

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРОБЛЕМАМ
МАШИНОВЕДЕНИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МАШИНОСТРОЕНИЯ РАН
– ФИЛИАЛ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО НАУЧНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. Н.И. ЛОБАЧЕВСКОГО»

НЕЛИНЕЙНЫЕ КОЛЕБАНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Т Р У Д Ы
X ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
им. Ю.И. Неймарка

Нижегород, 26 – 29 сентября 2016 года

Конференция проводится при финансовой поддержке
Российского фонда фундаментальных исследований
(проект 16-08-20664-г)

Нижегород
2016

ББК В161.6
УДК 517

Труды X Всероссийской научной конференции «Нелинейные колебания механических систем» (Нижний Новгород, 26–29 сентября 2016 г.) / Под редакцией Д.В. Баландина, В.И. Ерофеева, И.С.Павлова. Нижний Новгород: Издательский дом «Наш дом», 2016. – 867 с.

ISBN 978-5-211-0628945

В трудах излагаются различные аспекты теории нелинейных колебаний и динамических управляемых систем и их приложения в различных областях науки и техники.

Основной тематикой конференции являются:

- моделирование динамических систем,
- аналитические, качественные и численные методы теории колебаний,
- теория бифуркаций,
- регулярные и хаотические колебания,
- волновая динамика машин и конструкций,
- управление колебаниями механических систем,
- прикладные задачи теории колебаний.

ISBN 978-5-211-0628945

ББК В161.6

© Авторы, 2016
© ИД «Наш дом» – издание, 2016

Научные конференции «Нелинейные колебания механических систем» традиционно проводятся в Нижнем Новгороде, начиная с 1987 г. Нынешняя конференция – уже десятая. Работа конференции проходит в трех основных направлениях:

– модели и методы теории колебаний (математическое моделирование динамических систем, аналитические, качественные и численные методы теории колебаний, теория бифуркаций);

– колебания в динамических и управляемых системах (регулярные и хаотические колебания, управление колебаниями механических систем, прикладные задачи теории колебаний);

– волновая динамика машин и конструкций (волны в стержнях, пластинах и оболочках, волны в твердых и жидких средах, волновая техника и технологии, акустическая диагностика и неразрушающий контроль).

Среди участников конференции – представители 18 городов Российской Федерации (Москва, Санкт-Петербург, Нижний Новгород, Казань, Уфа, Пермь, Саратов, Севастополь, Волгоград, Ульяновск, Тверь, Орел, Ярославль, Тюмень, Томск, Петропавловск-Камчатский, Саров, Сызрань), а также представители Армении, Белоруссии, Казахстана, Узбекистана и Украины.

Нынешняя конференция проходит под знаком двух юбилеев, отмечаемых ее организаторами: в 2016 году празднует 100-летие Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, а Институт проблем машиностроения РАН – свое 30-летие.

Программный комитет конференции: Акуленко Л.Д., д.ф.-м.н., профессор (Москва); Асташев В.К., д.т.н., профессор (Москва); Баландин Д.В., д.ф.-м.н., профессор (Нижний Новгород) — сопредседатель; Белых В.Н., д.ф.-м.н., профессор (Нижний Новгород); Блехман И.И., д.ф.-м.н., профессор (Санкт-Петербург); Болотник Н.Н., член-корр. РАН (Москва); Ганиев Р.Ф., академик РАН (Москва); Герасимов С.И., д.ф.-м.н. (Саров); Губайдуллин Д.А., член-корр. РАН (Казань); Дерендяев Н.В., д.ф.-м.н., профессор (Нижний Новгород); Ерофеев В.И., д.ф.-м.н., профессор (Нижний Новгород) — сопредседатель; Журавлёв В.Ф., академик РАН (Москва); Игумнов Л.А., д.ф.-м.н., профессор (Нижний Новгород); Индейцев Д.А., член-корр. РАН (Санкт-Петербург); Казанцев В.Б., д.ф.-м.н. (Нижний Новгород); Карапетян А.В., д.ф.-м.н., профессор (Москва); Митенков Ф.М., академик РАН (Нижний Новгород); Некоркин В.И., д.ф.-м.н., профессор (Нижний Новгород); Новиков В.В., д.ф.-м.н., профессор (Нижний Новгород); Павлов И.С., д.ф.-м.н. (Нижний Новгород) – ученый секретарь; Перевезенцев В.Н., д.ф.-м.н., профессор (Нижний Новгород); Пономаренко В.П., д.ф.-м.н., профессор (Нижний Новгород); Поляк Б.Т., д.т.н., профессор (Москва); Сергеев А.М., член-корр. РАН (Нижний Новгород); Смирнов Л.В., д.т.н., профессор (Нижний Новгород); Стронгин Р.Г., д.ф.-м.н., профессор (Нижний Новгород); Тарлаковский Д.В., д.ф.-м.н., профессор (Москва); Трубецков Д.И., член-корр. РАН (Саратов); Черноусько Ф.Л., академик РАН (Москва).

Организационный комитет: Павлов И.С., д.ф.-м.н. (председатель); Грезина А.В., к.ф.-м.н.; Мальханов А.О., к.ф.-м.н.; Мотова Е.А., к.т.н.; Никитина Е.А., к.т.н.; Панасенко А.Г., к.ф.-м.н.; Пономаренко В.П., д.ф.-м.н., профессор; Пономаренко С.В.; Стребуляев С.Н., к.т.н.; Эгамов А.И., к.ф.-м.н.

КВАНТОВАЯ МОДЕЛЬ ПЕРВИЧНОГО ВАКУУМА И ЕГО УПРУГИЕ СВОЙСТВА

А.А. Абрашкин

Национальный Исследовательский Университет Высшая Школа Экономики,
603155, Нижний Новгород, ул. Большая Печерская, 25/12, e-mail: aabrashkin@hse.ru

Предложена модель гипотетического первичного вакуума как континуума, состоящего из частиц с планковскими масштабами длины, времени и массы (эфиронов). Они образуют бозе-конденсат, и их описание сводится к системе уравнений гидродинамики для потенциальных течений сжимаемой жидкости. Уравнение состояния такого планковского конденсата содержит постоянную Планка и является нелокальным. Показано, что в конденсате могут распространяться продольные колебания плотности эфиронов, которые интерпретируются как квантовые гравитационные волны. Найдено их дисперсионное уравнение. Дана интерпретация гравитона, как квазичастицы, соответствующей упругим колебаниям первичного вакуума. Обсуждаются некоторые следствия предложенной модели.

Ключевые слова: вакуум, планковские масштабы, гравитационные волны

1. Введение

Теория вакуума – одна из центральных проблем современного естествознания. Создание его универсальной модели крайне важно для понимания изначальных основ материального мира и природы действующих в нем сил. В настоящее время активно обсуждается идея космологического вакуума с отрицательным давлением $p = -\rho c^2$, где ρ - плотность, а c - скорость света. Это уравнение состояния получено Глинером, как следствие общей теории относительности (ОТО) [1]. Такая “вакуумоподобная среда” обладает свойствами антигравитации, она могла возникнуть в результате Большого Взрыва и “ответственна” за расширение Вселенной. Но какое начальное состояние Вселенной предшествовало Большому Взрыву? Что можно сказать о свойствах первичного вакуума – “первоматериала” нашего мира?

С геометрофизической точки зрения его представляет, как хаотические колебания метрики пространства (пространственно-временную пену) на планковских масштабах длины l_{pl} и времени t_{pl} . Это область действия квантовой гравитации, где уравнения ОТО уже несправедливы. Все попытки их квантования пока не привели к успеху. К проблеме первичного вакуума можно подойти, однако, с другой, чисто физической точки зрения, когда пространство предполагается равномерно заполненным первичной субстанцией, способной переносить гравитационные волны. По существу это поиски модели эфира, но только не классического, отвергнутого после создания специальной теории относительности, а квантового. При этом уравнения, описывающие квантовый “гравитационный эфир”, вовсе не обязаны быть лоренц-инвариантными, но они и не должны противоречить основному выводу специальной теории относительности (СТО) – ограниченности скорости распространения взаимодействий скоростью света.

Подчеркнем особо важность этого утверждения. Возможны два принципиально разных пути построения теории квантовой гравитации. Первый предполагает запись уравнений гравитации в четырехмерном пространстве Минковского и требует, чтобы они были лоренц-инвариантными. Второй же допускает описание в обычном трехмерном пространстве на основе галилеево-инвариантных уравнений: но при формулировке результатов требует учета законов релятивистской физики (постулатов и следствий СТО). Если в первом случае свойства гравитационного поля объясняются эффектами кривизны пространства-времени, то во втором особым характером той первичной среды, которая сплошным образом заполняет Вселенную. При корректном проведении рассуждений оба подхода, очевидно, должны при-

вести к одинаковым результатам. Другое дело, что какой-то из путей в какой-то конкретной задаче может оказаться проще. В настоящей статье показано, что применительно к проблеме первичного вакуума таковым оказывается второй путь.

2. Эфирон – первочастица Вселенной

Будем исходить из традиционного представления о вакууме, как “океане” виртуальных частиц. Для первичного вакуума из соображений наибольшей простоты его устройства естественно принять, что он представляет бозе-конденсат тождественных свободных частиц. Но какую из частиц следует выбрать в качестве первочастицы?

Примем, что теория первичного вакуума должна быть релятивистской, квантовой и включать гравитацию. Это означает, что в теорию должны войти три мировые константы – скорость света c , постоянная Планка \hbar и гравитационная постоянная G , а характеристики первочастицы выражаться через них. Как заметил еще Макс Планк, из трех этих мировых постоянных по формулам

$$l_{pl} = \sqrt{\frac{\hbar G}{c^3}} \approx 1,7 \cdot 10^{-33} \text{ см}; \quad t_{pl} = \sqrt{\frac{\hbar G}{c^5}} \approx 6 \cdot 10^{-44} \text{ с}; \quad m_{pl} = \sqrt{\frac{\hbar c}{G}} \approx 2 \cdot 10^{-5} \text{ г}.$$

можно составить единицу длины l_{pl} , времени t_{pl} и массы m_{pl} . Их называют планковские масштабы. Исходя из этого, будем считать, что первочастица обладает планковской массой m_{pl} , характерным размером, равным планковской длине l_{pl} , и живет отрезок времени, совпадающий с планковским масштабом времени t_{pl} . Назовем эту частицу эфироном.

Поскольку $l_{pl}/t_{pl} = c$, то следует принять, что эфирон движется со скоростью света. Этот факт противоречит специальной теории относительности, запрещающей частице, имеющей конечную массу покоя, двигаться со световой скоростью. Но здесь самое время постулировать (с этим сейчас согласно большинство физиков), что планковские масштабы длины и времени выступают в качестве элементарных интервалов длины и времени, существующих в природе. Они обозначают границы установленные закономерностям природы и экспериментальным возможностям человека. Исследователь не вправе заглянуть внутрь планковских интервалов времени и пространства, законы физики имеют здесь свой предел, поэтому движение эфирона со скоростью света в течение элементарного временного отрезка на протяжении элементарной длины ничему не противоречит. Точно так же внутренняя структура эфирона останется принципиально неопределенной для нас.

Эфирон выступает реально существующим объектом, задающим пределы нашему проникновению в микромир. Погрешность в измерении импульса эфирона Δp по порядку величины равна величине его импульса $p = m_{pl} \cdot c$. Но тогда, согласно принципу неопределенности, погрешность в измерении координаты эфирона Δl удовлетворяет неравенству $\Delta l \geq \hbar/\Delta p \sim \hbar/m_{pl} \cdot c = l_{pl}$. В случае измерения местоположения измерения принципиально невозможно указать, где внутри отрезка планковской длины находился эфирон.

Схожий расчет можно провести и для времени жизни эфирона. Погрешность в определении энергии ΔE будет порядка $m_{pl} \cdot c^2$, и тогда для времени жизни виртуальной частицы справедлива оценка $\Delta t \geq \hbar/m_{pl} \cdot c^2 \sim t_{pl}$. Таким образом, эфирон не только является бесструктурной частицей, но его еще и нельзя зафиксировать.

Частицы с планковской массой уже рассматривались ранее М.А. Марковым [2] и К.П. Станюковичем [3], которые называли их соответственно максимоном (элементарной частицей с максимально возможной массой) и планкеоном¹ (в честь М. Планка). Но оба они счи-

¹ Масса планкеона вдвое меньше планковской

тали свои частицы стабильными и движущимися с досветовыми скоростями. В качестве параметров частицы они выбирали только два из трех планковских масштабов – массу и линейный размер. В отличие от них эфироны характеризуются всеми тремя масштабами.

2. Модель упругого континуума

Пусть эфироны образуют бозе-конденсат, который описывается следующей системой уравнений [4]:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \operatorname{div} \rho \vec{v} = 0; \quad (1)$$

$$\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + \frac{1}{2} \nabla v^2 - \frac{\hbar^2}{2m_p^2} \nabla \left(\frac{\nabla^2 \sqrt{\rho}}{\sqrt{\rho}} \right) = 0. \quad (2)$$

Она получается из уравнения Шредингера для системы свободных, тождественных, невзаимодействующих между собой частиц, где $\rho = |\psi|^2$, $\vec{v} = (\hbar/m_p) \nabla \arg \psi$, ψ - волновая функция частицы. Уравнение (1) представляет уравнение непрерывности для сплошной среды, поэтому величину ρ естественно принять за плотность вакуума. Вектор \vec{v} описывает скорость его движения. Уравнение (2) представляет уравнение Эйлера, правда, теперь в нем присутствует квантовомеханическое давление P , определяемое формулой

$$\nabla P = -\frac{\hbar^2}{2m_p^2} \rho \nabla \left(\frac{\nabla^2 \sqrt{\rho}}{\sqrt{\rho}} \right). \quad (3)$$

Его необычность заключается, в том, что оно нелокально связано с плотностью. С точки зрения классической гидродинамики система (1), (2) описывает потенциальные течения идеальной сжимаемой жидкости с нелокальной зависимостью давления от плотности.

Рассмотрим одномерные линейные колебания плотности первичного вакуума на фоне его однородного состояния покоя ($\rho = \rho_0$, $v = v_0 = 0$). Уравнение для возмущений плотности $\tilde{\rho} = \rho - \rho_0$ имеет следующий вид:

$$\frac{\partial^2 \tilde{\rho}}{\partial t^2} + \frac{\hbar^2}{4m_p^2} \frac{\partial^4 \tilde{\rho}}{\partial x^4} = 0, \quad (4)$$

а соответствующее ему дисперсионное уравнение записывается так:

$$\omega = \pm \frac{\hbar k^2}{2m_p} = \pm \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\hbar G}{c}} k^2. \quad (5)$$

В него входит гравитационная постоянная, поэтому колебания плотности первичного вакуума - это гравитационные волны. Они являются продольными.

Групповая скорость найденных волн равна $V_g = \hbar k / m_p = c k l_p$. Формально волновое число изменяется от нуля до бесконечности, а значит, и скорость найденных волн не ограничена. Но поскольку планковский масштаб выступает в качестве минимально возможной длины, то максимально возможное волновое число равно обратной планковской длине $k_{\max} = l_p^{-1}$, откуда следует, что V_g не может превышать скорости света c (в полном согласии со специальной теорией относительности).

Согласно принципу корпускулярно-волнового дуализма, гравитационной волне можно поставить в соответствие частицу с импульсом $\vec{p} = \hbar \vec{k}$ и энергией $\varepsilon = \hbar \omega$, где $\varepsilon = \pm p^2 / 2m_p$. В случае выбора положительного знака это выражение представляет кинетическую энергию свободной частицы с массой m_p . Это та самая “корпускула”, которая фигурирует в кинетической теории гравитации Лесажа, объясняющей природу закона всемирного

тяготения. Слово корпускула взято в кавычки, поскольку это волновое возбуждение в среде: оно переносит импульс, но не массу. Она соответствует гравитону теории элементарных частиц – частице с нулевой массой. Волновые возбуждения первичного вакуума пронизывают все материальные тела и в силу квантового характера не испытывают затухания. Два этих свойства, которыми Лесаж наделял свои гипотетические корпускулы, объясняют прямую пропорциональность силы взаимодействия двух тел их массам и обратную пропорциональность квадрату расстояния между ними.

Возможность физической интерпретации волновых возмущений, соответствующих отрицательному знаку в выражении, требует отдельного обсуждения. Отрицательность энергии, по-видимому, следует соотносить с антигравитацией (вакуумоподобным состоянием Глинера). Если это так, то гравитацию, равно как и антигравитацию, можно объяснять как силы, порождаемые возбужденным первичным вакуумом.

ОТО - теория не квантовая, и потому не описывает найденную нами квантовую ветвь гравитационных колебаний. В отличие от них, волны в ОТО подобны электромагнитным: они поперечные, бездисперсионные и распространяются с постоянной скоростью c . Квантовая и “эйнштейновская” ветви колебаний осуществляются на разных масштабах и имеют разную физическую природу. Первая связана с существованием первичного вакуума (гравитационного эфира) и объясняет природу ньютоновской гравитации, вторая дает возможность определить релятивистские поправки к нему. Предлагаемый квантовый и традиционный эйнштейновский подходы, таким образом, непротиворечиво дополняют друг друга.

3. Некоторые следствия модели

Постулат о предельности скорости света традиционно соотносят с преобразованиями Лоренца и формулами специальной теории относительности. Но смысл его существенно глубже. Это скорость элементарных частичек первичного вакуума. Так как все физические взаимодействия передаются через их посредство, то величина c - это предельная скорость распространения взаимодействий.

Первичная эфиронная среда предшествовала Большому Взрыву и первым проявлениям электромагнетизма. В силу этого для скорости c более естественной становится интерпретация ее как скорости движения элементарных частичек первичного вакуума. При этом проясняется и физический смысл эйнштейновской формулы $E = Mc^2$ для полной энергии тела массы M . Присутствие в ней квадрата скорости света связано отнюдь не с процессами электромагнитной природы, а с тем, что все материальные тела выступают конечными продуктами связанных особым образом систем эфиронов, каждый из которых движется со скоростью c .

Как заметил М.А. Марков, для частицы с планковской массой покоя радиус Шварцшильда вдвое больше планковской длины [2]. Это означает, что максимон – черная дыра. Предположим теперь, что в результате квантовой флуктуации некоторый эфирон просуществовал дольше “положенного” ему планковского времени. В этом случае он на время, превышающее t_{pl} , обретает свойства стабильной частицы с планковской массой. Можно сказать, что эфирон превращается в максимон, и, как всякая черная дыра, становится центром притяжения для окружающей его первичной среды.

Плотность внутри стабильного эфирона порядка планковской плотности $\rho_{pl} \sim m_{pl}/l_{pl}^3 \sim 10^{94} \text{ г/см}^3$. Его можно отождествить с точкой сингулярности, которая вводится в теории Большого Взрыва. Материализовавшийся максимон нарушает симметрию однородного мира и создает условия для появления новых подобных ему частиц. В нашей интерпретации Большой Взрыв, таким образом, сводится к цепной реакции рождения максимонов и разрастанию области пространства планковской плотности. Внутри нее начинается процесс рождения первых элементарных частиц. Закон сохранения энергии требует, чтобы

одновременно с этим возникала и вакуумоподобная среда Глинера, соответствующая состояниям с отрицательной энергией. Антигравитирующая по природе, она “запускает” и поддерживает расширение Вселенной.

4. Выводы

Построена физическая модель изначального состояния Вселенной (первичного вакуума). Введена его элементарная частица – виртуальная частица с планковскими масштабами времени, линейного размера и массы (эфирон). Показано, что ансамбль эфиронов обладает упругими свойствами и способен переносить колебания со скоростью, не превышающей скорость света. Найденные волны соотносятся с квантовыми гравитационными волнами, а соответствующая им квазичастица с гравитоном. Дана оригинальная концепция возникновения Большого Взрыва.

Список литературы

1. Глинер Э.Б. Алгебраические свойства тензора энергии-импульса и вакуумоподобные состояния вещества // ЖЭТФ, 1965. Т. 49. Вып. 2(8). С.542-548.
2. Марков М.А. Элементарные частицы максимально больших масс (кварки, максимоны) // ЖЭТФ, 1966. Т.51. Вып 3(9). С.878.
3. Станюкович К.П. К вопросу о существовании устойчивых частиц в метagalактике // Проблемы теории гравитации и элементарных частиц. Т. 1. М.: Атомиздат, 1966.
4. Madelung E.. // Zeitschr. f. Phys., 1926. Vol.40. № 3- 4. P. 327.

Содержание

Абдукаримов А., Хуррамов Ш.Р. (Ташкент, ТашГТУ, ТАСИ) Некоторые вопросы взаимодействия неравномерного по толщине материала с парами валов	4
Абрашкин А.А. (Н.Новгород, ВШЭ) Квантовая модель первичного вакуума и его упругие свойства	7
Айнбиндер Р.М., Гордеев Б.А. (Н.Новгород, ННГАСУ) Использование магнито-реологических жидкостей в системах демпфирования и гашения вибраций.....	12
Акуленко Л.Д., Зинкевич Я.С., Козаченко Т.А., Лещенко Д.Д. (Москва, ИПМех; Одесса, Одесская государственная академия строительства и архитектуры) Эволюция вращательно-колебательных движений твердого тела, близких к случаю Лагранжа	21
Андронов П.Р., Дынникова Г.Я., Стрекалов С.Д. (Москва, НИИ Механики МГУ) Численное моделирование волнового ветроэнергетического устройства	28
Анисимов В.Н., Литвинов В.Л. (Сызрань, Сызранский филиал СГТУ) Исследование корректности описания колебаний объектов с движущимися границами волновым уравнением	38
Анкилов А.В., Вельмисов П.А. (Ульяновск, УГТУ) Методика построения функционалов для одного класса нелинейных задач аэрогидроупругости	44
Антоновская О.Г., Горюнов В.П. (Н.Новгород, ННГАСУ, ННГУ) Метод точечных отображений в динамике системы с комбинированным частотно-фазовым управлением.....	52
Архипова Н.И. (Н.Новгород, ИПМ РАН) Поперечные волны в двухслойной мембране	58
Архипова Н.И. (Н.Новгород, ИПМ РАН) Поперечные волны в двухслойной мембране с учетом геометрической нелинейности	62
Ахмедов А.Х. (Ташкент, ТашГТУ) О нелинейных колебаниях высотных сооружений несущих сосредоточенные массы и резервуары с жидкостью	72
Баладин Д.В., Котельников И.В., Теклина Л.Г. (Н.Новгород, ННГУ) Применение методов распознавания образов в задаче гашения колебаний высотных зданий	75
Банах Л.Я. (Москва, ИМАШ РАН) Особенности колебаний и устойчивости многомассовой роторной системы при воздействии циркуляционных сил	85
Баринов В.А., Басинский К.Ю. (Тюмень, ТюмГУ) Моделирование нелинейных волн на поверхности двухфазной смеси	93
Бахадиров Г.А., Абдукаримов А., Хусанов К., Набиев М.К. (Ташкент, ТашГТУ) Динамика движения управляющих механизмов клиноремных вариаторов	102
Белых В.Н. (Н.Новгород, ВГУВТ) Синхронизация пешеходов, вызывающая колебания мостов, включая лондонский мост Millenium Bridge	109
Белых В.Н., Киняпина М.С., Шестерикова Н.В. (Н.Новгород, ВГУВТ) Бифуркации и аттракторы в семействе нелинейных трехмерных систем	111
Бирюков Р.С. (Н.Новгород, ННГАСУ) Обобщенное H_∞ -управление непрерывно-дискретным линейным объектом по дискретным наблюдениям выхода.....	113
Блинкова А.Ю., Кондратов Д.В., Могилевич Л.И., Попов В.С. (Саратов, СГТУ им. Ю.А. Гагарина, ПИУ им. П.А. Столыпина) Продольные и поперечные колебания стенки канала с сильновязкой жидкостью	116
Блинков Ю.А., Месянжин А.В., Могилевич Л.И. (Саратов, СГУ им. Н.Г. Чернышевского, СГТУ им. Ю.А. Гагарина) Математическое моделирование волновых явлений в двух физически нелинейных упругих соосных цилиндрических оболочках, содержащих вязкую несжимаемую жидкость	121
Богданов А.Н., Диесперов В.Н., Жук В.И. (Москва, НИИ Механики МГУ) Новые асимптотики дисперсионных кривых при исследовании устойчивости трансзвукового пограничного слоя с самоиндуцированным давлением	130
Болотник Н.Н., Нунупаров А.М., Чашухин В.Г. (Москва, ИПМех РАН) Динамика и управление движением мобильного вибрационного робота с возвратной пружиной.	131
Бохонский А.И. (Севастополь, СевГУ) Колебания объекта с физически нелинейным подвесом	138

Бураго Н.Г., Никитин И.С., Юшковский П.А. (Москва, ИПМех РАН, ИАП РАН, МАИ) Высокочастотные колебания и СВМУ-долговечность упругого диска переменной толщины	146
Бырдин В.М. (Москва, ИМАШ РАН) Петли, извилины и спирали дисперсии, трансцендентных функций и кривых: сингулярный анализ, асимптотика и кинематика обратных волн и D– и ZGV-проблема (“Double and Zero-group-velocity”)	152
Ванягин А.В., Родюшкин В.М. (Н.Новгород, НИРФИ, ИПМ РАН) Акустическая нелинейность в поврежденной среде	161
Васильев А.А. (Тверь, ТГУ) Многополюсное моделирование динамики коротковолновых структур в цепочке частиц конечного размера	167
Вельмисов П.А., Анкилов А.В. (Ульяновск, УГТУ) Нелинейная математическая модель вибрационного устройства	170
Викулин А.В. (Петропавловск-Камчатский, Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН) Ротационные волны в блоковых вращающихся средах (на примере геологической среды)	180
Волков И.А., Волков А.И., Шишулин Д.Н. (Н.Новгород, ВГУВТ) Оценка усталостной долговечности конструкций на базе уравнений механики поврежденной среды	190
Волоховская О.А. (Москва, ИМАШ РАН) Оценка амплитуд нестационарных колебаний двухпролетного погнутого ротора с остаточным дисбалансом при выбеге	198
Воронков В.С. (Н.Новгород, ННГУ) Восстановление траектории прецессии свободного гироскопа по малому ее отрезку	206
Востоков В.С., Лебедева С.В. (Н.Новгород, ВГУВТ) Анализ влияния гибкости на устойчивость системы «ротор на электромагнитных подшипниках»	212
Герасимов С.И., Ерофеев В.И., Кикеев В.А., Тотышев К.В., Трепалов Н.А. (Саров (Нижегородская область), РФЯЦ-ВНИИЭФ, Н.Новгород, ИПМ РАН) Теневой фоновый метод в практике полигонных испытаний	220
Горбиков С.П. (Н.Новгород, ННГАСУ) Дифференциальные уравнения, определяемые динамическими системами с ударными взаимодействиями на гиперповерхности удара ...	227
Гордеев А.Б. (Н.Новгород, ННГАСУ) Нелинейные преобразования зондирующих сигналов при диагностике шнековых валов	230
Гордеев Б.А., Деулин М.М. (Н.Новгород, НН234ГАСУ, НГТУ) Разработка системы управления гидравлической адаптивной виброопорой	234
Гордеев Б.А., Осмехин А.Н., Охулков С.Н., Плехов А.С. (Н.Новгород, ИПМ РАН) Влияние внутренних электромагнитных полей на характеристики магнито-реологических демпферов	240
Гордеев Б.А., Осмехин А.Н., Охулков С.Н., Плехов А.С. (Н.Новгород, ИПМ РАН) Погрешности акустических методов при исследовании характеристик магнито-реологических демпферов	246
Гордеев Б.А., Охулков С.Н., Злобин П.А. (Н.Новгород, ИПМ РАН, ННГАСУ) Магнито-реологический демпфер ударных нагрузок	251
Гордеев Б.А., Охулков С.Н., Филатов Л.В. (Н.Новгород, ИПМ РАН, ННГАСУ) Задачи статистического анализа данных испытаний гидропор на вибростенде	261
Горобцов А.С., Рыжов Е.Н., Полянина А.С. (Волгоград, ВолГТУ) Расчет параметров синтеза системы колебаний с многоканальной стабилизацией	268
Грезина А.В., Малышева И.В., Панасенко А.Г. (Н.Новгород, ННГУ) Моделирование распределения примеси в ограниченной среде	274
Губайдуллин Д.А., Осипов П.П., Насыров Р.Р. (Казань, ИММ КазНЦ РАН) Численное исследование акустического захвата дисперсных частиц в двумерном резонаторе	279
Губайдуллин Д.А., Никифоров А.А. (Казань, ИММ КазНЦ РАН) Динамика акустических волн в многослойной среде, содержащей слой жидкости с полидисперсными пузырьками	289
Гусак Г.В., Вильке В.Г. (Москва, МГУ) Качение колеса со стержневым протектором по шероховатой плоскости	298
Демин В.А. (Пермь, ПГНИУ) Нелинейные колебания в жидких молекулярных смесях. динамические модели в сочетании с методом конечных разностей	306

Дерендяев Н.В., Дерендяев Д.Н. (Н.Новгород, ННГУ) Роторные системы с полостями, содержащими жидкость; изучение устойчивости вращения	313
Димитриенко Ю.И., Губарева Е.А., Яковлев Д.О. (Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана) Метод асимптотической гомогенизации для расчета гармонических колебаний вязкоупругих тонких пластин	320
Долгая А.А., Герус А.И., Викулин А.В. (Петропавловск-Камчатский, Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН) Миграция геодинамической активности как ротационные волны в блоковой геосреде	330
Ерофеев В.И., Иляхинский А.В., Никитина Е.А., Родюшкин В.М. (Н.Новгород, ИПМ РАН) Влияние малоциклового нагружения и напряженно-деформированного состояния на акустические параметры упругой волны в поврежденном материале	336
Жиленко Д.Ю., Кривоносова О.Э. (Москва, МГУ) Колебания скорости вращения как способ управления свойствами турбулентности	339
Зайцев М.В., Метрикин В.С. (Н.Новгород, НИИ Механики ННГУ) Динамика виброударной системы с трением наследственного типа	342
Зарипов Д.М. (Уфа, Институт механики им. Р.Р. Мавлютова) Реакция трубопровода на внутреннее ударное давление в жидкости	347
Зарипов Р.Г., Ткаченко Л.А., Шайдуллин Л.Р. (Казань, ИММ КазНЦ РАН) Нелинейные колебания газа в акустическом резонаторе при переходе к ударным волнам ...	353
Зароднюк А.В., Логинова А.С., Черкасов О.Ю. (Москва, МГУ) К задаче о брахистохроне с постоянной разгоняющей силой	356
Заславский Ю.М. (Н.Новгород, ИПФ РАН) Об излучении упругих волн быстро движущимся виброисточником	362
Захарова О.С., Нуриев А.Н. (Казань, ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»; Н.Новгород, ННГУ) Численное и аналитическое исследование оптимального движения системы с вибрационным двигателем в вязкой жидкости	370
Землянухин А.И., Бочкарев А.В. (Саратов, СГТУ им. Гагарина Ю.А.) Непрерывные дроби и точные решения нелинейных дифференциальных уравнений	380
Иванов В.А., Купреев В.А., Ручинский В.С., Павлович Д.Д. (Москва, МАИ) Бифуркационные значения параметров управляемого движения связанных космических объектов	387
Игумнов Л.А., Ипатов А.А., Литвинчук С.Ю. (Н.Новгород, НИИ Механики ННГУ) Численное решение задач поровязкоупругой динамики	394
Игумнов Л.А., Марков И.П. (Н.Новгород, НИИ Механики ННГУ) Гранично-элементное моделирование динамики однородных электромагнитоупругих трехмерных тел	400
Иляхинский А.В. (Н.Новгород, ИПМ РАН) Исследование акустической нелинейности металлов ультразвуковым методом	407
Исанькин М.А., Маликов А.И. (Казань, КНИТУ-КАИ) Синтез управления робота манипулятора с тремя звеньями с нежестким соединением	412
Калашников А.Л. (Н.Новгород, ННГУ) Регуляризация для задачи оптимального управления	422
Калинина А.В., Кондратов Д.В., Кондратова Ю.Н., Попова А.А. (Саратов, ПИУ им. П.А. Столыпина, СГУ, СГТУ) Гидроупругие колебания кольцевого канала с геометрически нерегулярной внешней стенкой при наличии вибрации	429
Каримбаев Т.Д., Мамаев Ш.М. (Москва, Центральный институт авиационного моторостроения; Тараз (Казахстан) Таразский инновационно-гуманитарный университет) Напряженное состояние консольно закрепленной балки цилиндрического профиля при поперечном локальном ударе	435
Каримов К.А. (Ташкент, ТашГТУ им. А.Р. Беруни) Решение нелинейной задачи управляемого вибрационного перемещения позиционирующего механизма	445
Каримов Р.И., Шахобутдинов Р.Э. (Ташкент, ТашГТУ им. А.Р. Беруни) Исследование влияния колебаний привода на нагруженность высшей кинематической пары управляющего кулачка	449
Киселева Н.В., Гусева Е.А. (Н.Новгород, ННГУ) О вращениях маятника под действием периодического момента	453

Климина Л.А. (Москва, НИИ Механики МГУ) Качественный анализ динамики шарнирного механизма, взаимодействующего с потоком среды	459
Ковалева М.А., Смирнов В.В., Маневич Л.И. (Москва, Институт химической физики РАН) Исследование системы двух гармонически связанных маятников	464
Комиссарова Т.Н., Хроматов В.Е. (Москва, НИУ «МЭИ») Влияние продольного магнитного поля на динамическую устойчивость ферромагнитных пластин	470
Красинский А.Я., Ильина А.Н. (Москва, МАИ) О стабилизации положений равновесия системы Ball and Beam как мехатронной системы с геометрической связью .	480
Кривоносова О.Э., Жиленко Д.Ю. (Москва, НИИ Механики МГУ) Определение структуры течений путем построения волновых поверхностей	487
Кудайбергенов Аскар К. (Алматы, Казахский национальный университет им. Аль-Фараби) Моделирование нелинейных поперечных колебаний буровой колонны	490
Кудайбергенов Аскат К. (Алматы, Казахский национальный университет им. Аль-Фараби) Об устойчивости нелинейных колебаний буровых колонн	495
Куклина И.Г. (Н.Новгород, ННГАСУ) Динамика машины с линейно-зависимой в продольном направлении подвеской	501
Кулешов А.С., Черняков Г.А. (Москва, МГУ) Применение алгоритма Ковачича для исследования задачи о движении тяжёлого тела вращения по абсолютно шероховатой плоскости	509
Куликов А.Н. (Ярославль, ЯрГУ им. П.Г. Демидова) Некоторые бифуркационные задачи для обобщенного уравнения Курамото-Сивашинского	517
Куликов Д.А. (Ярославль, ЯрГУ им. П.Г. Демидова) Циклы и торы в задаче об обобщенной синхронизации слабосвязанных осцилляторов	523
Лебедев Д.А. (Москва, НИИ механики МГУ) Устойчивость стационарных движений гиростата	529
Леонтьева А.В., Леонтьев Н.В. (Н.Новгород, ИПМ РАН) Влияние деформируемого основания на установление режима синхронизации в системе двух двигателей	532
Масленников Д.А., Бочков В.С., Лоцилов А.А., Катаева Л.Ю., Ильичева М.Н. (Н.Новгород, ННГУ) Использование роботизированных систем для тушения лесных пожаров на основе анализа физических закономерностей	539
Метрикин В.С., Никифорова И.В. (Н.Новгород, ННГУ) Динамика вибрационных систем с несколькими ударными парами	542
Митенков Ф.М., Овчинников В.Ф., Николаев М.Я., Литвинов В.Н., Фадеева Е.В. (Н.Новгород, НИИМ ННГУ) Компенсация остаточного дисбаланса сложного гибкого ротора на электромагнитном подвесе с помощью штатной системы управления	550
Мишакин В.В., Курашкин К.В., Руденко А.Л., Гончар А.В. (Н.Новгород, ИПМ РАН) Использование метода акустоупругости для оценки напряженно-деформированного состояния ротора гидроагрегата	556
Моренко И.В. (Казань, ИММ КазНЦ РАН) Численное моделирование вынужденных колебаний цилиндра в ламинарном потоке вязкой жидкости	557
Морозов А.Д., Морозов К.Е. (Н.Новгород, ННГУ) О транзитных маятниковых уравнениях	562
Мотова Е.А., Никитина Н.Е. (Н.Новгород, ИПМ РАН) Экспериментальное исследование поведения конструкционных материалов при циклическом нагружении, с помощью ультразвука	566
Мошкин Р.П. (Москва, МГУ) Неудерживающие связи в случае саней Чаплыгина на наклонной вогнуто-выпуклой негладкой поверхности	571
Мухаммадиев Д.М., Ахмедов Х.А., Мухаммадиев Т.Д. (Ташкент, ТГТУ) Амплитудно–частотные характеристики крутильных колебаний пыльного цилиндра	582
Овсянников В.М. (Москва, МГАВТ) Озвучивание поля скорости течений газа	586
Овсянников В.М. (Москва, МГАВТ) Генерация звука членами второго порядка малости конечно-разностного уравнения неразрывности Леонарда Эйлера	589
Окунев Ю.М., Привалова О.Г., Самсонов В.А. (Москва, НИИ Механики МГУ) О колебаниях оси оперенного тела при спуске в атмосфере	591
Ольшанский В.Ю. (Саратов, Институт проблем точной механики и управления РАН) Прецессионное движение в модели Пуанкаре-Жуковского	596

Ольшанский В.Ю., Растегаев Ю.О. (Саратов, Институт проблем точной механики и управления РАН) Температурные воздействия на колебания чувствительного элемента микромеханического пьезогироскопа	599
Парфенова Е.С., Князева А.Г. (Томск, Национальный исследовательский Томский политехнический университет, институт физики высоких технологий) Взаимодействие механических и диффузионных волн в начальной стадии обработки поверхности металла потоком частиц	604
Побегайло П.А. (Москва, ИМАШ РАН) Современное состояние и некоторые перспективы исследований динамики одноковшовых гидравлических экскаваторов	610
Пономаренко В.П. (Н.Новгород, ННГУ) Динамические режимы и бифуркации в системах с частотно-фазовым управлением	614
Прошкин В.А. (Москва, МГУ) Старшее приближение в окрестности двойного резонанса задачи о быстром вращении несимметричного тела на эллиптической орбите как два слабо связанных маятника	623
Пшеничнов С.Г. (Москва, НИИ Механики МГУ) О влиянии непрерывной неоднородности материала на волновые процессы в упругих и вязкоупругих телах	629
Радин В.П., Щугорев А.В., Щугорев В.Н., Новикова О.В. (Москва, МЭИ) Закритическое поведение двойного маятника при неконсервативном нагружении	639
Ромашин С.Н., Шоркин В.С. (Орел, ОГУ им. И.С. Тургенева) Определение потенциалов нелокального взаимодействия частиц упругой среды	646
Савельев В.А. (Москва, НАМИ) Модели упругих и демпфирующих свойств листовой рессоры	655
Сальникова Т.В., Степанов С.Я., Шувалова А.И. (Москва, МГУ, РУДН, Вычислительный центр им. А.А. Дородницына РАН) Об устойчивости периодических орбит частицы в системе Земля–Луна–Солнце	661
Самогин Ю.Н., Чирков В.П. (Москва, МЭИ) К вопросу о точности метода квазидиагонализации и методов, использующих идею декомпозиции в сочетании с конденсацией, в задачах на собственные значения	668
Саркисян А.А., Саркисян С.О. (Гюмри, Гюмрийский государственный педагогический институт им. М. Налбандяна) Свободные колебания микрополярных упругих тонких пластин и пологих оболочек по геометрически нелинейным моделям ...	676
Сергеев А.Д. (С.-Петербург, ИПМаш РАН) Природа нелинейности поперечных колебаний графенового резонатора	686
Старовойтов Э.И., Леоненко Д.В. (Гомель, УО «БелГУТ») Колебание вязкоупругой трехслойной пластины на винклеровском основании	692
Стребуляев С.Н. (Н.Новгород, ННГУ) Исследование робастной устойчивости системы электропривода	698
Тарлаковский Д.В., Федотенков Г.В. (Москва, МАИ) Нестационарные волны в упругих оболочках с упругим и акустическим наполнителем	701
Тукмаков А.Л., Тонконог В.Г., Арсланова С.Н. (Казань, КНИТУ-КАИ) Волновая коагуляция полидисперсных парокпельных смесей в технологии газификации сжиженного природного газа	711
Тукмаков Д.А. (Казань, Институт физики К(П)ФУ) Численное моделирование ударно-волновых процессов в газозвеси с периодическим распределением дисперсной фазы ...	719
Тукмакова Н.А. (Казань, КНИТУ-КАИ) Формирование параметрического акустического резонанса в системе коагулирующей газозвеси	722
Урман Ю.М., Лапин Н.И. (Н.Новгород, ИМХ РАН) Влияние нелинейности и анизотропии ротора на динамику неконтактного гироскопа в однородном магнитном поле	729
Федосеев В.Б. (Н.Новгород, ИМХ РАН) Осцилляции, возникающие при совместных фазовых превращениях кристалл–раствор, жидкость–пар	735
Федотов И.А., Ежов Е.Н., Петраков Е.В. (Н.Новгород, ННГУ) Синтез динамических гасителей колебаний высотного сооружения на основе решения многокритериальной задачи	741
Федюков А.А. (Н.Новгород, ННГАСУ) Робастная стабилизация линейного объекта с фазовыми ограничениями	746

Федюшкин А.И. (Москва, ИПМех РАН) Влияние управляемых вибраций на пограничные слои в расплаве при выращивании монокристаллов	756
Филатов Л.В., Мельников В.Ф. (Н.Новгород, ННГАСУ; С.-Петербург, Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН) Нелинейное самосогласованное взаимодействие электронного пучка с замагниченной плазмой солнечной короны	766
Хлыбов А.А. (Н.Новгород, НГТУ) Экспериментальные исследования акустических характеристик магнитореологических жидкостей	772
Хуррамов Ш.Р., Абдукаримов А. (Ташкент, ТАСИ, ТашГТУ) Математическая модель взаимодействия материала с парами валов	777
Шабуневич В.И. (Москва, АО «Корпорация «ВНИИЭМ») Новые единые модели макро и микромира	781
Шакирьянов М.М. (Уфа, Институт механики им. Р.Р. Мавлютова Уфимского научного центра РАН) Пространственные хаотические колебания трубопровода в сплошной среде под действием переменного внутреннего давления	791
Шамберов В.Н., Камачкин А.М. (С.-Петербург, СПбГМТУ, СПбГУ) Колебания в многомерных динамических системах с сухим трением, находящихся под внешним периодическим воздействием	801
Шамберов В.Н. (С.-Петербург, СПбГМТУ) Моделирование и исследование динамики автоматических систем с инерционной нагрузкой и сухим трением	811
Шамолин М.В. (Москва, НИИ Механики МГУ) Моделирование движения тела в сопротивляющейся среде и гидродинамические аналогии	820
Шатина А.В., Шерстнев Е.В. (Москва, Московский технологический университет, МИРЭА) О приливных деформациях вязкоупругой планеты с ядром	831
Шишина М.И. (Н.Новгород, Нижегородский планетарий) Уравнения для описания стационарных поверхностных гравитационных волн на свободной границе потока с постоянной завихренностью и их решения	839
Шорр Б.Ф., Мельникова Г.В., Серебряков Н.Н., Бортников А.Д. (Москва, ФГУП «Центральный институт авиационного моторостроения им. П.И. Баранова») К расчету динамических напряжений в лопатках компрессоров авиационных гтд при амплитудно-зависимом рассеянии энергии в материале	846
Якубовский Е.Г. (С.-Петербург) Интегрируемость уравнений Эйлера-Пуассона	856