетом различия параметров в афелии и в перигелии орбиты Меркурия, а также с учетом того факта, находятся ли пылевые частицы вблизи магнитных полюсов или вдалеке от них.

**23.04-01.531 Исследование сильно замагниченной релятивистской плазмы в контексте лабораторной астрофизики и управления потоками частиц.** *Бухарский Н.Д., Корнеев Ф.А. Квантовая электроника. 2023. 53, № 4, с. 289-296. Рус.*

Рассмотрен один из наиболее эффективных методов лазерной генерации сильно замагниченной горячей плазмы при использовании сверхмощного облучения, достижимого на перспективной установке XCELS. Показано, что использование нескольких импульсов установки позволяет управлять параметрами плазмы. При этом энергетическая эффективность, т. е. отношение энергии магнитного поля к полной энергии лазерного излучения, оказывается  $\sim 20\%$ . Полученная система с релятивистскими замагниченными электронами и магнитными полями до нескольких десятков кТл представляет интерес для лабораторных исследований высокоэнергетических процессов в астрофизике, в частности явления релятивистского пересоединения магнитных силовых линий, а также для различных перспективных приложений, например, для управления потоками быстрых лазерно-ускоренных частиц.

**23.04-01.532 Определение дальности и радиальной скорости космических аппаратов в среднем и дальнем космосе моностатической радиолокационной станцией.** *Чернояргов О.В., Иванов В.А., Сальникова А.В. Вестник Воронежского гос. ун-та. Сер. Физика. Математика. 2022, № 4, с. 15-36. Рус.*

Рассмотрена задача определения дальности и радиальной скорости космических аппаратов в среднем и дальнем космосе моностатической радиолокационной станцией по результатам измерения момента приема ретранслированного сигнала, его задержки относительно момента излучения и доплеровского сдвига несущей частоты относительно частоты излучаемого сигнала, а также определения только радиальной скорости по результатам измерения доплеровского сдвига несущей частоты бортового генератора. Установлено, что при одновременном измерении дальности и скорости (активный режим работы) в системе координат станции радиальная скорость измеряется относительно расчетной точки, причем измеренное значение зависит от углового направления на космический аппарат. В пассивном режиме работы (одностороннее излучение) для точного измерения направления и значения компоненты вектора скорости требуется знание координат космического аппарата и модуля его орбитальной скорости. Ключевые слова: пространственно-временные соотношения, космический аппарат, дальность, скорость, моностатическая радиолокационная станция.

**23.04-01.533 Методика обоснования структуры системы космических аппаратов комбинированного состава.** *Власов С.А., Кульвиц А.В., Коваленко А.Ю., Мосин Д.А. Вестник Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана (МГТУ). Серия: Машиностроение. 2022, № 1, с. 24-39. Рус.*

Проведен анализ функционирования систем космических аппаратов дистанционного зондирования Земли отечественной орбитальной группировки. Предложен подход к совместному

применению функционирующих и вновь запускаемых космических аппаратов, который позволит повысить эффективность функционирования отечественной орбитальной группировки дистанционного зондирования Земли на этапах развертывания, наращивания и восполнения. Исследованы проблемные моменты проектирования систем космических аппаратов на разных орбитах, отличающихся положением в пространстве, периодом обращения и характеристиками наблюдения. Разработана методика обоснования структуры системы космических аппаратов комбинированного состава с использованием предложенного показателя, применение которой позволяет проводить анализ, обосновывать орбитальные структуры и повышать эффективность функционирования системы космических аппаратов дистанционного зондирования Земли комбинированного состава. Получены зависимости показателя результативности функционирования системы космических аппаратов для различных вариантов орбитальных структур систем космических аппаратов комбинированного состава от положения плоскостей орбит. Так, равномерность периодичности обзора достигается путем выравнивания условий наблюдения на верхней и нижней широтах, которые можно определить решением геометрической задачи на сфере. Методику рекомендуется использовать на этапах развертывания и наращивания отечественной орбитальной группировки с учетом вновь выводимых космических аппаратов, а также на этапе развертывания и функционирования систем космических аппаратов неполного состава.

**23.04-01.534 Расширение возможных областей посадки на поверхности Венеры с использованием гравитационного маневра.** *Назирова Р.Р., Эйсмонт Н.А., Зубко В.А., Беляев А.А., Федяев К.С., Засова Л.В., Горинев Д.А., Симонов А.В., Корянов В.В. Вестник Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана (МГТУ). Серия: Машиностроение. 2022, № 2, с. 20-42. Рус.*

В рамках проекта "Венера-Д" рассмотрена задача баллистического проектирования траектории перелета космического аппарата, обеспечивающей посадку спускаемого аппарата в заданную область поверхности Венеры. При стандартном подходе к выбору окна старта, наличии ограничений на значение угла входа спускаемого модуля в атмосферу и на максимально допустимую в процессе его спуска перегрузку значительная часть поверхности планеты оказывается недоступной для посадки. Простейшим способом расширения области посадки может быть увеличение окна старта за счет умеренного уменьшения массы полезной нагрузки. Однако возможности такого расширения существенно ограничены требуемыми затратами характеристической скорости. Предложен новый подход, позволяющий обеспечить посадку спускаемого модуля в любую точку поверхности Венеры. Подход основан на использовании гравитационного поля планеты для перевода космического аппарата на гелиоцентрическую орбиту, резонансную в соотношении 1:1 с орбитой Венеры, и последующего его возвращения в исходное положение через один венерианский год, когда доступной для посадки окажется уже другая часть поверхности Венеры. Показано, что применение нового подхода позволит обеспечить радикальное расширение достижимых областей посадки, а также доступ к любой точке на поверхности Венеры за счет увеличения продолжительности перелета и небольшого увеличения затрат характеристической скорости.

**23.04-01.535 Подход к снижению виброактивности малых космических аппаратов.** *Вирюкова М.В., Туфан А., Ермаков В.Ю. Вестник Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана (МГТУ). Серия: Машиностроение. 2023, № 1, с. 4-21. Рус.*

Безотказное функционирование космических аппаратов и успешное выполнение проводимых ими исследований на орбите в основном зависят от технических и эксплуатационных характеристик систем управления их ориентацией и стабилизацией в пространстве относительно осей базовой системы координат за счет использования стабилизирующих свойств внешних и внутренних возмущающих факторов. При исследованиях для определения статического и динамического дисбалансов проанализированы уровни воздействий сил и моментов, создаваемых бесконтактным двигателем-маховиком постоянного

тока при работе на различных скоростях вращения ротора, выполнена их обработка и идентификация. В целях уменьшения статического и динамического дисбалансов бесконтактного двигателя-маховика, получаемых в результате проводимых экспериментальных исследований, предложено использовать виброизолятор с собственной частотой, существенно меньшей, чем в обычных системах, чтобы статически удерживать двигатель-маховик при его наземной и летной эксплуатации. Виброизолятор должен иметь малые массу и жесткость, а также широкий диапазон рабочих температур и др. Определены моменты внешних возмущающих сил, действующих на малый космический аппарат типа "Искра-5" в зависимости от высоты орбиты. Выполнен анализ использования двигателей-маховиков постоянного тока различных типов. Показано, что использование бесконтактных двигателей-маховиков постоянного тока в качестве исполнительных органов систем управления ориентацией и стабилизацией на малых космических аппаратах повышает точность ориентации. Рассмотрены пути уменьшения действия вибрационных возмущений на конструкцию космического аппарата от бесконтактного двигателя-маховика.

**23.04-01.536 Предсказание солнечных вспышек с помощью нейтринных детекторов второго поколения.** *Бояркин О.М., Бояркина И.О. Известия НАН Беларуси. Серия физико-математических наук.* 2023. 59, № 2, с. 147-157.

Рус.

Предлагается физически обоснованный метод прогнозирования суперсолнечных вспышек с помощью нейтринных детекторов, работа которых основана на использовании когерентного упругого рассеяния нейтрино на ядрах. Исследуется поведение нейтринных пучков, проходящих через спаренные солнечные пятна, которые являются источниками будущих солнечных вспышек. Рассматривается эволюция пучка левосторонних электронных нейтрино и пучка левосторонних мюонных нейтрино, которые образовались в конвективной зоне после прохождения резонанса Михеева—Смирнова—Вольфенштейна. Предполагается, что нейтрино обладает такими мультипольными моментами, как зарядовый радиус, магнитный и анапольный моменты, в то время как магнитное поле спаренных солнечных пятен является вихревым, неоднородным и обладает скручиванием. Даются оценки ослабления нейтринных пучков после прохождения резонансных переходов. Показывается, что в случае суперсолнечных вспышек эти ослабления могут быть зарегистрированы нейтринными детекторами второго поколения только тогда, когда нейтрино имеет дираковскую природу.

См. также **23.04-01.1, 23.04-01.2, 23.04-01.3, 23.04-01.4К, 23.04-01.5К, 23.04-01.6, 23.04-01.7, 23.04-01.82, 23.04-01.133, 23.04-01.191, 23.04-01.307, 23.04-01.308**

## АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

### G

Gerya T.V. 23.04-01.420

### H

Han W. 23.04-01.298

### M

Migorski S. 23.04-01.298

### N

Natarajan Sh. 23.04-01.490

### Z

Zeng S.D. 23.04-01.298

### A

Абакумов В.М. 23.04-01.389,  
23.04-01.390

Абдульманов К.Э. 23.04-01.36  
Абдухакимов Ф.А. 23.04-01.170  
Аблабеков Б.С. 23.04-01.41  
Аблаев Ф.М. 23.04-01.433

Аванесов Г.А. 23.04-01.321,  
23.04-01.324, 23.04-01.337,  
23.04-01.349, 23.04-01.350,  
23.04-01.352, 23.04-01.353,  
23.04-01.357, 23.04-01.385,  
23.04-01.386, 23.04-01.453

Аверенков А.В. 23.04-01.242  
Адамова М.Е. 23.04-01.90,  
23.04-01.113

Азаров А.А. 23.04-01.280  
Азиков Н.С. 23.04-01.44  
Азин А.В. 23.04-01.264

Акимов В.В. 23.04-01.353  
Акоджанян Г.Ж. 23.04-01.138  
Акчурин Р.З. 23.04-01.289

Алгазин С.Д. 23.04-01.45, 23.04-01.63  
Алексеева Е.А. 23.04-01.250  
Аликин Ю.И. 23.04-01.368,  
23.04-01.369

Алимов А.М. 23.04-01.370  
Алимурадов А.К. 23.04-01.221  
Алпатов Б.А. 23.04-01.419,  
23.04-01.447

Алтай Е. 23.04-01.226, 23.04-01.234  
Алтынцев А.Т. 23.04-01.528  
Альбаев Д.А. 23.04-01.48,  
23.04-01.84, 23.04-01.86,  
23.04-01.88, 23.04-01.140

Аль-Руфай Ф.М.М. 23.04-01.129  
Амбросовская Е.Б. 23.04-01.89  
Амбросовский В.М. 23.04-01.89  
Амелюшкин А.М. 23.04-01.481  
Аминова А.А. 23.04-01.520  
Амирова С. 23.04-01.288  
Андреев А.В. 23.04-01.442  
Андреев В.Г. 23.04-01.49  
Андреев М.В. 23.04-01.438  
Андреев О.Н. 23.04-01.328,  
23.04-01.334, 23.04-01.391

Андреева И.В. 23.04-01.237  
Андрущенко В.А. 23.04-01.510  
Аносов М.С. 23.04-01.240  
Антоненко С.А. 23.04-01.323,  
23.04-01.328, 23.04-01.330,  
23.04-01.391

Антонов А.И. 23.04-01.210  
Антонов Е.А. 23.04-01.83  
Ануфрейчик К.В. 23.04-01.369,  
23.04-01.486

Аптекарь Р.Л. 23.04-01.375,  
23.04-01.480

Арделян Н.В. 23.04-01.427  
Арефьев В.А. 23.04-01.333,  
23.04-01.395

Арсеев П.И. 23.04-01.14  
Артамонова Е.Ю. 23.04-01.18,  
23.04-01.19

Артюхов М.Ю. 23.04-01.459  
Архангельская И.В. 23.04-01.479  
Архангельский А.И. 23.04-01.371,  
23.04-01.372, 23.04-01.374,  
23.04-01.378, 23.04-01.379

Асанов А.Р. 23.04-01.41  
Астахов А.М. 23.04-01.98  
Аустер Г.У. 23.04-01.482,  
23.04-01.487

Афанасьев Л.В. 23.04-01.181  
Афанасьева А.А. 23.04-01.183  
Ахмеджанов Р.А. 23.04-01.244

### Б

Бабаев С.И. 23.04-01.446  
Бабанин И.О. 23.04-01.438  
Бабанин Н.В. 23.04-01.236  
Бабаян П.В. 23.04-01.419,  
23.04-01.447

Бадьина Е.С. 23.04-01.75  
Базарова С.Б. 23.04-01.109  
Байдакова Е.В. 23.04-01.278  
Бакала Я. 23.04-01.476  
Бакланов А.И. 23.04-01.397  
Балтер Б.М. 23.04-01.360  
Банах Л.Я. 23.04-01.203,  
23.04-01.299

Баранкова И.И. 23.04-01.219  
Баргуев С.Г. 23.04-01.53  
Баринов С.В. 23.04-01.263  
Барина В.О. 23.04-01.381  
Бармина О.В. 23.04-01.203,  
23.04-01.278

Бах А.А. 23.04-01.212, 23.04-01.213  
Баходдин А.В. 23.04-01.400  
Баходдин И.Б. 23.04-01.130  
Бахшиян Б.Ц. 23.04-01.467,  
23.04-01.469

Беглецов В.А. 23.04-01.219  
Безбородов М.А. 23.04-01.489  
Безруких В.В. 23.04-01.482  
Беклемишев С.А. 23.04-01.233  
Бекренев О.В. 23.04-01.362  
Белинская Е.В. 23.04-01.339,  
23.04-01.403

Белкин А.Э. 23.04-01.35  
Белоглазов И.Н. 23.04-01.448  
Белопищевская В.А. 23.04-01.208  
Белостоцкий А.М. 23.04-01.213  
Беляев А.А. 23.04-01.534  
Беляков А.Н. 23.04-01.276  
Береснев А.Л. 23.04-01.259  
Берестовский В.Н. 23.04-01.503  
Беседин А.Г. 23.04-01.131,  
23.04-01.132

Бескин В.С. 23.04-01.191  
Беспалько А.А. 23.04-01.252  
Бессонов М.В. 23.04-01.370,  
23.04-01.371, 23.04-01.376,  
23.04-01.378

Бессонов Р.В. 23.04-01.319,  
23.04-01.320, 23.04-01.357,  
23.04-01.385, 23.04-01.386,  
23.04-01.387

Бетанов В.В. 23.04-01.5К  
Бибринг Ж.П. 23.04-01.343,  
23.04-01.344

Бикчурин А.И. 23.04-01.62  
Бирюков Д.Р. 23.04-01.30  
Бирюкова М.В. 23.04-01.535  
Бисноватый-Коган Г.С. 23.04-01.427  
Блажевич С.В. 23.04-01.451

Блохинов Ю.Б. 23.04-01.449  
Бобров А.Л. 23.04-01.248  
Бобров А.Н. 23.04-01.239  
Бобылева Т.Н. 23.04-01.59  
Богачев С.А. 23.04-01.373,  
23.04-01.377, 23.04-01.473,  
23.04-01.474

Богданов Е.П. 23.04-01.264  
Богодяж С.Д. 23.04-01.517  
Богомоллов В.В. 23.04-01.481  
Богуславский А.А. 23.04-01.452  
Бодрышев В.В. 23.04-01.216  
Бойчук И.П. 23.04-01.193  
Болдачева Л.А. 23.04-01.345,  
23.04-01.418

Болдырев С.И. 23.04-01.383,  
23.04-01.475, 23.04-01.476  
Бондаренко А.В. 23.04-01.343,  
23.04-01.344

Боос Э.Э. 23.04-01.519

Боран-Кешишьян А.Л. 23.04-01.150  
Бородин И.К. 23.04-01.273  
Бородина О.В. 23.04-01.305  
Бородкова Н.Л. 23.04-01.486  
Ботобекова Д.У. 23.04-01.220  
Бочкарев С.А. 23.04-01.47  
Бошер Д. 23.04-01.382  
Бояркин О.М. 23.04-01.536  
Бояркина И.В. 23.04-01.491,  
23.04-01.492

Бояркина И.О. 23.04-01.536  
Бояршинов И.А. 23.04-01.256  
Братан С.М. 23.04-01.261  
Бугаенко О.И. 23.04-01.373  
Будревич Н.А. 23.04-01.135

Булат П.В. 23.04-01.302,  
23.04-01.303  
Булатов В.В. 23.04-01.158  
Булгакова А.А. 23.04-01.132  
Булкин В.В. 23.04-01.18, 23.04-01.19,  
23.04-01.206, 23.04-01.207,  
23.04-01.227

Бунина Н.А. 23.04-01.250,  
23.04-01.256

Буничев В.Е. 23.04-01.519  
Бунтин А.Е. 23.04-01.271  
Бунтов Г.В. 23.04-01.397  
Буравин А.Е. 23.04-01.436  
Бургонова О.Ю. 23.04-01.224

Буркин В.В. 23.04-01.157  
Бурлаков А.В. 23.04-01.424  
Бурый Г.Г. 23.04-01.225  
Буслов А.С. 23.04-01.370,  
23.04-01.371, 23.04-01.378

Бутов А.С. 23.04-01.131  
Бухарский Н.Д. 23.04-01.316,  
23.04-01.531

Быков А.В. 23.04-01.170  
Быков Д.В. 23.04-01.105  
Быков К.Ю. 23.04-01.229  
Быкова А.Д. 23.04-01.276

Быченков В.Ю. 23.04-01.316

## В

Ваваев В.А. 23.04-01.364,  
23.04-01.385, 23.04-01.414

Ваваев М.В. 23.04-01.364

Вавилов В.Е. 23.04-01.62

Ваганов М.С. 23.04-01.271

Вайс О.Е. 23.04-01.316

Вайсберг О.Л. 23.04-01.484,  
23.04-01.485

Валеев А.А. 23.04-01.172

Ван Цзиньчжао 23.04-01.288

Васенин В.А. 23.04-01.435

Василейский А.С. 23.04-01.357,  
23.04-01.365

Василёнок Е.В. 23.04-01.99

Васильев Г.И. 23.04-01.372

Васильев Д.В. 23.04-01.450

Васильевский С.А. 23.04-01.293

Вахмистров С.А. 23.04-01.251

Вдовиченко О.А. 23.04-01.242

Веденеев В.В. 23.04-01.36,  
23.04-01.170

Веденькин Н.Н. 23.04-01.481

Велиев Е.И. 23.04-01.275,  
23.04-01.279

Величко С.А. 23.04-01.278

Вениаминов С.С. 23.04-01.468

Веригин М.И. 23.04-01.482

Веселов Ю.Г. 23.04-01.455

Весова Л.М. 23.04-01.208

Вестяк А.В. 23.04-01.76

Визильтер Ю.В. 23.04-01.445,  
23.04-01.457

Вилкова Н.Г. 23.04-01.272

Вильданов А.Р. 23.04-01.215

Винокуров Р.А. 23.04-01.505

Винтаев В.Н. 23.04-01.451

Владецкая Е.А. 23.04-01.261

Владимирова Г.А. 23.04-01.483

Власик К.Ф. 23.04-01.371,  
23.04-01.479

Власов В.В. 23.04-01.229

Власов П.А. 23.04-01.290

Власов С.А. 23.04-01.533

Воеводин В.В. 23.04-01.443

Войнаш С.А. 23.04-01.232,  
23.04-01.256

Волков К.Н. 23.04-01.302,  
23.04-01.303

Волоховская О.А. 23.04-01.203

Волчанина М.А. 23.04-01.247

Воронин В.А. 23.04-01.138

Воронков С.В. 23.04-01.321,  
23.04-01.349, 23.04-01.353,  
23.04-01.354, 23.04-01.355,  
23.04-01.402, 23.04-01.403,  
23.04-01.404

Выборнов А.Н. 23.04-01.233

Выголов О.В. 23.04-01.457

Вэй Цзяхуа 23.04-01.288

## Г

Гаврилов А.А. 23.04-01.91

Газизуллин Р.К. 23.04-01.61

Галиева Т.Г. 23.04-01.268

Галимзянова А.Р. 23.04-01.93

Галкин В.А. 23.04-01.21

Галкин В.И. 23.04-01.481

Галкин С.С. 23.04-01.293

Галуза Ю.Ф. 23.04-01.266

Гальпер А.М. 23.04-01.479

Гамкрелидзе С.А. 23.04-01.525

Ганиев О.Р. 23.04-01.189

Ганиев Р.Ф. 23.04-01.275,  
23.04-01.279

Гареев Л.Р. 23.04-01.170

Гарнов С.В. 23.04-01.515

Гассиева М.П. 23.04-01.368

Гатапова Е.Я. 23.04-01.300

Гатауллин Р.Н. 23.04-01.93

Гбурек С. 23.04-01.476

Гвоздева Л.Г. 23.04-01.165

Гежа Д.В. 23.04-01.260

Гельман А.И. 23.04-01.431

Георгиевский В.П. 23.04-01.71

Герасимов А.В. 23.04-01.511

Герасимов В.В. 23.04-01.222

Герус А.В. 23.04-01.222

Гиенко Е.Г. 23.04-01.494

Глазков В.Д. 23.04-01.329,  
23.04-01.398, 23.04-01.399

Глазков С.А. 23.04-01.161

Глазунов А.Л. 23.04-01.483

Глазунова А.Д. 23.04-01.67

Глатко С.Б. 23.04-01.241

Гледзер А.Е. 23.04-01.50

Гледзер Е.Б. 23.04-01.50

Глянченко А.С. 23.04-01.369,  
23.04-01.371, 23.04-01.372,  
23.04-01.374, 23.04-01.376,  
23.04-01.378, 23.04-01.477,  
23.04-01.478

Гнатюк Д.Л. 23.04-01.525

Гнилицкий В.В. 23.04-01.449

Голдобин Д.Н. 23.04-01.499

Голенецкий С.В. 23.04-01.375,  
23.04-01.480

Голенищев-Кутузов А.В. 23.04-01.268

Головешкин В.А. 23.04-01.233,  
23.04-01.286, 23.04-01.301,  
23.04-01.510

Голомидов Н.А. 23.04-01.56

Голубев Е.В. 23.04-01.116

Голубев С.В. 23.04-01.309

Голубкина И.В. 23.04-01.101

Голубь А.П. 23.04-01.530

Гольх А.Е. 23.04-01.516

Гончаренко В.И. 23.04-01.171

Гончаров К.И. 23.04-01.248

Горбачев Р.И. 23.04-01.198

Гордеев Р.В. 23.04-01.341,  
23.04-01.415

Горелый Ю.А. 23.04-01.372

Горинов Д.А. 23.04-01.534

Горшков А.Н. 23.04-01.334

Горячева В.Н. 23.04-01.217

Грабовенская С.А. 23.04-01.100

Грамович В.В. 23.04-01.49

Граничин О.Н. 23.04-01.441

Грач В.С. 23.04-01.529

Грачев В.М. 23.04-01.479

Гребенюк Г.И. 23.04-01.91

Грибова О.В. 23.04-01.83

Григорьевский Н.В. 23.04-01.68

Григорьева М.В. 23.04-01.429

Гринек А.В. 23.04-01.193

Грицков А.В. 23.04-01.81

Гришанина Т.В. 23.04-01.46,  
23.04-01.133, 23.04-01.175,  
23.04-01.176, 23.04-01.177,  
23.04-01.184

Гришин В.А. 23.04-01.340,  
23.04-01.341, 23.04-01.415,  
23.04-01.416, 23.04-01.454

Громкова И.Е. 23.04-01.384

Грузликов А.М. 23.04-01.155

Губанков А.С. 23.04-01.154

Губарев П.В. 23.04-01.67

Гузев М.А. 23.04-01.108

Гуикинг Л. 23.04-01.482

Гулгенов Ч.Ж. 23.04-01.109

Гунин П.М. 23.04-01.522

Гуревич С.Ю. 23.04-01.116

Гусев А.В. 23.04-01.422

Гусева Е.Н. 23.04-01.506

Гуськов А.М. 23.04-01.183,  
23.04-01.280

Гуськов С.Ю. 23.04-01.312

Гуткин А.Р. 23.04-01.368

## Д

Давлатов Р.А. 23.04-01.522

Давлетшин Ф.Ф. 23.04-01.289

Давыдов А.А. 23.04-01.151

Данилин А.Н. 23.04-01.70,  
23.04-01.78

Данилюк А.Ю. 23.04-01.504

Данилюк Б.А. 23.04-01.504

Данн Д.Д. 23.04-01.252

Даньков Б.Н. 23.04-01.294

Дац Е.П. 23.04-01.108

Дегтяр А.Д. 23.04-01.139

Дегтярев А.А. 23.04-01.406

Дембелова Т.С. 23.04-01.52

Дементенко В.В. 23.04-01.222

Демехов А.Г. 23.04-01.529

Демичев А.П. 23.04-01.434

Денисенко М.В. 23.04-01.432

Денисов Ю.И. 23.04-01.380,  
23.04-01.381

Денисова Л.А. 23.04-01.245

Дергачев В.А. 23.04-01.372,  
23.04-01.378, 23.04-01.478

Дермотт С. 23.04-01.4К

Дитятев Д.В. 23.04-01.232

Дишель В.Д. 23.04-01.331

Дмитренко В.В. 23.04-01.479

Дмитриев Д.С. 23.04-01.213

Дмитриев Е.О. 23.04-01.310

Дмитриева С.А. 23.04-01.252

Добрица Д.Б. 23.04-01.513

Добрян М.Б. 23.04-01.336

Добровольский И.А. 23.04-01.486

Доброхотов С.Ю. 23.04-01.137

Докторов А.Н. 23.04-01.223

Докучаев И.В. 23.04-01.343

Долгирев С.С. 23.04-01.186

Дольников Г.Г. 23.04-01.346

Домуля А.А. 23.04-01.466

Донченко С.С. 23.04-01.522

Дорогова И.Е. 23.04-01.496

Драневич В.А. 23.04-01.372

Дроздова Т.Ю. 23.04-01.325,  
23.04-01.347, 23.04-01.351,  
23.04-01.354, 23.04-01.355

Дружинин О.А. 23.04-01.421

Дубень А.П. 23.04-01.294

Дубовик А.О. 23.04-01.21

Дудин С.В. 23.04-01.99

Дудник А.В. 23.04-01.382

Дунаев Б.С. 23.04-01.342,  
23.04-01.349, 23.04-01.388,  
23.04-01.404, 23.04-01.412

Духовников К.С. 23.04-01.496

Душин Н.С. 23.04-01.172

Душина О.А. 23.04-01.172

Дьячковский А.С. 23.04-01.157

Дятлов С.А. 23.04-01.319,  
23.04-01.320, 23.04-01.357,  
23.04-01.386, 23.04-01.387



**Е**

Евдокимова Н.А. 23.04-01.424  
 Егоров В.В. 23.04-01.360  
 Егоров К.В. 23.04-01.407  
 Егоров С.Б. 23.04-01.198  
 Еманов А.А. 23.04-01.213  
 Еманов А.Ф. 23.04-01.212,  
 23.04-01.213  
 Еманов Ф.А. 23.04-01.212  
 Емельянов Н.В. 23.04-01.507  
 Епихин А.И. 23.04-01.200  
 Еремин М.А. 23.04-01.489  
 Ермаков В.Ю. 23.04-01.535  
 Ермолаев Э.В. 23.04-01.156  
 Ермолаев Ю.Г. 23.04-01.180,  
 23.04-01.181  
 Ерофеев В.И. 23.04-01.111  
 Есаков И.И. 23.04-01.302,  
 23.04-01.303  
 Ефремова Е.С. 23.04-01.173

**Ж**

Жаворонок С.И. 23.04-01.110  
 Жаворонок С.И. 23.04-01.37,  
 23.04-01.38, 23.04-01.39  
 Жарылканова М.С. 23.04-01.23  
 Жданов А.А. 23.04-01.460  
 Жданов Д.А. 23.04-01.528  
 Жданович Ч.И. 23.04-01.92  
 Жевако В.В. 23.04-01.397  
 Желтов С.Ю. 23.04-01.445,  
 23.04-01.457  
 Жижин М.Н. 23.04-01.442  
 Житник И.А. 23.04-01.373  
 Жугжда Ю.Д. 23.04-01.383,  
 23.04-01.475  
 Жуйков А.В. 23.04-01.112  
 Жуков Б.С. 23.04-01.337,  
 23.04-01.341, 23.04-01.342,  
 23.04-01.361, 23.04-01.362,  
 23.04-01.365, 23.04-01.413,  
 23.04-01.414, 23.04-01.415,  
 23.04-01.453  
 Жуков Е.А. 23.04-01.90, 23.04-01.113  
 Жуков С.Б. 23.04-01.341,  
 23.04-01.342, 23.04-01.362,  
 23.04-01.365, 23.04-01.413,  
 23.04-01.414, 23.04-01.415  
 Жукова В.И. 23.04-01.90,  
 23.04-01.113  
 Журавлев Р.Н. 23.04-01.485  
 Жураховский А.А. 23.04-01.500  
 Жучкова Е.А. 23.04-01.370,  
 23.04-01.477, 23.04-01.478

**З**

Забиякин А.С. 23.04-01.397  
 Завалишин Н.С. 23.04-01.189  
 Заворотный А.Ю. 23.04-01.313  
 Завьялов В.В. 23.04-01.100  
 Загидуллин Р.Р. 23.04-01.232  
 Зайко Ю.К. 23.04-01.345  
 Зайцев Ф.С. 23.04-01.439  
 Закиров М.Н. 23.04-01.159  
 Зарецкая Е.В. 23.04-01.324  
 Зарубина А.И. 23.04-01.143  
 Засова Л.В. 23.04-01.534  
 Застенкер Г.Н. 23.04-01.486  
 Захаркин Г.В. 23.04-01.323,  
 23.04-01.328, 23.04-01.330,  
 23.04-01.391  
 Захаров А.В. 23.04-01.214,  
 23.04-01.346

Захаров А.И. 23.04-01.393,  
 23.04-01.411  
 Захарова А.А. 23.04-01.106  
 Захарчук О.Т. 23.04-01.336  
 Звягин Ф.В. 23.04-01.5К  
 Земсков А.В. 23.04-01.68, 23.04-01.76  
 Зиман Я.Л. 23.04-01.321,  
 23.04-01.324, 23.04-01.356,  
 23.04-01.362, 23.04-01.366  
 Зиман Ян.Л. 23.04-01.357  
 Зимовец И.В. 23.04-01.473,  
 23.04-01.474  
 Зинин А.В. 23.04-01.44  
 Злобина Н.В. 23.04-01.141  
 Знаменская И.А. 23.04-01.134  
 Зосимов С.О. 23.04-01.151  
 Зубко В.А. 23.04-01.534  
 Зубковская М.П. 23.04-01.241  
 Зуев А.В. 23.04-01.525  
 Зыков М.С. 23.04-01.373  
 Зятьков Р.А. 23.04-01.379

**И**

Иваницкий Г.Р. 23.04-01.307  
 Иванников В.П. 23.04-01.437  
 Иванов А.Ю. 23.04-01.344  
 Иванов В.А. 23.04-01.532  
 Иванов Д.А. 23.04-01.268  
 Иванов Д.С. 23.04-01.405,  
 23.04-01.407  
 Иванов К.А. 23.04-01.316  
 Иванов М.А. 23.04-01.506  
 Иванов М.С. 23.04-01.517  
 Иванов Ю.В. 23.04-01.196,  
 23.04-01.197  
 Иванов Ю.С. 23.04-01.373  
 Иванова О.О. 23.04-01.201  
 Иванова Ю.П. 23.04-01.201  
 Иващенко А.В. 23.04-01.438  
 Игнатьев А.А. 23.04-01.254,  
 23.04-01.255  
 Игнатьев А.П. 23.04-01.373  
 Иголкин А.А. 23.04-01.192  
 Извекова Ю.Н. 23.04-01.530  
 Ильин В.А. 23.04-01.434  
 Ильичев А.Т. 23.04-01.104  
 Илюхин В.Н. 23.04-01.192  
 Индейцев Д.А. 23.04-01.43  
 Инсаров В.В. 23.04-01.449  
 Исаев А.Г. 23.04-01.257  
 Исаев С.А. 23.04-01.179  
 Исаев Ю.Н. 23.04-01.190  
 Исаков А.Н. 23.04-01.390  
 Исламов Д.Ф. 23.04-01.289  
 Исмагилов Ф.Р. 23.04-01.62  
 Истягина Е.Б. 23.04-01.112  
 Ищенко А.Н. 23.04-01.157  
 Июдин А.Ф. 23.04-01.481

**К**

Кадилин В.В. 23.04-01.371  
 Казеко А.С. 23.04-01.517  
 Калегаев В.В. 23.04-01.380,  
 23.04-01.381  
 Калимуллин Р.И. 23.04-01.268  
 Калининченко М.В. 23.04-01.207  
 Калмыков П.А. 23.04-01.370  
 Калмыков П.Н. 23.04-01.284,  
 23.04-01.285  
 Канушин В.Ф. 23.04-01.499  
 Капорцева К.Б. 23.04-01.521  
 Капралова А.С. 23.04-01.164  
 Караулов В.Г. 23.04-01.155

Карельский К.В. 23.04-01.428  
 Карнаухова А.И. 23.04-01.256  
 Карнаухова Е.В. 23.04-01.201  
 Карпенко С.О. 23.04-01.332,  
 23.04-01.394  
 Карпики И.В. 23.04-01.455  
 Касаткин Б.А. 23.04-01.141  
 Касаткин С.Б. 23.04-01.141  
 Касатова А.Р. 23.04-01.18,  
 23.04-01.19  
 Касымалиева А.А. 23.04-01.41  
 Катасонов И.Ю. 23.04-01.325,  
 23.04-01.347, 23.04-01.403  
 Катасонов М.М. 23.04-01.291  
 Качанов И.В. 23.04-01.229  
 Каютин И.С. 23.04-01.385  
 Кейзеров С.И. 23.04-01.519  
 Кий К.И. 23.04-01.461  
 Кинжагулов И.Ю. 23.04-01.235  
 Киран П. 23.04-01.115  
 Киреев А.А. 23.04-01.81  
 Киричек А.В. 23.04-01.263  
 Кириченко А. 23.04-01.473,  
 23.04-01.474  
 Кириченко Ю.В. 23.04-01.186  
 Кирпичников В.Ю. 23.04-01.238  
 Кирюшов Б.М. 23.04-01.517  
 Киселев А.Б. 23.04-01.343  
 Климов С.И. 23.04-01.486  
 Клиначева Н.Л. 23.04-01.23  
 Ключко В.К. 23.04-01.237  
 Книжный И.М. 23.04-01.417  
 Князев В.О. 23.04-01.390  
 Кобелева Н.Н. 23.04-01.499  
 Ковалев К.Е. 23.04-01.239  
 Ковалевич А.С. 23.04-01.235  
 Коваленко А.Ю. 23.04-01.505,  
 23.04-01.533  
 Коваленко И.Г. 23.04-01.489  
 Ковалиньски М. 23.04-01.476  
 Ковражкин Р.А. 23.04-01.483  
 Кожеватов И.Е. 23.04-01.471,  
 23.04-01.472, 23.04-01.523  
 Козин В.М. 23.04-01.149  
 Козлов В.В. 23.04-01.291  
 Козлов И.В. 23.04-01.384  
 Козлов О.Е. 23.04-01.343,  
 23.04-01.344  
 Козлюк В.В. 23.04-01.282  
 Козубская Т.К. 23.04-01.294  
 Козырь А.В. 23.04-01.174  
 Койнаш Г.В. 23.04-01.485  
 Колесник В.А. 23.04-01.105  
 Колесников А.Ф. 23.04-01.293  
 Колмаков О.В. 23.04-01.251  
 Колобов А.Ю. 23.04-01.123  
 Коломеец Е.В. 23.04-01.363,  
 23.04-01.403, 23.04-01.415  
 Колчин С.А. 23.04-01.172  
 Комаров В.А. 23.04-01.245  
 Комкова М.А. 23.04-01.60  
 Кондратьев А.И. 23.04-01.150  
 Кондратьева Т.В. 23.04-01.338,  
 23.04-01.352, 23.04-01.412  
 Кононова Л.Ф. 23.04-01.397  
 Конопельчев М.А. 23.04-01.71  
 Коноплев В.В. 23.04-01.440  
 Кораблёв Е.М. 23.04-01.222  
 Кораблев О.И. 23.04-01.343,  
 23.04-01.344  
 Кордылевски Э. 23.04-01.476  
 Коржиманов А.В. 23.04-01.308,  
 23.04-01.309  
 Коржов Н.П. 23.04-01.216  
 Корнев К.Н. 23.04-01.292

- Корнеев А.С. 23.04-01.275,  
23.04-01.279
- Корнеев Ф.А. 23.04-01.310,  
23.04-01.312, 23.04-01.316,  
23.04-01.317, 23.04-01.531
- Корнилов Ф.А. 23.04-01.465
- Коробков Д.С. 23.04-01.206
- Королёв Б.В. 23.04-01.396
- Королев В.В. 23.04-01.489
- Королев О.А. 23.04-01.305
- Коршунов В.А. 23.04-01.85
- Корянов В.В. 23.04-01.534
- Косарев О.И. 23.04-01.27,  
23.04-01.145, 23.04-01.146
- Косёнок В.К. 23.04-01.241
- Косинов А.Д. 23.04-01.180,  
23.04-01.181
- Косогова Ю.П. 23.04-01.136
- Костенко В.И. 23.04-01.336
- Костоусов В.Б. 23.04-01.465
- Костюков А.В. 23.04-01.194
- Костюков Е.Н. 23.04-01.251
- Костюков И.Ю. 23.04-01.311
- Костяшкин Л.Н. 23.04-01.419,  
23.04-01.446, 23.04-01.447
- Котенко А.Г. 23.04-01.199
- Котов М.А. 23.04-01.293
- Котов М.Н. 23.04-01.409
- Котов Ю.Д. 23.04-01.370,  
23.04-01.371, 23.04-01.372,  
23.04-01.374, 23.04-01.375,  
23.04-01.376, 23.04-01.378,  
23.04-01.379, 23.04-01.382,  
23.04-01.477, 23.04-01.478
- Котова Г.А. 23.04-01.482
- Котцов В.А. 23.04-01.329,  
23.04-01.343, 23.04-01.344,  
23.04-01.360
- Кочарин В.Л. 23.04-01.181
- Кочегуров А.И. 23.04-01.187
- Кочегурова Е.А. 23.04-01.187
- Кочемасов А.В. 23.04-01.374,  
23.04-01.477
- Кочергин П.П. 23.04-01.396
- Кравец В.Г. 23.04-01.368
- Кравченко И.Н. 23.04-01.276,  
23.04-01.278
- Крайнов А.Ю. 23.04-01.178
- Красиков А.В. 23.04-01.276
- Красиков В.А. 23.04-01.320,  
23.04-01.321, 23.04-01.349,  
23.04-01.350, 23.04-01.388
- Красиков В.Л. 23.04-01.276
- Краснопевцева Е.Б. 23.04-01.337,  
23.04-01.453
- Крашаков С.А. 23.04-01.429
- Кривень Г.И. 23.04-01.80
- Кривова К.В. 23.04-01.479
- Кривошеев П.Н. 23.04-01.162
- Кривошеев Ю.М. 23.04-01.426
- Кривошапов А.М. 23.04-01.208
- Кропотов А.Н. 23.04-01.459
- Круглов В.М. 23.04-01.478
- Круглов Е.М. 23.04-01.372,  
23.04-01.378
- Крумкач В.И. 23.04-01.409
- Крутьков С.Ю. 23.04-01.372
- Крысько А.В. 23.04-01.106
- Крюков А.П. 23.04-01.434
- Кувшинов В.В. 23.04-01.129
- Куделин М.И. 23.04-01.320,  
23.04-01.321, 23.04-01.324,  
23.04-01.347
- Кувшинов Д.О. 23.04-01.226,  
23.04-01.234, 23.04-01.235
- Кузин А.А. 23.04-01.497
- Кузин С.В. 23.04-01.373,  
23.04-01.377, 23.04-01.473,  
23.04-01.474
- Кузнецов А.А. 23.04-01.247
- Кузнецов В.Д. 23.04-01.383,  
23.04-01.470, 23.04-01.472,  
23.04-01.473, 23.04-01.475,  
23.04-01.476, 23.04-01.488
- Кузнецова Е.Ю. 23.04-01.199
- Кузнецова Ю.В. 23.04-01.267
- Кузьменко А.П. 23.04-01.90,  
23.04-01.113, 23.04-01.263
- Кузьмицкий В.В. 23.04-01.162
- Кузьмичев А.М. 23.04-01.358
- Кулагина Л.В. 23.04-01.112
- Кулаков К.С. 23.04-01.273
- Кулик А.В. 23.04-01.108
- Куликова Е.Х. 23.04-01.472,  
23.04-01.523
- Куликовский А.Г. 23.04-01.32
- Кульвиц А.В. 23.04-01.533
- Кумашов Р.В. 23.04-01.103
- Куняев В.В. 23.04-01.389,  
23.04-01.390
- Куприянова Е.А. 23.04-01.509
- Куприянова Н.В. 23.04-01.332
- Курдюмов Н.Н. 23.04-01.78
- Куренков В.И. 23.04-01.501
- Куркина А.Н. 23.04-01.320,  
23.04-01.357, 23.04-01.365,  
23.04-01.385, 23.04-01.386,  
23.04-01.387
- Кутателадзе С.С. 23.04-01.11
- Куценко И.В. 23.04-01.409
- Кучеров А.С. 23.04-01.501
- Кучман А.В. 23.04-01.190
- Л**
- Лавров Е.А. 23.04-01.522
- Лавров П.Б. 23.04-01.302,  
23.04-01.303
- Ладов С.В. 23.04-01.124
- Лазутков В.П. 23.04-01.372,  
23.04-01.378, 23.04-01.478
- Ланге М.М. 23.04-01.464
- Лаличев Н.В. 23.04-01.284,  
23.04-01.285
- Ларин Н.В. 23.04-01.29
- Ластовенко О.Р. 23.04-01.139,  
23.04-01.148
- Лебедев Н.И. 23.04-01.383,  
23.04-01.475
- Лебков М.В. 23.04-01.142
- Левин В.В. 23.04-01.333
- Левин Д.В. 23.04-01.518
- Левченко Н.Р. 23.04-01.51
- Легостаев Д.Ю. 23.04-01.205
- Лебянкина О.А. 23.04-01.20
- Ленкевич С.А. 23.04-01.229
- Леоненко Д.В. 23.04-01.69
- Леонovich С.Н. 23.04-01.135
- Леонтьева А.В. 23.04-01.111
- Лепехина Д.М. 23.04-01.201
- Лесовой С.В. 23.04-01.528
- Летуновский В.В. 23.04-01.485
- Леун Е.В. 23.04-01.117, 23.04-01.118,  
23.04-01.119, 23.04-01.120,  
23.04-01.121, 23.04-01.122,  
23.04-01.123
- Ли Тицзянь 23.04-01.288
- Ливеринова М.А. 23.04-01.31
- Лидер В.В. 23.04-01.526,  
23.04-01.527
- Лимановский А.И. 23.04-01.409
- Линкин В.М. 23.04-01.334,  
23.04-01.391
- Липатов А.Н. 23.04-01.323,  
23.04-01.328, 23.04-01.330,  
23.04-01.391
- Лисютин В.А. 23.04-01.139,  
23.04-01.148
- Литвиненко Ю.А. 23.04-01.291
- Лобакин А.С. 23.04-01.58
- Логинов А.А. 23.04-01.446
- Логунов А.А. 23.04-01.292
- Логунов А.В. 23.04-01.259
- Локтева Н.А. 23.04-01.74,  
23.04-01.77
- Локуцкий Л.В. 23.04-01.54
- Лоскутов А.И. 23.04-01.500
- Луговой В.П. 23.04-01.230
- Лукаш В.Э. 23.04-01.439
- Лукин А.В. 23.04-01.43
- Лукин А.Н. 23.04-01.410
- Лукичев В.Ю. 23.04-01.232
- Лукомский И.В. 23.04-01.293
- Лупарь Е.Э. 23.04-01.371,  
23.04-01.477
- Лутовинов А.А. 23.04-01.333
- Лысенко Л.Н. 23.04-01.5К
- Львов В.Н. 23.04-01.322
- Людоговский П.Л. 23.04-01.60
- Людомирский М.Б. 23.04-01.385
- Ляш А.Н. 23.04-01.323, 23.04-01.328,  
23.04-01.330
- М**
- Магнец В. 23.04-01.487
- Магурина Т.П. 23.04-01.384
- Мазец Е.П. 23.04-01.375,  
23.04-01.480
- Мазурин Н.Н. 23.04-01.272
- Макаревский Д.И. 23.04-01.40
- Макаров В.С. 23.04-01.323,  
23.04-01.328, 23.04-01.330,  
23.04-01.391
- Макашов А.А. 23.04-01.459
- Максак В.И. 23.04-01.91
- Максимов А.И. 23.04-01.269
- Максимович Е.Ю. 23.04-01.250
- Макшанов А.В. 23.04-01.105
- Малайканнан Г. 23.04-01.508
- Малашкин А.В. 23.04-01.68
- Маленко Ж.В. 23.04-01.150
- Малиновский Ю.Г. 23.04-01.246
- Малкар Д.П. 23.04-01.379
- Мальцев Г.Н. 23.04-01.518
- Мальцев П.П. 23.04-01.525
- Манджула С.Х. 23.04-01.115
- Мануйлович С.В. 23.04-01.182
- Манукин А.Б. 23.04-01.334
- Манухин В.А. 23.04-01.85
- Маркина Е.В. 23.04-01.150
- Марков М.А. 23.04-01.276
- Мартынюк Т.В. 23.04-01.49
- Марусов Н.А. 23.04-01.114
- Марфин Е.А. 23.04-01.93
- Маслиев А.И. 23.04-01.56
- Матвеев Г.А. 23.04-01.372,  
23.04-01.378, 23.04-01.478
- Матвеева И.В. 23.04-01.210
- Матвеевко О.С. 23.04-01.525
- Матерухин С.Е. 23.04-01.223
- Матюшин П.В. 23.04-01.94
- Матюшкова О.Ю. 23.04-01.243
- Махов В.И. 23.04-01.156
- Машанов А.Н. 23.04-01.52

- Медведев Д.П. 23.04-01.442  
 Мелехин В.Б. 23.04-01.304  
 Мелконян А.Л. 23.04-01.260  
 Мельников А.Н. 23.04-01.524  
 Менькова А.Л. 23.04-01.198  
 Меньшутин А.Ю. 23.04-01.429  
 Мешалкина Н.С. 23.04-01.528  
 Мижидон А.Д. 23.04-01.42  
 Минаков Е.П. 23.04-01.504  
 Минасян А.М. 23.04-01.262  
 Минасян М.А. 23.04-01.262  
 Мингалев В.С. 23.04-01.425  
 Мингалев И.В. 23.04-01.423,  
 23.04-01.425  
 Мингалев О.В. 23.04-01.425  
 Миранович А.В. 23.04-01.250  
 Миргородский В.И. 23.04-01.222  
 Мироненко В.Н. 23.04-01.241  
 Миронова Е.В. 23.04-01.265  
 Митришкин Ю.В. 23.04-01.439  
 Митрофанов А.В. 23.04-01.373  
 Мифтахов Б.И. 23.04-01.173  
 Михайлов Б.Б. 23.04-01.456  
 Михайлов И.А. 23.04-01.284,  
 23.04-01.285  
 Михалев А.О. 23.04-01.525  
 Михальченков А.М. 23.04-01.278  
 Мицкевич С.А. 23.04-01.106  
 Мишина С.И. 23.04-01.272  
 Модина М.А. 23.04-01.200  
 Моисеев И.А. 23.04-01.269  
 Моисеев П.П. 23.04-01.348,  
 23.04-01.359, 23.04-01.485  
 Моисеева А.В. 23.04-01.515  
 Моисеева К.М. 23.04-01.178  
 Моисеенко С.Г. 23.04-01.427  
 Моравский М. 23.04-01.488  
 Морозов А.А. 23.04-01.300  
 Морозов Е.Г. 23.04-01.144  
 Морозов Н.А. 23.04-01.91  
 Морозов О.В. 23.04-01.481  
 Мосин Д.А. 23.04-01.505,  
 23.04-01.533  
 Москвитин А.Е. 23.04-01.442  
 Мочалова В.М. 23.04-01.97,  
 23.04-01.98  
 Мулюкова А.Р. 23.04-01.224  
 Муратов М.И. 23.04-01.134  
 Мухин Д.А. 23.04-01.155  
 Мьльников Д.А. 23.04-01.406  
 Мыслик Е.А. 23.04-01.385  
 Мюррей К. 23.04-01.4К  
 Мягков Н.Н. 23.04-01.233,  
 23.04-01.284, 23.04-01.285,  
 23.04-01.286, 23.04-01.301  
 Мягкова И.Н. 23.04-01.380,  
 23.04-01.381
- Н**
- Набока М.В. 23.04-01.241  
 Наганов А.В. 23.04-01.336  
 Нагибович А.И. 23.04-01.213  
 Надей Е.В. 23.04-01.241  
 Назайкинский В.Е. 23.04-01.137  
 Назиров Р.Р. 23.04-01.467,  
 23.04-01.534  
 Нанди А. 23.04-01.379  
 Наумов А.М. 23.04-01.169  
 Нгуен З.Ф. 23.04-01.74, 23.04-01.77  
 Нгуен Л.Х. 23.04-01.125  
 Негров Д.А. 23.04-01.224  
 Недбай А.Я. 23.04-01.71  
 Немечек З. 23.04-01.486  
 Немучинский Р.Б. 23.04-01.392
- Неручев Ю.А. 23.04-01.132  
 Нестеров В.А. 23.04-01.170  
 Никитин А.В. 23.04-01.173,  
 23.04-01.324, 23.04-01.325,  
 23.04-01.338, 23.04-01.350,  
 23.04-01.351, 23.04-01.352,  
 23.04-01.388, 23.04-01.404,  
 23.04-01.412  
 Никитин П.А. 23.04-01.128  
 Никитушкин Р.А. 23.04-01.345,  
 23.04-01.418  
 Никифоров И.И. 23.04-01.251  
 Никифоров М.Г. 23.04-01.411  
 Никифорова М.С. 23.04-01.251  
 Николаев А.В. 23.04-01.517  
 Николаев Д.А. 23.04-01.260  
 Никущенко Д.В. 23.04-01.179  
 Новалов А.А. 23.04-01.345,  
 23.04-01.418  
 Новиков А.А. 23.04-01.224  
 Новиков А.Д. 23.04-01.384  
 Новиков А.С. 23.04-01.479  
 Новиков Н.А. 23.04-01.464  
 Носатенко П.Я. 23.04-01.515  
 Носов М.А. 23.04-01.143  
 Нуждин Д.О. 23.04-01.405,  
 23.04-01.407
- О**
- Обридко В.Н. 23.04-01.471,  
 23.04-01.472  
 Овсеевич А.И. 23.04-01.54  
 Овчинников А.М. 23.04-01.458  
 Овчинников В.А. 23.04-01.389  
 Овчинников М.Ю. 23.04-01.332,  
 23.04-01.392, 23.04-01.405  
 Окороков М.В. 23.04-01.28  
 Олейник Ф.П. 23.04-01.375,  
 23.04-01.480  
 Олешко В.С. 23.04-01.171  
 Опарин С.Н. 23.04-01.373  
 Ореховская А.А. 23.04-01.256  
 Орешко А.П. 23.04-01.8, 23.04-01.9  
 Орешников Е.М. 23.04-01.370  
 Орлов В.А. 23.04-01.136  
 Орлов К.Г. 23.04-01.423  
 Орлов О.В. 23.04-01.187  
 Осипцов А.Н. 23.04-01.101  
 Охматовский Г.В. 23.04-01.369  
 Очиров Т.Ч. 23.04-01.109
- П**
- Павлинский М.Н. 23.04-01.333,  
 23.04-01.395  
 Павлов И.С. 23.04-01.299  
 Павлов О.В. 23.04-01.419,  
 23.04-01.446  
 Паймушин В.Н. 23.04-01.61  
 Пальшин В.Д. 23.04-01.375,  
 23.04-01.480  
 Панасюк М.И. 23.04-01.380,  
 23.04-01.381, 23.04-01.481  
 Панкратьева И.Л. 23.04-01.290  
 Пановко Г.Я. 23.04-01.183,  
 23.04-01.280  
 Пантюхин А.В. 23.04-01.520  
 Пантюхова К.Н. 23.04-01.224  
 Панфилов С.В. 23.04-01.26  
 Панченко С.В. 23.04-01.200  
 Папков С.О. 23.04-01.57  
 Папкина И.В. 23.04-01.106  
 Папкина Ю.И. 23.04-01.57  
 Парунакян Д.А. 23.04-01.381
- Пауков В.М. 23.04-01.132  
 Пашков В.С. 23.04-01.326,  
 23.04-01.327, 23.04-01.335,  
 23.04-01.400  
 Пашков С.В. 23.04-01.511  
 Педдер В.В. 23.04-01.241  
 Пенязьков О.Г. 23.04-01.162  
 Первущин Р.В. 23.04-01.228  
 Первалов Д.С. 23.04-01.465  
 Переверзев И.Г. 23.04-01.282  
 Пермитина Л.И. 23.04-01.362  
 Персиков В.К. 23.04-01.382  
 Перцов А.А. 23.04-01.373,  
 23.04-01.377, 23.04-01.473  
 Петренко Н.В. 23.04-01.139  
 Петров В.В. 23.04-01.497  
 Петросян А.С. 23.04-01.428  
 Петрукович А.А. 23.04-01.486  
 Пейтнев А.А. 23.04-01.497  
 Пивнев П.П. 23.04-01.138  
 Пикуз С.А. 23.04-01.317  
 Пирожков Р.В. 23.04-01.136  
 Писарев С.В. 23.04-01.144  
 Пискунов А.Э. 23.04-01.401,  
 23.04-01.402  
 Питеримова М.В. 23.04-01.180  
 Платонов А.К. 23.04-01.458  
 Плищ В.Н. 23.04-01.92  
 Повколас К.Э. 23.04-01.211,  
 23.04-01.270  
 Подгорски П. 23.04-01.476  
 Подгрудков Д.А. 23.04-01.520  
 Подколзин С.Н. 23.04-01.485  
 Подколызина Л.В. 23.04-01.236  
 Пойда А.А. 23.04-01.442  
 Полехина Р.Р. 23.04-01.33  
 Поляков П.А. 23.04-01.65  
 Полянский В.А. 23.04-01.290  
 Полянский И.В. 23.04-01.362,  
 23.04-01.364, 23.04-01.365,  
 23.04-01.412  
 Помазов В.С. 23.04-01.273  
 Пономарев А.И. 23.04-01.254,  
 23.04-01.255  
 Попель С.И. 23.04-01.530  
 Попов В.В. 23.04-01.24  
 Попов И.А. 23.04-01.43  
 Попов И.П. 23.04-01.295  
 Попов С.П. 23.04-01.241  
 Попруженко С.В. 23.04-01.314,  
 23.04-01.315  
 Порязов В.А. 23.04-01.178  
 Постнов А.А. 23.04-01.58  
 Прех Л. 23.04-01.486  
 Привалов А.Е. 23.04-01.504  
 Притыкин А.И. 23.04-01.87  
 Просвирыков Е.Ю. 23.04-01.20  
 Прохоров Е.С. 23.04-01.166  
 Прохоров М.Е. 23.04-01.393  
 Прутенский И.С. 23.04-01.488  
 Пупков Е.А. 23.04-01.501  
 Пустовалов М.Н. 23.04-01.384  
 Путинцев В.Ю. 23.04-01.224  
 Пушкарев И.А. 23.04-01.202  
 Пыриков М.Д. 23.04-01.285  
 Пытьев Ю.П. 23.04-01.463  
 Пятигорский А.Г. 23.04-01.372,  
 23.04-01.378  
 Пятигорский Г.А. 23.04-01.372
- Р**
- Раваев А.А. 23.04-01.302,  
 23.04-01.303  
 Радзюк А.Ю. 23.04-01.112

- Размыслов А.В. **23.04-01.99**  
Рао А.Р. **23.04-01.379**  
Рапота Д.Ю. **23.04-01.97,**  
**23.04-01.98, 23.04-01.99**  
Рахимьянов А.С. **23.04-01.358**  
Рева А.А. **23.04-01.373, 23.04-01.473**  
Ремизов А.П. **23.04-01.482**  
Решин А.Ю. **23.04-01.517**  
Ризов В.И. **23.04-01.107**  
Рикконен С.В. **23.04-01.264**  
Родин А.В. **23.04-01.423,**  
**23.04-01.424**  
Родионов А.А. **23.04-01.85**  
Родионов С.П. **23.04-01.205**  
Рожавский Э.И. **23.04-01.359**  
Ролдугин Д.С. **23.04-01.332,**  
**23.04-01.394**  
Ромадов С.В. **23.04-01.174**  
Романов А.А. **23.04-01.436,**  
**23.04-01.436**  
Романов Ю.Н. **23.04-01.419,**  
**23.04-01.447**  
Романова Е.В. **23.04-01.20**  
Романюк Д.А. **23.04-01.26**  
Ротгель Х. **23.04-01.488**  
Ртищева А.С. **23.04-01.168**  
Рубцов А.Н. **23.04-01.306**  
Рубцов И.В. **23.04-01.371,**  
**23.04-01.477**  
Руденко А.И. **23.04-01.25**  
Руденчик Е.А. **23.04-01.471,**  
**23.04-01.472, 23.04-01.523**  
Руднев Ю.И. **23.04-01.193**  
Русских Н.М. **23.04-01.176,**  
**23.04-01.177**  
Русских С.В. **23.04-01.79,**  
**23.04-01.133, 23.04-01.512**  
Рыбакова К.А. **23.04-01.139**  
Рыбкина Н.М. **23.04-01.184**  
Рыбьева Н.Е. **23.04-01.486**  
Рыжов С.П. **23.04-01.258**  
Рыков Е.В. **23.04-01.287**  
Рыков Ю.Г. **23.04-01.96**  
Рыкова В.Е. **23.04-01.98**  
Рышкова О.С. **23.04-01.131**  
Рябков М.В. **23.04-01.49**  
Рябов В.А. **23.04-01.509**  
Рябов Д.А. **23.04-01.240**  
Рябова А.Д. **23.04-01.384**  
Рябова Г.О. **23.04-01.514**  
Рязанцев С.Н. **23.04-01.317**
- С**
- Сабельников В.В. **23.04-01.217**  
Сабельникова Т.М. **23.04-01.217**  
Сабитов К.Б. **23.04-01.55**  
Савельев А.Б. **23.04-01.313,**  
**23.04-01.316**  
Савин В.В. **23.04-01.489**  
Савченко Е.В. **23.04-01.139**  
Савченко М.И. **23.04-01.372,**  
**23.04-01.378, 23.04-01.478**  
Садыков М.Ф. **23.04-01.268**  
Сазонов В.В. **23.04-01.386**  
Салихов Р.С. **23.04-01.368**  
Салтыков И.П. **23.04-01.214**  
Сальников А.В. **23.04-01.284,**  
**23.04-01.285**  
Сальникова А.В. **23.04-01.532**  
Самойленко В.Т. **23.04-01.371**  
Самойлов С.Ю. **23.04-01.123**  
Самхарадзе Т.Г. **23.04-01.493**  
Сарычев Д.В. **23.04-01.291**  
Сатанин А.М. **23.04-01.431,**  
**23.04-01.432**  
Сахарова А.А. **23.04-01.201**  
Сахарова Е.И. **23.04-01.459**  
Сахвадзе Г.Ж. **23.04-01.274,**  
**23.04-01.277**  
Свербилов В.Я. **23.04-01.192**  
Свердлик Л.Г. **23.04-01.160**  
Свертилов С.И. **23.04-01.481**  
Свинкин Д.С. **23.04-01.375,**  
**23.04-01.480**  
Селемон Д.С. **23.04-01.227**  
Селиванов А.С. **23.04-01.332**  
Семена Н.П. **23.04-01.333**  
Семенников А.В. **23.04-01.268**  
Семенов А.В. **23.04-01.161**  
Семенов Н.В. **23.04-01.180,**  
**23.04-01.181**  
Семенова В.Ю. **23.04-01.48,**  
**23.04-01.84, 23.04-01.86,**  
**23.04-01.88, 23.04-01.140**  
Семенюк Н.А. **23.04-01.267**  
Семухин Б.С. **23.04-01.253**  
Семченко В.В. **23.04-01.241**  
Семьшев М.В. **23.04-01.278**  
Сенницкий В.Л. **23.04-01.297**  
Сердюк Д.О. **23.04-01.40**  
Серебряков Д.А. **23.04-01.311**  
Середа С.Н. **23.04-01.502**  
Сережников Н.А. **23.04-01.213**  
Сидоров В.Н. **23.04-01.75**  
Сизиков В.С. **23.04-01.204**  
Сизиков С.А. **23.04-01.204**  
Силин Д.Е. **23.04-01.523**  
Сильвестр Я. **23.04-01.476**  
Симаков И.Г. **23.04-01.109**  
Симоненко Е.П. **23.04-01.186**  
Симонов А.В. **23.04-01.534**  
Синетов Н.Н. **23.04-01.228**  
Сиренко А.Г. **23.04-01.167**  
Скакун И.О. **23.04-01.522**  
Скальский А.А. **23.04-01.486**  
Скачэк П.Д. **23.04-01.102**  
Скобелев П.О. **23.04-01.438**  
Скобелев С.Б. **23.04-01.225**  
Скобля Е.С. **23.04-01.238**  
Скородумов Д.В. **23.04-01.372,**  
**23.04-01.378, 23.04-01.478**  
Сладков А.Д. **23.04-01.308,**  
**23.04-01.309**  
Слемзин В.А. **23.04-01.373**  
Смирнов В.Я. **23.04-01.126,**  
**23.04-01.127**  
Смольников В.Ю. **23.04-01.238**  
Снежков Д.Ю. **23.04-01.135**  
Снеткова Н.И. **23.04-01.385,**  
**23.04-01.413**  
Соболев И.А. **23.04-01.232,**  
**23.04-01.250**  
Соболев С.И. **23.04-01.443**  
Собчук В.Г. **23.04-01.320**  
Сово Ж.А. **23.04-01.483**  
Соколов Д.А. **23.04-01.522**  
Соколов С.М. **23.04-01.452**  
Соколова В.А. **23.04-01.232,**  
**23.04-01.250, 23.04-01.256**  
Соколова З.Я. **23.04-01.480**  
Соколова О.М. **23.04-01.227**  
Солдаткин В.В. **23.04-01.173**  
Солдаткин В.М. **23.04-01.173**  
Соловьёв В.О. **23.04-01.188**  
Соловьёв В.О. **23.04-01.231**  
Соловьёв Д.Л. **23.04-01.263**  
Соловьёв И.В. **23.04-01.256**  
Соловьёв Н.Г. **23.04-01.293**  
Соломатин Е.О. **23.04-01.210**  
Соломонов Ю.С. **23.04-01.71**  
Сорокин С.В. **23.04-01.24**  
Сосиков В.А. **23.04-01.97,**  
**23.04-01.98, 23.04-01.99**  
Сочнева Н.А. **23.04-01.223**  
Срама Р. **23.04-01.484**  
Стадник Д.М. **23.04-01.192**  
Стальная М.В. **23.04-01.360**  
Старицын М.В. **23.04-01.276**  
Старовойтова Н.А. **23.04-01.215**  
Старовойтов Э.И. **23.04-01.69**  
Старостин Л.И. **23.04-01.380,**  
**23.04-01.381**  
Степанов С.В. **23.04-01.372,**  
**23.04-01.439**  
Степанов С.С. **23.04-01.241**  
Степанова К.А. **23.04-01.226,**  
**23.04-01.234, 23.04-01.235**  
Столяров А.В. **23.04-01.500**  
Стороженко А.М. **23.04-01.131**  
Страупе С.С. **23.04-01.13**  
Стрельников К.Н. **23.04-01.462**  
Стукачев С.Е. **23.04-01.523**  
Стурова И.В. **23.04-01.147**  
Стяжкин В.А. **23.04-01.487**  
Судаков А.Г. **23.04-01.179**  
Султанов В.Г. **23.04-01.99**  
Сунь И. **23.04-01.171**  
Суриков Вад.И. **23.04-01.267**  
Суриков Вал.И. **23.04-01.267**  
Сустин С.А. **23.04-01.179**  
Сутырин О.Г. **23.04-01.167**  
Суходрев Н.К. **23.04-01.373**  
Сучков Е.П. **23.04-01.439**  
Сызранова Н.Г. **23.04-01.510**  
Сычугов Д.Ю. **23.04-01.439**  
Сятковский А.И. **23.04-01.238**
- Т**
- Тан М.М. **23.04-01.263**  
Танцюра А.О. **23.04-01.131,**  
**23.04-01.132**  
Тарасенко Е.О. **23.04-01.185**  
Тарасов В.Н. **23.04-01.491,**  
**23.04-01.492**  
Тарасов С.П. **23.04-01.138**  
Тарасова О.Г. **23.04-01.209**  
Тарлаковский Д.В. **23.04-01.76**  
Татаренков А.Н. **23.04-01.500**  
Тверская С.Ю. **23.04-01.221**  
Теплоухов А.А. **23.04-01.267**  
Теплухина Т.Р. **23.04-01.413**  
Тептеева Е.С. **23.04-01.293**  
Тимофеева В.В. **23.04-01.228**  
Титова Ю.Ф. **23.04-01.236**  
Ткачев С.С. **23.04-01.406**  
Ткаченко А.Н. **23.04-01.409**  
Токавен Ж.Ж. **23.04-01.483**  
Томашева А.М. **23.04-01.95**  
Тоньшев А.К. **23.04-01.485**  
Тория Т.Г. **23.04-01.200**  
Торунов С.И. **23.04-01.97,**  
**23.04-01.98, 23.04-01.99**  
Тржебиньски В. **23.04-01.476**  
Тришкин П.Н. **23.04-01.518**  
Троицкая Ю.И. **23.04-01.421**  
Трофимов С.П. **23.04-01.405**  
Трофимов Ю.А. **23.04-01.376,**  
**23.04-01.477**  
Трухлик В. **23.04-01.482**  
Трыков С.С. **23.04-01.519**  
Тряскин Н.В. **23.04-01.31,**  
**23.04-01.179**  
Тулайкова Т.В. **23.04-01.288**

Туманов А.В. **23.04-01.370**  
 Туфан А. **23.04-01.535**  
 Тухфатуллин А.Р. **23.04-01.215**  
 Тучин М.С. **23.04-01.393**  
 Тындыкаръ Л.Н. **23.04-01.105**  
 Тычков А.Ю. **23.04-01.221**  
 Тэттэр В.Ю. **23.04-01.243**  
 Тюрин Д.И. **23.04-01.314**

**У**

Углов А.Л. **23.04-01.240**  
 Удалов П.П. **23.04-01.43**  
 Украинский Л.Е. **23.04-01.275,**  
**23.04-01.279**  
 Уланов М.В. **23.04-01.375,**  
**23.04-01.480**  
 Уливанова А.В. **23.04-01.196,**  
**23.04-01.197**  
 Улин С.Е. **23.04-01.479**  
 Ульянов А.Б. **23.04-01.344**  
 Ульянов А.С. **23.04-01.373,**  
**23.04-01.473**  
 Умнова О.Н. **23.04-01.478**  
 Уразбахтин Р.Р. **23.04-01.62**  
 Урличич Ю.М. **23.04-01.436**  
 Усачов А.Е. **23.04-01.179**  
 Утешев З.М. **23.04-01.479**  
 Уткин А.В. **23.04-01.97, 23.04-01.98**  
 Ушакова Н.Н. **23.04-01.451**

**Ф**

Фадеева О.В. **23.04-01.55**  
 Фам Х.Х. **23.04-01.64**  
 Фахми Ш.С. **23.04-01.305**  
 Федоров А.В. **23.04-01.226,**  
**23.04-01.234**  
 Федорова А.А. **23.04-01.424**  
 Федорова Н.Н. **23.04-01.163**  
 Федоровых Е.В. **23.04-01.376**  
 Федосеев В.И. **23.04-01.389,**  
**23.04-01.390**  
 Федотенков Г.В. **23.04-01.40,**  
**23.04-01.81**  
 Федотов А.А. **23.04-01.244,**  
**23.04-01.245, 23.04-01.246**  
 Федотов П.И. **23.04-01.252**  
 Федотов С.Н. **23.04-01.333,**  
**23.04-01.395**  
 Федяев В.Л. **23.04-01.60**  
 Федяев К.С. **23.04-01.467,**  
**23.04-01.534**  
 Фельдштейн В.А. **23.04-01.78**  
 Феськов С.А. **23.04-01.278**  
 Фещенко Я.В. **23.04-01.152,**  
**23.04-01.153**  
 Филипас А.А. **23.04-01.190**  
 Филиппова О.В. **23.04-01.408**  
 Финоченко Т.А. **23.04-01.281,**  
**23.04-01.283**  
 Фирсанов В.В. **23.04-01.72,**  
**23.04-01.73, 23.04-01.125**  
 Фирсов В.А. **23.04-01.61**  
 Фокин В.А. **23.04-01.397**  
 Фомин В.Н. **23.04-01.515**  
 Фомин Д.В. **23.04-01.516**  
 Фомин И.А. **23.04-01.15**  
 Фомичев В.В. **23.04-01.488**  
 Форш А.А. **23.04-01.320,**  
**23.04-01.321, 23.04-01.324,**  
**23.04-01.349, 23.04-01.357,**  
**23.04-01.453**  
 Фредерикс Д.Д. **23.04-01.375,**  
**23.04-01.480**

Фролова Д.С. **23.04-01.195**  
 Фурмонд Ж.Ж. **23.04-01.343,**  
**23.04-01.344**

**Х**

Хаврошкин О.Б. **23.04-01.493**  
 Хайрутдинов Р.Р. **23.04-01.439**  
 Хайталиев И.Р. **23.04-01.22**  
 Халилов Т.И. **23.04-01.191**  
 Хаммад Н.А. **23.04-01.508**  
 Хамханов А.К. **23.04-01.42**  
 Хапаев А.А. **23.04-01.50**  
 Харламов В.В. **23.04-01.247**  
 Харченко А.О. **23.04-01.261**  
 Харченко Н.В. **23.04-01.401,**  
**23.04-01.402**  
 Харшул Ш. **23.04-01.508**  
 Хацевич Т.Н. **23.04-01.495**  
 Хачумов М.В. **23.04-01.304**  
 Хекерт Е.В. **23.04-01.261**  
 Хильхенбах М. **23.04-01.482**  
 Хингар М.К. **23.04-01.379**  
 Хиникаде И.Т. **23.04-01.281,**  
**23.04-01.283**  
 Хлыбов А.А. **23.04-01.240**  
 Хлюстова Л.И. **23.04-01.328,**  
**23.04-01.391**  
 Хмылко В.В. **23.04-01.372**  
 Хорев А.А. **23.04-01.218**  
 Хорошавин Е.А. **23.04-01.213**  
 Храпченков В.В. **23.04-01.486**  
 Христенко Ю.Ф. **23.04-01.511,**  
**23.04-01.513**  
 Христофоров В.В. **23.04-01.219**  
 Хромулина Т.Д. **23.04-01.206,**  
**23.04-01.207, 23.04-01.227**  
 Хрушка Ф. **23.04-01.482**

**Ц**

Цветкова А.В. **23.04-01.137**  
 Церевитинов А.Б. **23.04-01.515**  
 Цзюньхуа Л. **23.04-01.252**  
 Циркунов Ю.М. **23.04-01.26**  
 Цуканова Г.И. **23.04-01.400**  
 Цымбалов И.Н. **23.04-01.316**  
 Цыплаков В.В. **23.04-01.493**

**Ч**

Чакрабарти С.К. **23.04-01.379**  
 Чаплыгин А.В. **23.04-01.293**  
 Чекаданов А.С. **23.04-01.131,**  
**23.04-01.132**  
 Чен Гуоксин **23.04-01.288**  
 Червонов А.М. **23.04-01.468**  
 Черепанов Р.О. **23.04-01.511**  
 Чернов Г.П. **23.04-01.488**  
 Чернова П.Д. **23.04-01.286**  
 Черноярлов О.В. **23.04-01.532**  
 Чернышов А.А. **23.04-01.428**  
 Чернышов М.В. **23.04-01.165**  
 Чернышов Н.А. **23.04-01.56,**  
**23.04-01.58**  
 Чернявский А.С. **23.04-01.449**  
 Чесноков А.А. **23.04-01.296**  
 Чичикалюк Ю.А. **23.04-01.372**  
 Чубарь Е.П. **23.04-01.282**  
 Чубей М.С. **23.04-01.322,**  
**23.04-01.400**  
 Чугайнова А.П. **23.04-01.32,**  
**23.04-01.33, 23.04-01.95**  
 Чудновский В.М. **23.04-01.108**

Чукарин А.Н. **23.04-01.281,**  
**23.04-01.283**  
 Чуличков А.И. **23.04-01.463**  
 Чулков И.В. **23.04-01.369**  
 Чупашев А.В. **23.04-01.157**  
 Чупина Н.В. **23.04-01.401,**  
**23.04-01.402**  
 Чураков П.П. **23.04-01.221**  
 Чхетиани О.Г. **23.04-01.50**

**Ш**

Ша М. **23.04-01.171**  
 Шавелкин Д.С. **23.04-01.80**  
 Шавня Р.А. **23.04-01.78, 23.04-01.82**  
 Шалаев Н.А. **23.04-01.155**  
 Шамаев А.С. **23.04-01.59**  
 Шамардин Л.В. **23.04-01.434**  
 Шамис В.А. **23.04-01.349,**  
**23.04-01.403, 23.04-01.404**  
 Шамов Н.А. **23.04-01.189**  
 Шамшура С.А. **23.04-01.66**  
 Шапшал А.С. **23.04-01.67**  
 Шарфугдинов Р.Ф. **23.04-01.289**  
 Шаргатов В.А. **23.04-01.95**  
 Шаталов В.К. **23.04-01.287**  
 Шаулов С.Б. **23.04-01.509**  
 Шафранкова Я. **23.04-01.486**  
 Шаханов А.Е. **23.04-01.118,**  
**23.04-01.123**  
 Шахвердян Т.А. **23.04-01.484,**  
**23.04-01.485**  
 Шахматов Е.В. **23.04-01.192**  
 Шведов И.М. **23.04-01.188,**  
**23.04-01.231**  
 Швецов А.В. **23.04-01.431**  
 Шеболтасов А.Г. **23.04-01.213**  
 Шекоян А.В. **23.04-01.111**  
 Шемякин А.Н. **23.04-01.293**  
 Шендрик Н.К. **23.04-01.498**  
 Шептунов С.А. **23.04-01.242**  
 Шестаков А.А. **23.04-01.100**  
 Шестаков А.Ю. **23.04-01.485**  
 Шестов С.В. **23.04-01.373,**  
**23.04-01.473**  
 Шибков В.М. **23.04-01.292**  
 Шиванк Ш. **23.04-01.508**  
 Шикота С.К.А. **23.04-01.429**  
 Шилинговский Д.И. **23.04-01.51**  
 Шильников Е.В. **23.04-01.22**  
 Ширяев А.О. **23.04-01.521**  
 Шишкин А.Г. **23.04-01.439**  
 Шишкин В.М. **23.04-01.61**  
 Шишов И.И. **23.04-01.372,**  
**23.04-01.378**  
 Шиян А.Н. **23.04-01.500**  
 Шклярчук Ф.Н. **23.04-01.46,**  
**23.04-01.133, 23.04-01.175**  
 Шмаков А.Г. **23.04-01.291**  
 Шмакова А.В. **23.04-01.180**  
 Шмелев Е.В. **23.04-01.495**  
 Шпагина Т.Л. **23.04-01.384**  
 Шприкумар С. **23.04-01.379**  
 Штокал А.О. **23.04-01.287**  
 Шугаров А.С. **23.04-01.401,**  
**23.04-01.402**  
 Шуляпов С.А. **23.04-01.313**  
 Шумихин Т.А. **23.04-01.284,**  
**23.04-01.285**  
 Шундеев А.С. **23.04-01.435**  
 Шустрова М.Л. **23.04-01.215**

**Щ**

Щепетов А.Л. **23.04-01.509**

Щипкова Ю.В. **23.04-01.249**

Щур Л.Н. **23.04-01.429**

### Э

Эйсмонт Н.А. **23.04-01.534**

### Ю

Юров В.М. **23.04-01.171**

Юров В.Н. **23.04-01.369,**  
**23.04-01.370, 23.04-01.371,**  
**23.04-01.372, 23.04-01.374,**

**23.04-01.375, 23.04-01.376,**

**23.04-01.378, 23.04-01.379,**

**23.04-01.382, 23.04-01.383,**

**23.04-01.477, 23.04-01.478**

Юхимец Д.А. **23.04-01.154**

Юшманова О.О. **23.04-01.233**

### Я

Ягодников Д.А. **23.04-01.239**

Ягудин Л.И. **23.04-01.322**

Якимов М.Ю. **23.04-01.293**

Якимович Б.А. **23.04-01.129**

Яковлев С.Н. **23.04-01.236**

Якута А.А. **23.04-01.8**

Яловец А.П. **23.04-01.23**

Ямалов И.И. **23.04-01.62**

Ямщиков Н.Е. **23.04-01.385**

Ян Диран **23.04-01.288**

Янкайтис В.В. **23.04-01.213**

Янковский А.П. **23.04-01.34**

Яровая Т.С. **23.04-01.210**

Ярошенко А.А. **23.04-01.150**

Яцких А.А. **23.04-01.181**

Яшин И.В. **23.04-01.481**

Яшина Д.А. **23.04-01.206**

## УКАЗАТЕЛЬ ИСТОЧНИКОВ

## Журналы

- Discrete and Continuous Models and Applied Computational Science (ранее Вестник РУДН. Серии Математика. Информатика. Физика). 2022. 30, № 1 **23.04-01.114**
- Авиакосмическое приборостроение. 2023, № 7 **23.04-01.500**
- Безопасность жизнедеятельности. 2023, № 2 **23.04-01.196**
- Безопасность жизнедеятельности. 2023, № 5 **23.04-01.197**
- Биомедицинская радиоэлектроника. 2022. 25, № 6 **23.04-01.222**
- Биомедицинская радиоэлектроника. 2023. 26, № 1 **23.04-01.237**
- Биомедицинская радиоэлектроника. 2023. 26, № 2 **23.04-01.221**
- Вестн Том. гос. ун-та. Математика и механика. 2023, № 82 **23.04-01.83, 23.04-01.157, 23.04-01.513**
- Вестн Том. гос. ун-та. Математика и механика. 2023, № 83 **23.04-01.149, 23.04-01.514**
- Вестн. Казан. технол. ун-та (ранее Вестник Казанского технологического университета — 1998—2015). 2023. 26, № 2 **23.04-01.271**
- Вестн. Казан. технол. ун-та (ранее Вестник Казанского технологического университета — 1998—2015). 2023. 26, № 7 **23.04-01.272**
- Вестник Бурятского гос. ун-та. 2022, № 2-3 **23.04-01.52, 23.04-01.109**
- Вестник Бурятского гос. ун-та. Математика, информатика. 2022, № 4 **23.04-01.42**
- Вестник Бурятского гос. ун-та. Математика, информатика. 2023, № 2 **23.04-01.53**
- Вестник Воронежского гос. ун-та. Сер. Физика. Математика. 2022, № 4 **23.04-01.532**
- Вестник Ижевского гос. технич. ун-та. 2022. 25, № 4 **23.04-01.202, 23.04-01.240**
- Вестник Ижевского гос. технич. ун-та. 2023. 26, № 1 **23.04-01.129**
- Вестник Кыргызско-Российского Славянского ун-та. 2022. 22, № 4 **23.04-01.160**
- Вестник Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана (МГТУ). Серия: Машиностроение. 2021, № 1 **23.04-01.168**
- Вестник Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана (МГТУ). Серия: Машиностроение. 2022, № 1 **23.04-01.533**
- Вестник Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана (МГТУ). Серия: Машиностроение. 2022, № 2 **23.04-01.534**
- Вестник Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана (МГТУ). Серия: Машиностроение. 2023, № 1 **23.04-01.535**
- Вестник Самарского ун-та. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. 2023. 22, № 2 **23.04-01.501**
- Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). 2022. 27, № 5 **23.04-01.494, 23.04-01.495**
- Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). 2022. 27, № 6 **23.04-01.496**
- Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). 2023. 28, № 1 **23.04-01.497**
- Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). 2023. 28, № 2 **23.04-01.498**
- Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). 2023. 28, № 3 **23.04-01.499**
- Вестник Томского гос. архитектурно-строительного ун-та. 2023. 25, № 1 **23.04-01.210**
- Вестник Томского гос. архитектурно-строительного ун-та. 2023. 25, № 2 **23.04-01.253**
- Вестник Томского гос. архитектурно-строительного ун-та. 2023. 25, № 3 **23.04-01.91**
- Вестник УрФО. Безопасность в информационной сфере. 2023, № 1(47) **23.04-01.218**
- Вестник УрФО. Безопасность в информационной сфере. 2023, № 2(48) **23.04-01.219**
- Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Математика. Механика. Физика. 2023. 15, № 1 **23.04-01.116**
- Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Математика. Механика. Физика. 2023. 15, № 2 **23.04-01.23**
- Вопросы инженерной сейсмологии. 2020. 47, № 4 **23.04-01.212**
- Вопросы инженерной сейсмологии. 2022. 49, № 2 **23.04-01.213**
- Изв. ЮФУ. Техн. н. 2022, № 6 **23.04-01.259**
- Изв. ЮФУ. Техн. н. 2023, № 1 **23.04-01.154, 23.04-01.155**
- Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. 2022, № 2 **23.04-01.20, 23.04-01.60, 23.04-01.164, 23.04-01.165**
- Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. 2022, № 3 **23.04-01.45, 23.04-01.61**
- Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. 2022, № 4 **23.04-01.62, 23.04-01.172**
- Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. 2023, № 1 **23.04-01.63, 23.04-01.173, 23.04-01.193**
- Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2022. 65, № 10 **23.04-01.234**
- Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2023. 66, № 2 **23.04-01.235**
- Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2023. 66, № 4 **23.04-01.252**
- Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2023. 66, № 6 **23.04-01.516**
- Известия НАН Беларуси. Серия физико-математических наук. 2023. 59, № 2 **23.04-01.536**
- Известия НАН Беларуси. Серия физико-технических наук. 2023. 68, № 3 **23.04-01.17, 23.04-01.26, 23.04-01.92, 23.04-01.94, 23.04-01.100, 23.04-01.101, 23.04-01.147, 23.04-01.181, 23.04-01.182, 23.04-01.205, 23.04-01.289, 23.04-01.290, 23.04-01.291, 23.04-01.292, 23.04-01.293, 23.04-01.294**
- Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2023. 59, № 4 **23.04-01.50, 23.04-01.143, 23.04-01.144**
- Известия Российской академии наук. Серия математическая. 2023. 87, № 2 **23.04-01.298**
- Известия Российской академии наук. Серия математическая. 2023. 87, № 3 **23.04-01.16**
- Известия Российской академии наук. Серия математическая. 2021, № 2 **23.04-01.124**
- Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. 2022, № 2 **23.04-01.504**
- Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. 2022, № 3 **23.04-01.273**
- Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. 2023, № 1 **23.04-01.505**
- Известия Томского политехнического университета. 2016. 327, № 11 **23.04-01.106**
- Известия Томского политехнического университета. 2022. 333, № 9 **23.04-01.112**
- Известия Томского политехнического университета. 2022. 333, № 10 **23.04-01.93, 23.04-01.190**
- Известия Томского политехнического университета. 2023. 333, № 3 **23.04-01.264**
- Известия Томского политехнического университета. 2023. 333, № 5 **23.04-01.185, 23.04-01.187**
- Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2022, № 3 **23.04-01.64**
- Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2022, № 5 **23.04-01.65, 23.04-01.66**
- Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2022, № 6 **23.04-01.256**
- Известия Тульского государственного университета.

- Технические науки. 2022, № 7 **23.04-01.250**  
 Известия Тульского государственного университета.  
 Технические науки. 2022, № 8 **23.04-01.257, 23.04-01.258**  
 Известия Тульского государственного университета.  
 Технические науки. 2022, № 9 **23.04-01.204**  
 Известия Тульского государственного университета.  
 Технические науки. 2022, № 10 **23.04-01.282**  
 Известия Тульского государственного университета.  
 Технические науки. 2023, № 2 **23.04-01.194, 23.04-01.216, 23.04-01.249, 23.04-01.281, 23.04-01.283**  
 Известия Тульского государственного университета.  
 Технические науки. 2023, № 1 **23.04-01.28, 23.04-01.174**  
 Известия Тульского государственного университета.  
 Технические науки. 2023, № 2 **23.04-01.67**  
 Известия Тульского государственного университета.  
 Технические науки. 2023, № 3 **23.04-01.195**  
 Известия Тульского государственного университета.  
 Технические науки. 2023, № 5 **23.04-01.232**  
 Известия Юго-Западного государственного ун-та. Серия: Техника и технологии. 2020, № 1 **23.04-01.131**  
 Известия Юго-Западного государственного ун-та. Серия: Техника и технологии. 2020, № 2 **23.04-01.263**  
 Известия Юго-Западного государственного ун-та. Серия: Техника и технологии. 2021, № 1 **23.04-01.90**  
 Известия Юго-Западного государственного ун-та. Серия: Техника и технологии. 2021, № 4 **23.04-01.113**  
 Известия Юго-Западного государственного ун-та. Серия: Техника и технологии. 2022, № 1 **23.04-01.132**  
 Инженерная физика. 2023, № 7 **23.04-01.51**  
 Инженерно-физический журнал. 2023, № 3 **23.04-01.166, 23.04-01.178, 23.04-01.179, 23.04-01.302, 23.04-01.303**  
 Инженерный вестник Дона. 2022, № 2 **23.04-01.56**  
 Инженерный вестник Дона. 2022, № 3 **23.04-01.214**  
 Инженерный вестник Дона. 2022, № 4 **23.04-01.254**  
 Инженерный вестник Дона. 2022, № 5 **23.04-01.208**  
 Инженерный вестник Дона. 2022, № 8 **23.04-01.138**  
 Инженерный вестник Дона. 2022, № 9 **23.04-01.139**  
 Инженерный вестник Дона. 2022, № 10 **23.04-01.242**  
 Инженерный вестник Дона. 2022, № 11 **23.04-01.57**  
 Инженерный вестник Дона. 2022, № 12 **23.04-01.58, 23.04-01.201, 23.04-01.215**  
 Инженерный вестник Дона. 2023, № 1 **23.04-01.59**  
 Инженерный вестник Дона. 2023, № 2 **23.04-01.148**  
 Инженерный вестник Дона. 2023, № 3 **23.04-01.136**  
 Инженерный вестник Дона. 2023, № 4 **23.04-01.209, 23.04-01.255**  
 Каротажник. 2023, № 4 **23.04-01.186**  
 Квантовая электроника. 2023, № 4 **23.04-01.308, 23.04-01.309, 23.04-01.310, 23.04-01.311, 23.04-01.312, 23.04-01.313, 23.04-01.314, 23.04-01.315, 23.04-01.316, 23.04-01.317, 23.04-01.531**  
 Кратк. сообщ. по физ. ФИАН. 2023, № 8 **23.04-01.509**  
 Кристаллография. 2021, № 5 **23.04-01.8, 23.04-01.9, 23.04-01.10**  
 Мат. моделир. 2023, № 8 **23.04-01.21, 23.04-01.22, 23.04-01.68**  
 Математическая физика и компьютерное моделирование. 2022, № 1 **23.04-01.489, 23.04-01.490**  
 Машиностроение и компьютерные технологии. 2019, № 7 **23.04-01.169**  
 Методы и устройства передачи и обработки информации. 2018, № 20 **23.04-01.18**  
 Методы и устройства передачи и обработки информации. 2019, № 21 **23.04-01.206, 23.04-01.207, 23.04-01.227, 23.04-01.228**  
 Методы и устройства передачи и обработки информации. 2020, № 22 **23.04-01.223, 23.04-01.502**  
 Методы и устройства передачи и обработки информации. 2022, № 24 **23.04-01.19**  
 Мех. композиц. матер. и конструкций. 2016, № 1 **23.04-01.69**  
 Мех. композиц. матер. и конструкций. 2016, № 4 **23.04-01.70, 23.04-01.175**  
 Мех. композиц. матер. и конструкций. 2017, № 1 **23.04-01.510, 23.04-01.511**  
 Мех. композиц. матер. и конструкций. 2017, № 2 **23.04-01.133**  
 Мех. композиц. матер. и конструкций. 2017, № 3 **23.04-01.71**  
 Мех. композиц. матер. и конструкций. 2018, № 1 **23.04-01.284**  
 Мех. композиц. матер. и конструкций. 2018, № 2 **23.04-01.512**  
 Мех. композиц. матер. и конструкций. 2018, № 3 **23.04-01.176**  
 Мех. композиц. матер. и конструкций. 2018, № 4 **23.04-01.29**  
 Мех. композиц. матер. и конструкций. 2019, № 1 **23.04-01.285**  
 Мех. композиц. матер. и конструкций. 2019, № 2 **23.04-01.34, 23.04-01.37, 23.04-01.177, 23.04-01.251**  
 Мех. композиц. матер. и конструкций. 2019, № 4 **23.04-01.38, 23.04-01.111**  
 Мех. композиц. матер. и конструкций. 2020, № 1 **23.04-01.72, 23.04-01.184, 23.04-01.286**  
 Мех. композиц. матер. и конструкций. 2020, № 4 **23.04-01.73**  
 Мех. композиц. матер. и конструкций. 2021, № 1 **23.04-01.74, 23.04-01.75, 23.04-01.76**  
 Мех. композиц. матер. и конструкций. 2021, № 2 **23.04-01.39, 23.04-01.301**  
 Мех. композиц. матер. и конструкций. 2021, № 3 **23.04-01.233**  
 Мех. композиц. матер. и конструкций. 2022, № 1 **23.04-01.77, 23.04-01.110**  
 Мех. композиц. матер. и конструкций. 2022, № 2 **23.04-01.30, 23.04-01.35, 23.04-01.46, 23.04-01.78, 23.04-01.79**  
 Мех. композиц. матер. и конструкций. 2022, № 4 **23.04-01.80, 23.04-01.81**  
 Мех. композиц. матер. и конструкций. 2023, № 1 **23.04-01.40**  
 Мех. композиц. матер. и конструкций. 2023, № 2 **23.04-01.47, 23.04-01.82**  
 Механика, управление и информатика. 2009, № 1 **23.04-01.318, 23.04-01.319, 23.04-01.320, 23.04-01.321, 23.04-01.322, 23.04-01.323, 23.04-01.324, 23.04-01.325, 23.04-01.326, 23.04-01.327, 23.04-01.328, 23.04-01.329, 23.04-01.330, 23.04-01.331, 23.04-01.332, 23.04-01.333, 23.04-01.334, 23.04-01.335, 23.04-01.336, 23.04-01.337, 23.04-01.338, 23.04-01.339, 23.04-01.340, 23.04-01.341, 23.04-01.342, 23.04-01.343, 23.04-01.344, 23.04-01.345, 23.04-01.346, 23.04-01.347, 23.04-01.348, 23.04-01.349, 23.04-01.350, 23.04-01.351, 23.04-01.352, 23.04-01.353, 23.04-01.354, 23.04-01.355, 23.04-01.356, 23.04-01.357, 23.04-01.358, 23.04-01.359, 23.04-01.360, 23.04-01.361, 23.04-01.362, 23.04-01.363, 23.04-01.364, 23.04-01.365, 23.04-01.366**  
 Механика, управление и информатика. 2010, № 3 **23.04-01.6, 23.04-01.367, 23.04-01.368, 23.04-01.369, 23.04-01.370, 23.04-01.371, 23.04-01.372, 23.04-01.373, 23.04-01.374, 23.04-01.375, 23.04-01.376, 23.04-01.377, 23.04-01.378, 23.04-01.379, 23.04-01.380, 23.04-01.381, 23.04-01.382, 23.04-01.383, 23.04-01.384**  
 Механика, управление и информатика. 2011, № 2 **23.04-01.7, 23.04-01.385, 23.04-01.386, 23.04-01.387, 23.04-01.388, 23.04-01.389, 23.04-01.390, 23.04-01.391, 23.04-01.392, 23.04-01.393, 23.04-01.394, 23.04-01.395, 23.04-01.396, 23.04-01.397, 23.04-01.398, 23.04-01.399, 23.04-01.400, 23.04-01.401, 23.04-01.402, 23.04-01.403, 23.04-01.404, 23.04-01.405, 23.04-01.406, 23.04-01.407, 23.04-01.408, 23.04-01.409, 23.04-01.410, 23.04-01.411, 23.04-01.412, 23.04-01.413, 23.04-01.414, 23.04-01.415, 23.04-01.416, 23.04-01.417, 23.04-01.418, 23.04-01.419**  
 Механика, управление и информатика. 2011, № 4 **23.04-01.420, 23.04-01.421, 23.04-01.422, 23.04-01.423, 23.04-01.424, 23.04-01.425, 23.04-01.426, 23.04-01.427, 23.04-01.428, 23.04-01.429**



- Механика, управление и информатика. 2011, № 5  
**23.04-01.1, 23.04-01.430, 23.04-01.431, 23.04-01.432, 23.04-01.433, 23.04-01.434, 23.04-01.435, 23.04-01.436, 23.04-01.437, 23.04-01.438, 23.04-01.439, 23.04-01.440, 23.04-01.441, 23.04-01.442, 23.04-01.443**
- Механика, управление и информатика. 2011, № 6  
**23.04-01.2, 23.04-01.444, 23.04-01.445, 23.04-01.446, 23.04-01.447, 23.04-01.448, 23.04-01.449, 23.04-01.450, 23.04-01.451, 23.04-01.452, 23.04-01.453, 23.04-01.454, 23.04-01.455, 23.04-01.456, 23.04-01.457, 23.04-01.458, 23.04-01.459, 23.04-01.460, 23.04-01.461, 23.04-01.462, 23.04-01.463, 23.04-01.464, 23.04-01.465, 23.04-01.466, 23.04-01.467**
- Механика, управление и информатика. 2012, № 4  
**23.04-01.468**
- Механика, управление и информатика. 2012, № 5  
**23.04-01.469**
- Механика, управление и информатика. 2012, № 6  
**23.04-01.3, 23.04-01.470, 23.04-01.471, 23.04-01.472, 23.04-01.473, 23.04-01.474, 23.04-01.475, 23.04-01.476, 23.04-01.477, 23.04-01.478, 23.04-01.479, 23.04-01.480, 23.04-01.481, 23.04-01.482, 23.04-01.483, 23.04-01.484, 23.04-01.485, 23.04-01.486, 23.04-01.487, 23.04-01.488**
- Мир измерений. 2023, № 1 **23.04-01.126, 23.04-01.517**
- Мир измерений. 2023, № 2 **23.04-01.127**
- Морские интеллектуальные технологии. 2022, 2, № 2-2  
**23.04-01.48, 23.04-01.140, 23.04-01.156, 23.04-01.236, 23.04-01.260**
- Морские интеллектуальные технологии. 2022, 3, № 3-1  
**23.04-01.84, 23.04-01.141, 23.04-01.261, 23.04-01.304, 23.04-01.305**
- Морские интеллектуальные технологии. 2022, 4, № 4-1  
**23.04-01.24, 23.04-01.150**
- Морские интеллектуальные технологии. 2022, 4, № 4-2  
**23.04-01.31, 23.04-01.85, 23.04-01.86, 23.04-01.262**
- Морские интеллектуальные технологии. 2022, 4, № 4-3  
**23.04-01.87**
- Морские интеллектуальные технологии. 2023, 1, № 1-1  
**23.04-01.25**
- Морские интеллектуальные технологии. 2023, 2, № 2-1  
**23.04-01.88, 23.04-01.89, 23.04-01.198, 23.04-01.199, 23.04-01.200**
- Морской вестник. 2023, № 2 **23.04-01.105**
- Нано- и микросистемная техника. 2023, 25, № 3  
**23.04-01.525**
- Наука и техника. 2023, 22, № 1 **23.04-01.229**
- Наука и техника. 2023, 22, № 2 **23.04-01.102, 23.04-01.103, 23.04-01.211, 23.04-01.230**
- Наука и техника. 2023, 22, № 3 **23.04-01.135**
- Наука и техника. 2023, 22, № 4 **23.04-01.270**
- Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. 2021, № 6 **23.04-01.41**
- Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. 2021, № 8 **23.04-01.220**
- Наукоемкие технологии. 2021, 23, № 6 **23.04-01.217**
- Наукоемкие технологии. 2022, 24, № 1 **23.04-01.287**
- Наукоемкие технологии. 2022, 24, № 7 **23.04-01.288**
- Наукоемкие технологии. 2023, 25, № 2 **23.04-01.518**
- Омский научный вестник. 2013, № 2-2 **23.04-01.265**
- Омский научный вестник. 2013, № 2-3 **23.04-01.241**
- Омский научный вестник. 2013, № 3-2 **23.04-01.243, 23.04-01.266**
- Омский научный вестник. 2014, № 2 **23.04-01.491, 23.04-01.492**
- Омский научный вестник. 2017, № 2 **23.04-01.224**
- Омский научный вестник. 2018, № 2 **23.04-01.244**
- Омский научный вестник. 2018, № 4 **23.04-01.225, 23.04-01.267**
- Омский научный вестник. 2019, № 4 **23.04-01.117, 23.04-01.245**
- Омский научный вестник. 2019, № 6 **23.04-01.246**
- Омский научный вестник. 2020, № 2 **23.04-01.118**
- Омский научный вестник. 2020, № 3 **23.04-01.119**
- Омский научный вестник. 2020, № 5 **23.04-01.120**
- Омский научный вестник. 2021, № 2 **23.04-01.121**
- Омский научный вестник. 2021, № 6 **23.04-01.268**
- Омский научный вестник. 2022, № 2 **23.04-01.122**
- Омский научный вестник. 2022, № 3 **23.04-01.123, 23.04-01.226, 23.04-01.247**
- Оптика и спектроскопия. 2022, 130, № 7 **23.04-01.526**
- Оптика и спектроскопия. 2022, 130, № 8 **23.04-01.527**
- Оптический журнал. 2023, 90, № 2 **23.04-01.128**
- Оптический журнал. 2023, 90, № 6 **23.04-01.522, 23.04-01.523**
- Оптический журнал. 2023, 90, № 9 **23.04-01.524**
- Письма в Журнал технической физики. 2023, 49, № 16  
**23.04-01.108, 23.04-01.134, 23.04-01.167**
- Прикладная математика и физика (Ранее Научные ведомости Белгородского государственного университета (2007—2019). 2021, 53, № 1 **23.04-01.55**
- Прикладная механика и техническая физика. 2023, 64, № 4  
**23.04-01.107, 23.04-01.115, 23.04-01.180, 23.04-01.238**
- Прикладная физика и математика. 2023, № 6 **23.04-01.295, 23.04-01.493**
- Природа. 2022, № 10 **23.04-01.12**
- Природа. 2022, № 11 **23.04-01.506**
- Природа. 2022, № 12 **23.04-01.13, 23.04-01.14, 23.04-01.507**
- Природа. 2023, № 3 **23.04-01.15**
- Проблемы машиностроения и надежности машин. 2021, № 4  
**23.04-01.125, 23.04-01.170, 23.04-01.274**
- Проблемы машиностроения и надежности машин. 2021, № 5  
**23.04-01.183, 23.04-01.188, 23.04-01.203**
- Проблемы машиностроения и надежности машин. 2021, № 6  
**23.04-01.192**
- Проблемы машиностроения и надежности машин. 2022, № 1  
**23.04-01.275**
- Проблемы машиностроения и надежности машин. 2022, № 3  
**23.04-01.27**
- Проблемы машиностроения и надежности машин. 2022, № 4  
**23.04-01.189, 23.04-01.276**
- Проблемы машиностроения и надежности машин. 2022, № 5  
**23.04-01.43, 23.04-01.44, 23.04-01.277, 23.04-01.278**
- Проблемы машиностроения и надежности машин. 2022, № 6  
**23.04-01.279**
- Проблемы машиностроения и надежности машин. 2023, № 1  
**23.04-01.145, 23.04-01.171, 23.04-01.280**
- Проблемы машиностроения и надежности машин. 2023, № 2  
**23.04-01.146**
- Проблемы машиностроения и надежности машин. 2023, № 4  
**23.04-01.231, 23.04-01.299**
- Сибирские электронные математические известия. 2023, 19, № 1  
**23.04-01.297**
- Сибирские электронные математические известия. 2023, 19, № 2  
**23.04-01.11**
- Сибирский математический журнал. 2022, 63, № 3  
**23.04-01.503**
- Теплофиз. и аэромех. 2023, № 3 **23.04-01.161, 23.04-01.300, 23.04-01.508**
- Труды ИОФАН. 2014, 70 **23.04-01.515**
- Труды Математического института имени В.А. Стеклова. 2023, 321 **23.04-01.54, 23.04-01.151**
- Труды Математического института имени В.А. Стеклова. 2023, 322 **23.04-01.32, 23.04-01.33, 23.04-01.36, 23.04-01.95, 23.04-01.104, 23.04-01.130, 23.04-01.137, 23.04-01.158, 23.04-01.296**
- Успехи математических наук. 2023, 78, № 4 **23.04-01.96**
- УФН. 2023, 193, № 7 **23.04-01.191, 23.04-01.306, 23.04-01.528**
- УФН. 2023, 193, № 8 **23.04-01.307**
- Ученые записки физического ф-та МГУ. 2023, № 4  
**23.04-01.49, 23.04-01.142, 23.04-01.159, 23.04-01.519, 23.04-01.520, 23.04-01.521**
- Физика горения и взрыва. 2023, 59, № 4 **23.04-01.97, 23.04-01.98, 23.04-01.99, 23.04-01.162, 23.04-01.163, 23.04-01.239**
- Физика горения и взрыва. 2023, 59, № 7 **23.04-01.529, 23.04-01.530**
- Экологические системы и приборы. 2023, № 7 **23.04-01.153**
- Экологические системы и приборы. 2023, № 8 **23.04-01.152**
- Южно-Сибирский научный вестник. 2023, № 3  
**23.04-01.248, 23.04-01.269**

**Книги**

Динамика Солнечной системы. М.: Физматлит. 2010

**23.04-01.4К**

Теоретические основы баллистико-навигационного

обеспечения космических полетов. М.: Московский  
государственный технический университет им. Н.Э.

Баумана. 2014 **23.04-01.5К**

---

## СОДЕРЖАНИЕ

Конгрессы, конференции, семинары, симпозиумы, советы, совещания . . . . .	23.04-01.1
Библиография . . . . .	23.04-01.4
Персоналии . . . . .	23.04-01.7
Классические проблемы линейной акустики и теории волн . . . . .	23.04-01.18
Нелинейная акустика . . . . .	23.04-01.95
Физическая акустика . . . . .	23.04-01.108
Акустика океана, гидроакустика . . . . .	23.04-01.137
Атмосферная и аэроакустика . . . . .	23.04-01.158
Акустика структурно неоднородных сред; Геологическая акустика . . . . .	23.04-01.185
Акустическая экология; Шумы и вибрации . . . . .	23.04-01.192
Акустика помещений; Музыкальная акустика . . . . .	23.04-01.209
Обработка акустических сигналов; Компьютерное моделирование . . . . .	23.04-01.215
Акустика живых систем; Биологическая акустика . . . . .	23.04-01.217
Физические основы технической акустики . . . . .	23.04-01.223
Акустика в инженерном деле . . . . .	23.04-01.265
Физика . . . . .	23.04-01.295
Астрономия . . . . .	23.04-01.318
Авторский указатель Указатель источников	