

ФГУП
"РОССИЙСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЯДЕРНЫЙ ЦЕНТР —
ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ"

ТРУДЫ РФЯЦ-ВНИИЭФ

Научно-исследовательское издание

ВЫПУСК 19

Саров

2014

ТРУДЫ РФЯЦ-ВНИИЭФ

ВЫПУСК 19

Часть 1

УДК 539.1(06)
ББК 22.38
Т78

Т78 **Труды РФЯЦ-ВНИИЭФ.** Научно-исследовательское издание. Вып. 19.
В 2-х частях. — Саров: ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», 2014.
ISBN 978-5-9515-0249-0
Часть 1: Труды РФЯЦ-ВНИИЭФ. – 2014. – 323 с.: ил.
ISBN 978-5-9515-0254-4

В сборнике «Труды РФЯЦ-ВНИИЭФ» опубликованы результаты научных исследований, а также методических и проектно-конструкторских разработок в области прикладных задач теоретической физики, математического моделирования физических процессов, ядерной физики, физики ядерных реакторов, исследований по термоядерному синтезу, электрофизики, физики ускорителей, приборов и техники эксперимента, физики лазеров, гидродинамики, реологии, материаловедения, средств защиты от несанкционированных действий, электроники, радиотехники, оптоэлектроники.

Главный редактор: академик РАН Р. И. Ильяев

Редакционный совет выпуска: чл.-корр. В. П. Незнамов, академик РАН Ю. А. Трутнев, д-р физ.-мат. наук А. Н. Сизов, Е. В. Куличкова, д-р физ.-мат. наук С. Н. Абрамович, д-р техн. наук А. И. Астайкин, д-р техн. наук Н. А. Билык, д-р техн. наук Ю. Н. Бухарев, д-р физ.-мат. наук А. Е. Дубинов, канд. техн. наук М. В. Каминский, канд. техн. наук А. И. Коршунов, д-р физ.-мат. наук Г. Г. Кочемасов, канд. физ.-мат. наук С. В. Маврин, канд. физ.-мат. наук Н. Г. Макеев, д-р физ.-мат. наук Б. А. Надыкто, д-р физ.-мат. наук В. А. Раевский, канд. физ.-мат. наук Б. П. Тихомиров, д-р техн. наук Ю. И. Файков, д-р техн. наук П. Ф. Шульженко, Ю. М. Якимов

ISBN 978-5-9515-0254-4 (ч. 1)
ISBN 978-5-9515-0249-0

© ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», 2014

Содержание

Часть 1

Раздел 1. Прикладные задачи теоретической физики

Шаненко А. К.

Ликвидация угрозы столкновения астероида Apophis с Землей ядерным взрывом 6

Воронин Б. Л., Здорова М. В., Злобин А. М., Копкин С. В.

Расчетная оценка скорости эмиссии атомов плутония методом молекулярной динамики . . 16

Раздел 2. Математическое моделирование физических процессов

*Бабанов А. В., Бельков С. А., Бондаренко С. В., Ватулин В. В., Винокуров О. А.,
Гречишкина И. Н., Змушко В. В., Измайлова Т. Б., Митрофанов Е. И., Рябикина Н. А.,
Шамраев Б. Н.*

Методика МИМОЗА-НДЗД. Расчет трехмерных задач спектрального переноса
излучения 30

Стенин А. М.

Явная полностью консервативная вариационная разностная схема для решения системы
уравнений газовой динамики в переменных Лагранжа 44

Сидоров М. Л.

Модификация алгоритма Боуэра – Уотсона генерации топологически двумерных
неструктурированных сеток в областях произвольной формы 58

Чернышев Ю. Д., Одинцова М. А., Муругова О. О.

Алгоритмы сглаживания возмущений поля скоростей применительно к расчетам по
методике Д 72

Залялов А. Н., Малькин А. Г., Огнев С. П., Рослов В. И., Рыбкин А. С., Семенов И. В.

Программный комплекс на базе гибридных вычислительных систем для расчета
критических параметров методом Монте-Карло 90

Воронин Б. Л., Здорова М. В., Копкин С. В., Ветчинников М. В., Давыдов И. А., Пронин Е. А.

Моделирование методом кластерной динамики высокоскоростного осколочного
воздействия на многослойные преграды 100

Софронов В. Н., Мокина К. С., Шемарулин В. Е.

Сравнительный анализ устойчивости, точности и экономичности разностных схем
молекулярной динамики 112

Раздел 3. Ядерная физика, физика ядерных реакторов

Ильяев Р. И., Завьялов Н. В., Колесов В. Ф., Нефедов Ю. Я., Иванин И. А.

Гибридный реактор на основе ИТЭР в качестве выжигателя плутония и младших
актинидов 130

<i>Кайгородов А. А., Дроздов И. Ю., Завьялов Н. В., Кувшинов М. И., Панин А. В.</i> Экспериментальные и расчетные исследования ядерно-физических характеристик сборок, содержащих [$^{237}\text{Np} + ^{239}\text{Pu}$ (98 %)] в активной зоне и отражатель из естественного урана . .	142
<i>Абрамович С. Н., Таова С. М.</i> Вопросы электронного экранирования в основных термоядерных реакциях	150
<i>Генералов Л. Н., Жеребцов В. А., Таова С. М.</i> Опτικο-модельный программный код OptModel	164
<i>Шмаров А. Е., Семенов В. И.</i> Модель световых выходов органических жидких и пластмассовых сцинтилляторов для протонов	182
<i>Генералов Л. Н., Лебедев Б. Л., Михайлюков К. Л., Виноградов Ю. И., Ливке А. В., Карпов И. А., Протопопов В. Н., Чиркин В. А.</i> Экспериментальные исследования функции отклика BGO-детектора (127×60 мм) для гамма-квантов с $E_\gamma = 16,00$ и 20,43 МэВ	194
<i>Генералов Л. Н., Лебедев Б. Л., Михайлюков К. Л., Виноградов Ю. И., Ливке А. В., Карпов И. А., Протопопов В. Н., Чиркин В. А.</i> Результаты исследований функции отклика BGO-детектора (127×60 мм) для гамма-квантов с $E_\gamma = 16,00$ и 20,43 МэВ	206

Раздел 4. Ускорители

<i>Завьялов Н. В., Пунин В. Т., Гордеев В. С., Гришин А. В., Назаренко С. Т., Балакин В. А., Глушков С. Л., Деманов В. А., Козачек А. В., Павлов В. С., Пучагин С. Ю., Страбыкин К. В., Моисеевских М. А., Калашиников Д. А., Спирин Д. П., Мансуров Д. О.</i> Результаты экспериментальных исследований системы передачи энергии типового модуля установки «Гамма»	220
--	-----

Раздел 5. Электрофизика

<i>Бабич Л. П., Залялов А. Н., Куцык И. М.</i> Численный анализ высокогорного (Тянь-Шань, 2010 г.) эксперимента по наблюдению эмиссии нейтронов низких энергий, коррелированной с грозами	230
<i>Бочков Е. И., Бабич Л. П., Куцык И. М.</i> Численное моделирование инициирования молнии с участием лавин релятивистских убегающих электронов, инициируемых космическим излучением	240
<i>Бабич Л. П., Дуайер Дж. Р.</i> Генерация электронов низких энергий лавинами релятивистских убегающих электронов в воздухе	252
<i>Бабич Л. П., Бочков Е. И., Донской Е. Н., Куцык И. М.</i> Анализ лабораторного эксперимента по наблюдению лавины убегающих электронов при нормальных условиях в сверхсильном электрическом поле	264

<i>Куцык И. М., Бабиц Л. П., Донской Е. Н.</i> Самоподдерживающиеся лавины релятивистских убегающих электронов в поперечном поле лидера молнии как источник атмосферных вспышек гамма-излучения и узких биполярных радиоимпульсов	276
--	-----

<i>Мокрушин В. В., Царев М. В., Забавин Е. В.</i> Комплексная проводимость матричных двухфазных систем при наличии зон контакта между включениями	284
--	-----

Раздел 6. Плазма и термоядерный синтез

<i>Гаранин С. Г., Ивановский А. В., Мхитарьян Л. С.</i> Система для инерциального термоядерного синтеза на основе рентгеновского излучения Z-пинча, создаваемого дисковым взрывомагнитным генератором. I. Анализ условий зажигания мишени и параметров импульса излучения	298
--	-----

<i>Гаранин С. Г., Ивановский А. В., Мхитарьян Л. С.</i> Система для инерциального термоядерного синтеза на основе рентгеновского излучения Z-пинча, создаваемого дисковым взрывомагнитным генератором. II. Характеристики установки	310
---	-----

Часть 2

Раздел 7. Физика лазеров

<i>Богачев А. В., Гаранин С. Г., Дудов А. М., Ерошенко В. А., Куликов С. М., Микаелян Г. Т., Панарин В. А., Паутов В. О., Рус А. В., Сухарев С. А.</i> Лазер на парах цезия с диодной накачкой и прокачкой лазерной среды по замкнутому циклу	326
--	-----

<i>Ватулин В. В., Гаспарян П. Д., Жидков Н. В., Марцовенко Д. Н., Суслов Н. А., Тачаев Г. В., Цой Е. С.</i> Исследование генерации линейчатого рентгеновского излучения в лазерной плазме различных материалов на установке «Искра-5»	334
--	-----

<i>Виноградов А. В., Гаганов В. Е., Гаранин С. Г., Жидков Н. В., <u>Кротов В. А.</u>, Мартыненко С. П., Поздняков Е. В., Соломатин И. И.</i> Силовой усилитель на неодимовом стекле импульсно-периодического лазера	344
--	-----

<i>Рогожников Г. С., Рукавишников Н. Н., Костюнин Р. Ю., Мишина И. В.</i> Система формирования высокоэнергетичных фемтосекундных лазерных импульсов с наклонным волновым фронтом	350
---	-----

<i>Гаранин С. Г., Рогожников Г. С., Рукавишников Н. Н., Соколовский С. В., Сухарев С. А.</i> Высокочастотная модуляция лазерного излучения с помощью chirпированных лазерных импульсов	354
---	-----

<i>Великанов С. Д., Зарецкий Н. А., Порубов Р. В.</i> Применение неустойчивого оптического резонатора в малогабаритном электроразрядном лазере	362
---	-----

<i>Мухин А. В., Великанов С. Д., Фролов Ю. Н.</i> Исследование акустооптического фильтра на парателлурите в двухмикронной области . . .	370
<i>Мухин А. В., Великанов С. Д., Фролов Ю. Н.</i> Внутрирезонаторное управление спектральными и временными характеристиками Но:YAG лазера	374
<i>Хохлов С. В., Богачев В. А., Волков В. А., Гаранин С. Г., Маначинский А. Н., Колтыгин М. О., Куликов С. М., Стариков Ф. А., Сухарев С. А., Тютин С. В.</i> Динамическая фазовая коррекция пучка непрерывного лазера в замкнутой бессенсорной адаптивной системе с помощью стохастического градиентного алгоритма	380
<i>Богачев В. А., Волков В. А., Гаранин С. Г., Маслов Н. В., Стариков Ф. А.</i> Особенности адаптивной лазерной локации космического мусора с неровной поверхностью	392
<i>Волков В. А., Волков М. В., Гаранин С. Г., Долгополов Ю. В., Копалкин А. В., Куликов С. М., Стариков Ф. А., Сухарев С. А., Тютин С. В., Хохлов С. В.</i> Динамическая фазировка многоканального непрерывного лазерного излучения с использованием стохастического градиентного алгоритма	404
<i>Гаранин С. Г., Голубев А. И., Повышев В. М., Стариков Ф. А., Шнягин Р. А.</i> Альтернативные методы управления широкоапертурным адаптивным зеркалом установки «Луч» и определение его предельных возможностей	416
<i>Пикулев А. А., Влох Г. В., Лимарь Ю. М., Синянский А. А., Фролова С. В., Цветков В. М.</i> Определение энерговклада в кюветах лазеров с ядерной накачкой	426
<i>Бельков С. А., Шаров О. О.</i> Моделирование экспериментов по исследованию спектральных пробегов рентгеновского излучения на лазерной установке «Искра-5»	442

Раздел 8. Приборы и техника эксперимента

<i>Донской Е. Н., Завьялов Н. В., Залялов А. Н., Иванов И. А., Калущкий А. В., Картанов С. А., Копкин А. Ю., Ларин Д. Е., Леонтьев В. Н., Потанин В. И., Ситников Н. П., Смирнова О. Н., Тарантасов В. П., Таценко М. В., Тельнов А. В., Царегородцев А. Г.</i> Измерения функций рассеяния линии по изображению щелевого пучка тормозного излучения	454
<i>Огородников В. А., Михайлов А. Л., Пешков В. В., Богданов Е. Н., Родионов А. В., Седов А. А., Федоров А. В., Назаров Д. В., Финюшин С. А., Дудолодов В. И., Ерунов С. В., Бликов А. О.</i> О влиянии проводимости ударно-сжатого газа на регистрацию параметров движения лайнера с помощью интерферометрических методов	464

Раздел 9. Гидродинамика и реология

<i>Георгиевская А. Б., Раевский В. А.</i> Приближенные соотношения для расчета характеристик выброса частиц со свободной поверхности вещества под воздействием ударной волны	476
--	-----

<i>Жерноклетов М. В., Ковалев А. Е., Комиссаров В. В., Новиков М. Г., Зохер М. Э., Черне Ф. Д.</i> Исследование фазовых превращений церия в ударно-волновых экспериментах	486
<i>Невмержицкий Н. В., Сотсков Е. А., Сеньковский Е. Д., Кривонос О. Л., Половников А. А., Левкина Е. В.</i> Развитие турбулентного перемешивания на границе газ–жидкость с фазовым переходом	498
<i>Огородников В. А., Кондрашенко А. В., Мочалов М. А., Пелесков С. А., Андросов Ю. Н., Ерунов С. В., Пешков В. В., Бликов А. О., Фунтиков А. И.</i> Среднемасштабный эксперимент с получением прототипного расплава массой ~100 кг и исследование его взаимодействия с бетоном	504
<i>Пушков В. А., Абакумов А. И., Юрлов А. В., Кальманов А. В., Седов А. А., Родионов А. В.</i> Реакция ВВ на основе октогена на низкоскоростное нагружение стальным цилиндрическим ударником	512
<i>Федоров А. В., Михайлов А. Л., Антонюк Л. К., Назаров Д. В., Финюшин С. А.</i> Определение параметров зоны химической реакции, состояний пика Неймана и Чепмена – Жуге в гомогенных и гетерогенных ВВ	518
<i>Васин М. Г., Завьялов Н. В., Иванов К. А., Игнатьев Ю. В., Конкин А. С., Лахтиков А. Е., Морозов А. П., Пунин В. Т., Учаев А. Я.</i> Исследования динамического разрушения материалов под действием фемтосекундных лазерных импульсов	528
<i>Баранов В. К., Бельков С. А., Гаранин С. Г., Голубинский А. Г., Корсакова Е. И., Кочемасов Г. Г., Кукушкин А. В., Мазанов В. А., Надежин С. С., Ольхов О. В., Сиренко А. В., Степушкин С. Н., Сюндюков А. Ю., Хатункин В. Ю., Шувалова Е. В.</i> Оптогетеродинные измерения скорости полета пластин, метаемых взрывом ВВ	538
<i>Учаев А. Я., Сельченкова Н. И., Кошелева Е. В., Жабыка Л. В.</i> Влияние легирующих элементов на поведение металлов в динамическом диапазоне долговечности	548
Раздел 10. Изотопы водорода – физическая химия, безопасность, экология	
<i>Голубева В. Н., Мирясов А. С., Стеньгач А. В., Постников А. Ю., Казаковский Н. Т.</i> Изготовление металлтритиевых (дейтериевых) мишеней для нейтронных генераторов. . .	556
Раздел 11. Материаловедение	
<i>Пасечник М. П., Быкова Э. В., Дорофеев А. А.</i> Влияние зольных микросфер на свойства жесткого пенополиуретана марки ППУ-240-2 . .	562
Раздел 12. Средства защиты от несанкционированных действий	
<i>Немченко И. А., Жердин О. А., Николаев Д. Б., Силаев А. Г., Новиков А. В.</i> Моделирование процессов функционирования информационных систем управления. . . .	574

<i>Немченко И. А., Запонов Э. В., Мартынов А. П., Николаев Д. Б., Шорохов А. Д.</i> Построение отказоустойчивых систем для обеспечения надежного функционирования комплексов вооружения	582
<i>Александров Ю. В., Елагин С. В., Фомченко В. Н.</i> Функциональный анализ комплексной системы защиты важных и потенциально опасных объектов и разработка модели функционального взаимодействия составляющих подсистем	590
<i>Александров Ю. В., Елагин С. В., Фомченко В. Н.</i> Научно-методический аппарат обоснования выбора действующих защитных механизмов системы защиты важных и потенциально опасных объектов он несанкционированного управления	598
<i>Масягин А. М., Хлестков С. М., Пиголкин А. В., Моисеев А. А., Калимуллин В. Г.</i> Модель коррекции ошибок при передаче информации в низкопроизводительных системах	610
<i>Пиголкин А. В., Масягин А. М., Хлестков С. М., Латыпов Т. И., Писецкий В. В.</i> Способ формирования информационной посылки для передачи по беспроводным линиям связи	614
<i>Скрябин С. А., Астайкин А. И., Ведерников В. Л., Кривошеев О. В., Трищенко А. В.</i> Минимизация числа сетевых лицензий программного обеспечения	618
<i>Гончаров С. Н., Мартынов А. П., Шишкин Г. И.</i> Многоканальные иерархические запорные системы	626
Раздел 13. Разработка аппаратуры и новых промышленных технологий	
<i>Афанасьев В. А., Бадыгеев А. А., Беловодский Л. Ф., Кужель М. П., Кустова Г. П., Морозова Т. А., Румянцева Ю. Н., Сухаренко В. И., Тагиров Р. М., Царева С. М.</i> Способ снижения пожаровзрывоопасности и токсичности газовых сред контейнеров для потенциально опасных грузов	636
Авторский указатель	644

Труды РФЯЦ-ВНИИЭФ

Научно-исследовательское издание

Выпуск 19

В 2-х частях

Редакторы, корректоры *Н. Ю. Зимакова, Н. Ю. Костюничева*
Компьютерная подготовка оригинала-макета *Н. А. Лештаева, М. С. Меццеракова*

Подписано в печать 21.02.2014 Формат 60×84/8 Печать офсетная

Усл. печ. л. ~75,9 Уч.-изд. л. ~54 Тираж 200 экз. Зак. тип. 932-2013

Отпечатано в Издательско-полиграфическом комплексе ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»
607188, г. Саров Нижегородской обл., ул. Силкина, 23

ISBN 978-5-9515-0254-4

