ВМСППС’2023

МАТЕРИАЛЫ XXIII МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ ПО ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МЕХАНИКЕ И СОВРЕМЕННЫМ ПРИКЛАДНЫМ ПРОГРАММНЫМ СИСТЕМАМ

Посвящается 100-летию
со дня рождения академика Г.Г. Чёрного

МАТЕРИАЛЫ XXIII МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ ПО ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МЕХАНИКЕ И СОВРЕМЕННЫМ ПРИКЛАДНЫМ ПРОГРАММНЫМ СИСТЕМАМ

ВМСППС’2023

4–10 сентября 2023 г.
Дивноморское, Краснодарский край

Dedicated to the 100th anniversary of the birth of academician G.G. Cherny

PROCEEDINGS OF THE XXIII INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTATIONAL MECHANICS AND MODERN APPLIED SOFTWARE SYSTEMS

CMMASS'2023

4–10 September, 2023
Divnomorskoe, Krasnodar Krai

УДК 519.6:517.958:533.6
ББК 22.2:2218
М34

Издание осуществлено при финансовой поддержке
Московского авиационного института
(национального исследовательского университета)

М34 **Материалы XXIII Международной конференции по вычислительной механике и современным прикладным программным системам (ВМСППС'2023), 4–10 сентября 2023 г., Дивноморское, Краснодарский край. — М.: Изд-во МАИ, 2023. — 656 с.: ил.**

ISBN 978-5-4316-1054-7

Сборник включает в себя научные работы, отражающие современные мировые достижения в вычислительной механике, механике деформируемого твердого тела, механике жидкости, газа и плазмы, аэрокосмической механике, прикладной математике, разработке прикладных программных средств.

Для специалистов в области прикладной математики и механики, математического моделирования, информационных технологий, разработчиков современных прикладных программных систем, аспирантов и студентов старших курсов технических вузов.

Материалы XXIII Международной конференции по вычислительной механике
и современным прикладным программным системам (ВМСППС'2023),
4–10 сентября 2023 г., Дивноморское, Краснодарский край

Дизайн и компьютерная верстка *Ал. А. Пярнпуу*

Подписано в печать 10.07.2023. Формат 70 × 100 1/16.
Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 53,3
Тираж 400 экз. Изд. № . Заказ №1199.

Издательство МАИ
(МАИ), Волоколамское ш., д. 4, Москва, А-80, ГСП-3 125993

Отпечатано с готового оригинал-макета в типографии ООО «Компания АРТИШОК»,
125362, Москва, Волоколамское шоссе, д. 116, стр. 2, e-mail: info@artishok.ru

ISBN 978-5-4316-1054-7

© Московский авиационный институт
(национальный исследовательский
университет), 2023

Посвящается 100-летию со дня рождения академика Г.Г. Чёрного

XXIII МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПО ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МЕХАНИКЕ И СОВРЕМЕННЫМ ПРИКЛАДНЫМ ПРОГРАММНЫМ СИСТЕМАМ

ВМСППС’2023

4–10 сентября 2023 г.
Дивноморское, Краснодарский край

Сборник включает в себя материалы Двадцать третьей Международной конференции по Вычислительной механике и современным прикладным программным системам (ВМСППС’2023), которая будет проводиться с 4 по 10 сентября 2023 г. в студенческом оздоровительно-спортивном комплексе «Радуга» Донского государственного технического университета, расположенном в поселке Дивноморское Геленджикского района Краснодарского края.

Конференция посвящена 100-летию со дня рождения академика Горимира Горимировича Чёрного, который был сопредседателем Оргкомитета этой конференции.

Целью конференции является обсуждение актуальных проблем вычислительной механики, современных прикладных программных систем, проблем параллельных вычислений, перспективных численных методов и разнообразных аспектов применения ЭВМ для решения задач механики деформируемого твердого тела, механики жидкости, газа и плазмы, аэрокосмической механики, наномеханики и других прикладных задач. Будут рассмотрены проблемы информационной поддержки приложений и баз данных, обсуждаются средства обработки и визуализации результатов вычислительных экспериментов и новые достижения, полученные в ходе конкретных исследований.

Материалы конференции публикуются в журналах, указанных в перечне российских рецензируемых научных журналов ВАК: «Известия РАН. Механика жидкости и газа», «Математическое моделирование» РАН, «Вестник МАИ», «Труды МАИ» и «Физико-химическая кинетика в газовой динамике».

Организаторы конференции:

- Московский авиационный институт
  (национальный исследовательский университет)
- Российская академия наук
- Министерство науки и высшего образования РФ
- Российский Национальный комитет по теоретической и прикладной механике

Оргкомитет конференции

Сопредседатели: Горячева И. Г., Левин В. А., Тишкин В. Ф.

Ученый секретарь: Пярнпуу Ал. А.

Члены оргкомитета:

Алифанов О. М., Бабешко В. А., Баженов В. Г., Бакулин В. Н., Бардин Б. С., Бишаев А. М., Васильев В. В., Васильев С. Н., Гайфуллин А. М., Гидаспов В. Ю., Голуб В. В., Губайдуллин Д. А., Егоров И. В., Запрягаев В. И., Калинчук В. В., Каляев И. А., Климов Д. М., Колесник С. А., Крайко А. Н., Куликовский А. Г., Кутахов В. П., Липанов А. М., Маров М. Я., Матвеенко В. П., Нейланд В. Я., Павленко А. Н., Петров Ю. В., Попов Г. А., Равикович Ю. А., Ребров А. К., Ревизников Д. Л., Суржиков С. Т., Фомин В. М., Чернышев С. Л., Четверушкин Б. Н.

Программный комитет конференции:

Аветисян А. С., Багдасарян Г. Е., Богданов А. Н., Бошенятов Б. В., Булакина М. Б., Булычев Н. А., Варданян И. А. , Васильев А. Н., Гидаспов В. Ю., Димитриенко Ю. И., Замковой А. А., Иванов И. Э., Каледин В. О., Крылов С. С., Кузнецов Е. Б., Лукин В. Н., Марков В. В., Острик А. В., Панов Ю. Н., Ревизников Д. Л., Рыжков С. В., Северина Н. С., Сембиев О. З., Стрелец Д. Ю., Стрижак С. В., Тархов Д. А., Чернышев Л. Н.

Технический комитет конференции:

Абгарян В. К., Акмаева В. Н., Гидаспов В. Ю., Демидова О. Л., Зинченко А. С., Кононов Д. С., Коробовский А. В., Морозов А. Ю., Пярнпуу Ал. А., Северина Н. С., Селиванова О. С., Терехов И. В., Филиппова А. С., Чугунков С. А.

Научные направления конференции

A. Теория и практика современного моделирования. Высокопроизводительные вычисления

B. Информационные технологии: базы и хранилища данных, методы искусственного интеллекта, нейронные сети, обработка изображений

C. Общая механика, механика деформируемого твердого тела. Прочность, разрушение и безопасность конструкций

D. Механика жидкости, газа и плазмы. Аэротермодинамика гиперзвуковых скоростей

E. Общие проблемы и модели механики сплошных сред на разных масштабных уровнях

F. Классическая и небесная механика, мехатроника, биомеханика

G. Задачи теории управления и оптимизации

H. Аэрокосмическая механика. Проблемы создания и эксплуатации аэрокосмической техники

I. Образовательные технологии в аэрокосмической отрасли

Горячева И. Г., Левин В. А., Тишкин В. Ф.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Секция А

Теория и практика современного моделирования. Высокопроизводительные вычисления

Абгарян М.В., Бишаев А.М., Рыков В.А. Кинетическая модель для описания трехкомпонентной плазмы . . . 21

Антюхов И.В. Математическое моделирование течения криогенной жидкости в магистрали . . . 23

Белов Г.В., Аристова Н.М. Опыт использования библиотеки оптимизации Ipopt для расчета химического равновесия . . . 25

Бузмакова М.М., Русаков С.В., Эберт К.А. Моделирование структуры полимерных полидисперсных сред методами теории перколяции . . . 26

Бураковский Е.П., Бураковский П.Е., Юсып В.М. Исследование гидродинамических характеристик судна с новыми обводами при зарывании в волну . . . 28

Быков Н.В. Моделирование распространения электромагнитных волн в кольцевой бинарной цепочке волноводов . . . 30

Быков Н.В., Костров М.А. Математическое моделирование транспортного потока, состоящего из автобусов и личных транспортных средств . . . 32

Вдовин И.Е., Бузмакова М.М. Компьютерное моделирование случайной плотной упаковки несжимаемых окружностей на плоскости . . . 34

Виноградов М.С. Моделирование отраженных радиолоационных сигналов от низкоскоростных малозаметных воздушных целей . . . 36

Глазырина О.В., Глазырина Л.Л. О разрешимости вариационного неравенства с двойным вырождением и нелокальным пространственным оператором . . . 38

Градов В.М. Моделирование импульсных сильно излучающих разрядов в инертных газах и парах металлов . . . 41

Громов В.А. Алгоритм построения картины ветвления для нелинейных систем уравнений в частных производных . . . 43

Денисенко В.В., Фортова С.В., Колоколов И.В., Лебедев В.В. Численное моделирование эластической турбулентности в двумерной ячейке с различными граничными условиями . . . 44

Дмитриев А.И., Огнев С.О., Коротеев Ю.М., Никонов А.Ю. Разработка модели многокомпонентного покрытия TiAlTaSiN в рамках метода молекулярной динамики . 46

Ереев М.Н., Лонин К.А., Патрушев В.Л., Савчук Д.В., Соловьев С.А. Численное моделирование напряженно-деформированного состояния оборудования при проведении инженерных расчетов . . . 48

Жихарев Я.М., Черемисин Ф.Г., Клосс Ю.Ю., Баженов К.И. Разработка и ускорение программы решения уравнения Больцмана для моделирования разделения смеси газов в многокаскадном тепловом микронасосе . . . 50

Калинин А.В., Тюхтина А.А. Модифицированные калибровочные соотношения и расщепление задачи об определении векторного магнитного и скалярного электрического потенциалов в квазистационарном приближении . . . 52

Колесник С.А., Булычев Н.А., Новиков А.С., Тушавин Н.А. Математическое моделирование процессов теплообмена при охлаждении элементов конструкций ракетных двигателей . . . 54

Колесник С.А., Формалев В.Ф., Стифеев Е.М. Обратная ретроспективная краевая задача для уравнения теплопроводности . . . 55

Лавренков С.А., Дацук Е.В., Васюков А.В. Измерение упругих модулей материалов по данным о колебаниях пластин на вибрационном стенде . . . 57

Лалин В.В., Нго Х.Х. Обобщенная точка Коссера — материальная точка с тензором инерции и тензором масс. Новые конечные элементы для задач динамики стержневых систем . . . 58

Маламанов С.Ю. Об одной особенности численного моделирования фазового перехода 59

Мартыненко С.И., Gökalp İ., Токталиев П.Д., Karaca M., Дорофеенко С.О. Вычислительные технологии для перспективного программного обеспечения в решении задач механики сплошных сред . . . 61

Морозов А.Ю., Ревизников Д.Л. Алгоритм подвижного окна для параметрической идентификации динамических систем с интервальными параметрами . . . 63

Нгуен Д.Б. Вычислительная модель термодинамики плазмообразующих сред — источников мощного селективного излучения . . . 66

Нгуен Д.Б. Математическое моделирование температурных полей в кварцевых и сапфировых оболочках мощных источников УФ-излучения . . . 68

Нестеров А.А., Бузмакова М.М. Параллельные вычисления перколяционных задач на двумерной решетке . . . 70

Никитин В.С. Параллельные алгоритмы численного решения нестационарных задач газовой динамики на адаптивных декартовых сетках с использованием открытой библиотеки p4est . . . 71

Пантелеев К.А. Алгоритмы определения меры центральности сети для поиска ее ключевых элементов . . . 72

Семенов А.С. Программирование алгоритмов на основе конструктора множеств с оператором вывода “=>” . . . 74

Семенов А.С. Программный квантовый симулятор на основе фрактальных тензорных сетей . . . 75

Скворцова М.И., Скворцов И.Л. Об одном методе построения регрессионных уравнений в задачах статистической обработки данных . . . 76

Статников И.Н., Фирсов Г.И. Эвристический подход к исследованию математических моделей систем на основе планируемых многоуровневых вычислительных экспериментов 78

Стрижак П.А., Антонов Д.В., Гайдукова О.С. Математическая модель зажигания гранул газового гидрата в потоке разогретого воздуха . . . 80

Токталиев П.Д., Gökalp İ., Мартыненко С.И., Karaca M., Молоканов А.А. Двухсеточный алгоритм для высокопроизводительных параллельных вычислений в практике современного моделирования . . . 82

Фукин И.И., Кузнецов А.А., Носырев А.Н., Завьялова Н.А., Негодяев С.С. Сравнение метода Ньютона и метода дифференциальной коррекции в задаче определения орбиты . . . 84

Юсим В.А., Саркисов С.Э., Клосс Ю.Ю. Численное моделирование состояний тепловой системы в процессе синтеза монокристаллов фторидов методом ГНК в комбинированных ростовых узлах . . . 86

Секция В
Информационные технологии: базы и хранилища данных, методы искусственного интеллекта, нейронные сети, обработка изображений

Абруков В.С., Ануфриева Д.А., Данилов Е.В., Лисин С.В., Артемьев С.С. Нейронные сети и геном материалов . . . 89
Алимов П.Г., Гориховский В.И. Генерация нейронных сетей для моделирования поведения динамических систем . . . 91
Асмолов С.С., Чечиков Ю.Б., Ведьманов И.С. Подход к ранжированию студентов по успеваемости для распределения по учебным группам . . . 92
Баранов Н.А. Прогнозирование нейронной сетью времени разрушения температурной инверсии . . . 94
Безматерных А.Е., Бузмакова М.М. Распознавание изображений с использованием подходов теории перколяции . . . 96
Бренько В.А. Исследование влияния шума канала связи на качество передачи сжатых изображений . . . 98
Быков Н.В., Кульметьева В.А. Использование машинного обучения с подкреплением для решения задачи перехвата проблемного транспортного средства в гетерогенном транспортном потоке . . . 99
Волкова Т.Б., Филиппов Г.В. Применение нейросетевых технологий для обработки текстовых данных в базах знаний на основе MediaWiki . . . 101
Двойников Д.А., Гладковский С.В., Залазинский А.Г., Титов В.Г., Швейкин В.П. Прогнозирование повышенной конструкционной прочности системно-легированных мартенситно-стареющих сталей с использованием нейросетевого моделирования . . . 102
Закирова М.Д., Лавыгин Д.А., Лазовская Т.В., Скрипкин О.А., Тархов Д.А. Применение комбинации линеаризации и аналитической модификации неявного метода Эйлера для выбора оптимального закона управления обратным маятником . . . 104
Кашфутдинов Б.Д., Стрижак С.В. Возможность физически-обоснованных нейронных сетей для решения задач механики сплошной среды . . . 106
Коршунов А.А., Козицын А.С., Афонин С.А., Шачнев Д.А. О способах поиска информации в наукометрических базах данных . . . 109
Курочкин И.И. Децентрализованное глубокое обучение на грид-системе из персональных компьютеров . . . 111
Лазовская Т.В., Разумов Е.М., Сергеева А.А., Тархов Д.А., Чистякова М.А. Анализ эволюционных методов обучения нейросетевого решения для уравнения Лапласа в единичном квадрате с разрывным граничным условием Дирихле . . . 113
Лазовская Т.В., Тархов Д.А. Исследование свойств набора нейросетевых решений, полученных с помощью эволюционного алгоритма на основе принципов Парето для уравнения Лапласа в квадрате с разрывными граничными условиями . . . 115
Лунева С.Ю., Павлов П.С. Использование методов машинного обучения для составления учебного расписания . . . 117
Максимов Н.А., Рысистов А.В. Исследование путей повышения эффективности БЛА с оптико-электронной системой коррекции и конечного наведения . . . 119
Максимова В.Ю., Максимов Н.А. Модель мониторинга разнородных целей группой БЛА . . . 122
Новиков Н.П., Виноградов В.И. Кластеризация текстов ВКР на русском языке методами машинного обучения . . . 123

Павлов В.С., Подольская Н.С. Комплексное исследование физиологических реакций человека на неоптимальные режимы работы 125

Пегачкова Е.А., Яковлева А.Г. Анализ влияния различных факторов на продажи с помощью алгоритмов машинного обучения 127

Попов А.К., Степанян К.В., Миллер Б.М., Миллер А.Б. Методика сравнения алгоритмов оценивания положения движущейся камеры относительно неподвижного объекта 128

Протасов В.И., Мирахмедов Р.О., Потапова З.Е. Решение задачи коммивояжера с использованием триангуляции Делоне и генетических алгоритмов 130

Семенов А.С. Применение регулярных грамматик с операционными символами для разработки паттерн-языков 133

Суворов М.Д., Виноградов В.И. Система детоксификации текста в диалоговых переписках 134

Суворова Е.В. Методика идентификации мультимодальных эмоциональных экспрессий 136

Судаков В.А., Сивакова Т.В. Системы поддержки принятия врачебных решений (СППВР) в полифармакотерапии 138

Судаков В.А., Титов Ю.П. Исследование применения метода муравьиных колоний для перебора комбинаций медицинских препаратов 140

Фраленко В.П., Шустова М.В. Формирование признакового пространства для автоматического обнаружения областей задымлений на изображениях 143

Хачумов М.В., Емельянова Ю.Г., Емельянов М.А., Хачумов В.М. Логический базис на нейронах с параболической функцией активации 144

Чайников Ю.С., Судаков В.А., Степанов М.С. Применение синтетических данных для улучшения качества многослойных нейронных сетей при тренировке на малых выборках естественных изображений 147

Шемякина Т.А. Построение начального приближения на примере параметрической задачи о неизотермическом химическом реакторе 149

Секция С
Общая механика, механика деформируемого твердого тела. Прочность, разрушение и безопасность конструкций

Абузяров М.Х., Глазова Е.Г., Кочетков А.В., Кочетков М.А., Чекмарев Д.Т. Моделирование высокоскоростных процессов взаимодействия упругопластических конструкций и грунтовых сред в эйлеровых переменных 151

Айзикович С.М., Лапина П.А. Эквивалентность различных моделей неоднородного упругого основания 153

Анджикович И.Е., Михайлова И.Б., Турчин А.С. О мониторинге ресурсной способности трубопроводов 154

Андрианов И.К., Феоктистов С.И., Тхет Л. Предельное состояние толстостенной цилиндрической оболочки при нелинейном законе упрочнения 156

Артамонова Н.Б., Шешенин С.В., Орлов Е.А., Третьяков С.Д., Миниханов К.А. Идентификация параметров и верификация нелинейной связанной модели консолидации 158

Бабешко В.А., Евдокимова О.В., Бабешко О.М., Евдокимов В.С., Зарецкая М.В., Уафа С.Б. Об одной механической модели самоорганизации наночастиц 161

Бабешко В.А., Уафа Г.Н., Лозовой В.В., Евдокимов В.С., Мухин А.С., Уафа С.Б. О механической концепции самосборки наноматериалов 163

Бабешко О.М., Горшкова Е.М., Евдокимов В.С., Зарецкий А.Г., Плужник А.В. О точном решении универсальным методом моделирования задачи для клиновидной литосферной плиты для целей прогноза сейсмичности 165

Бабешко О.М., Горшкова Е.М., Евдокимов В.С., Зарецкий А.Г., Плужник А.В. Об одном новом предвестнике сейсмичности 167

Баженов В.Г., Дюкина Н.С. Новый подход к численному моделированию волновых процессов в грунтовых основаниях при расчете сооружений на сейсмические воздействия 169

Бакулин В.Н. Особенности построения оболочечных моделей для послойного исследования напряженно-деформированного состояния трехслойных оболочек с прямоугольными в плане вырезами 171

Бакулин В.Н., Гусев Е.Л. Применение обобщенных моделей долговечности для решения задач прогнозирования определяющих характеристик композитов 173

Бакулин В.Н., Недбай А.Я. Флаттер композитной цилиндрической оболочки, подкрепленной двухсоставным цилиндром 175

Бакулин В.Н., Прудников Ф.Е., Недбай А.Я., Гришин Ю.А. Динамическая устойчивость коаксиальных оболочек, соединенных упругим цилиндром 178

Баринов В.В., Иванников А.Ю., Багмутов В.П. Напряженно-деформированное состояние очага деформации при горячем поверхностном пластическом деформировании порошкового покрытия 180

Болтаев З.И., Кулдашов Н.У., Чориев М., Файзиев Ш. Колебания цилиндрической оболочки в безграничной вязкоупругой среде 183

Большухин М.А., Ереев М.Н., Козин А.В., Панов В.А., Пирогов С.А., Фильченков С.Е. Методология исследования поврежденности оборудования транспортных РУ для обоснования продления безопасной эксплуатации 185

Босак Д.Б., Колесник О.А., Миронова Л.И. К вопросу о прочности фланцевых соединений с металлическими уплотнениями в конструкциях авиационной техники . 187

Брагин Н.Н., Быкова Ю.Н., Гарифуллин М.Ф., Заварзина Е.А., Корнеева Д.Б., Слитинская А.Ю. Экспериментальные исследования в АДТ нестационарных параметров потока в следе крыла 189

Булычев Н.А., Бодрышев В.В., Колесник С.А. Исследование процесса деформации и разрушения образцов пленок дисперсно-армированных полимерных материалов методом цифровой обработки изображений 190

Валиев Х.Х., Корнев Ю.В., Павлючкова Е.А., Власов А.Н., Карнет Ю.Н. Атомная силовая микроскопия полимерных композитов на основе полисульфона с наполнителем диоксид кремния 191

Виноградов Ю.И. Основы вычислительных алгоритмов и программ метода конечных элементов аналитического решения задач строительной механики тонкостенных конструкций 192

Гавва Л.М., Фирсанов В.В. Метод анализа статической прочности конструктивно-анизотропных композитных панелей летательных аппаратов с учетом деформации поперечного сдвига на основе уточненной теории 194

Геворкян Г.А. Численное решение задачи Кирша с центральным круговым отверстием произвольного радиуса на основе МКЭ 195

Глазырин В.П., Орлов М.Ю., Фазылов Т.В. Исследование процесса пробития алюминиевых преград стальными сферическими ударниками 197

Голубев В.И., Никитин И.С., Петров И.Б. Расчет динамических деформационных процессов в упруговязкопластических средах 199

Горохов В.А. Моделирование в рамках подходов механики поврежденной среды деформирования и разрушения при различных комбинациях циклического нагружения и ползучести . . . 201
Горячева И.Г. Моделирование разрушения поверхностных слоев композитов в условиях фрикционного взаимодействия . . . 203
Григорьев А.С., Шилько Е.В. Об особенностях динамики роста трещины сдвига в гетерогенных хрупких материалах . . . 204
Губайдуллин Д.А. Особенности динамики многофазных, многокомпонентных сред . 206
Дедова Д.В., Мартиросов М.И. Вычислительная модель деформирования и разрушения конструктивных элементов в виде трехслойных цилиндрических панелей с дефектами при динамическом нагружении . . . 208
Дмитриев Э.А., Чернышова Д.В., Одиноков В.И., Евстигнеев А.И., Иванкова Е.П. Математическое моделирование стойкости керамической оболочковой формы к трещинообразованию от ее морфологической структуры при охлаждении в ней затвердевающей отливки . . . 210
Душев С.А., Лапшин Д.А., Шорохов В.В. Проектирование демпфирующих устройств с высокой поглощающей способностью для ответственных объектов атомной энергетики на основе математического моделирования . . . 212
Евдокимова О.В., Лозовой В.В., Уафа С.Б., Бушуева О.А. Контактные задачи с деформируемым штампом . . . 215
Евдокимова О.В., Мухин А.С., Бушуева О.А., Уафа С.Б. Об оценке механического состояния тектонических разломов . . . 217
Ершова А.Ю., Мартиросов М.И. Расчет на прочность многослойной пластины из полимерного композита с концентратором напряжений . . . 219
Жильцов А.В. Численное решение задачи о теле с трещиной с адгезионными свойствами 221
Загидуллин Ш.М., Левченко М.А., Нефедова А.А. Особенности измерений главных плоских деформаций шестикомпонентными тензометрическими розетками . . . 223
Зленко А.А. Действие приливных сил на некоторые свойства однородных изотропных вязкоупругих небесных тел . . . 224
Калинин А.В., Тюхтина А.А., Абу Даввас Яссер, Чекмарев Д.Т. Применение двух схем МКЭ к решению стационарных задач электромагнитной теории . . . 225
Кибец А.И., Демарева А.В., Калинина Ю.А. Анализ влияния сеточной анизотропии на конечно-элементное моделирование упругопластического выпучивания полусферических оболочек . . . 227
Ковтанюк Л.В., Панченко Г.Л., Попова Е.О. Деформации изменения формы в зависимости от направления сдвига . . . 229
Кондратенко Л.А., Дмитриев В.Г., Миронова Л.И. Линейная модель колебаний летательного аппарата при неравномерной деформации двух опор во время посадки . . 231
Кочетков А.В., Модин И.А., Лисицын А.А. Взаимодействие ударной волны с проницаемым деформируемым гранулированным слоем . . . 233
Курулюк Д.В., Левченко Е.А., Чумак С.В. Развитие расчетно-экспериментальных методов отработки прочности конструкций с применением цифрового комплекса визуализации и анализа результатов испытаний . . . 236
Лалин В.В., Дмитриев А.Н. Прочность и разрушение монолитных железобетонных конструкций при внезапном отказе несущего элемента . . . 238
Мартышина И.П., Смолин А.Ю., Еремина Г.М. Влияние толщины костного цемента на прочность фиксации металлических имплантов. Мезоскопическое моделирование 240

Минюшкин Д.Н., Перевалов Н.С. Расчет стационарных метеоритных форм для различных режимов аэродинамического нагрева . . . 243
Минюшкин Д.Н., Пьянков Е.К. Модель разрушения углерода под действием тепловых нагрузок . . . 243
Митряйкин В.И., Пузырецкий Е.А., Носов Д.А., Кузнецов М.Е. Исследование сжатия пластин с отверстиями . . . 244
Неклюдова Г.А., Евтух Е.С., Евтух Г.Е. Аппроксимированные диаграммы напряжений материалов колеса и рельса . . . 246
Никитин А.Д., Никитин И.С. Современные методы высокочастотных усталостных испытаний авиационных материалов . . . 248
Никитин И.С., Никитин А.Д., Стратула Б.А. Модели циклической повреждаемости при высокочастоном нагружении . . . 250
Острик А.В., Николаев Д.Н. Кривые плавления оксидов алюминия и магния при высоких давлениях . . . 252
Паймушин В.Н., Шишкин В.М., Газизуллин Р.К. Трансформационная модель динамического деформирования стержня-полосы с учетом податливости участка закрепления конечной длины на одной из лицевых поверхностей . . . 255
Паймушин В.Н., Шишкин В.М., Газизуллин Р.К. Экспериментальное исследование прохождения вибраций в ненагруженную консоль стержня-полосы через участок закрепления конечной длины на одной из лицевых поверхностей . . . 258
Пунтус А.А., Федюшкин А.И. Фазовые траектории автономных динамических систем третьего порядка . . . 260
Рахмонов Б.С., Ахмедов Ш.Р., Сафаров У.И., Жураев Ш.И. Сейсмические эффекты промышленных взрывов, проведенных в Джумуртауском и Каратауском каменных карьерах, близ реки Амударьи . . . 262
Ромашин С.Н., Хорошилова М.В., Шоркин В.С., Фроленкова Л.Ю. Моделирование адгезионного взаимодействия металла и полярного диэлектрика . . . 264
Сафаров И.И., Тешаев М.Х., Каримов И.М., Нуриддинов Б.З. О собственных колебаниях диссипативно-неоднородных сферических тел, находящихся в деформируемой среде . . . 266
Сейранян С.П. К решению задачи о симметрично-антисимметричном изгибе прямоугольной защемленной по контуру пластины посредством модификации метода С.П. Тимошенко . . . 268
Симонова Е.С., Дмитриев С.А. Анализ отказов и повреждений авиационных двигателей 271
Смолин А.Ю., Еремина Г.М. Моделирование эффекта шероховатости контактных поверхностей на риск аспетического расшатывания при эндопротезировании . . . 273
Смолин И.Ю., Ахметов А.Ж., Кузнецов В.П. Моделирование наноструктурирующего выглаживания конструкционной стали . . . 275
Сотский М.Ю., Велданов В.А., Гелин Д.В., Колпаков В.И., Лысов Д.А., Марков В.А. Развитие технологии изменения формы сегментов при метании в целях верификации вычислительных методик процесса . . . 277
Тлеулинов М.К. О нелинейных явлениях, возникающих при колебаниях авиационных конструкций . . . 280
Хакимов А.Г. Влияние окружающей среды на частоты колебаний пластины . . . 280
Чехонин К.А., Трофименко Т.А. Роль напряжений консолидации в образовании дефектов в технологии прямого лазерного аддитивного процесса . . . 283
Шешенин С.В., Артамонова Н.Б. Сходимость итерационного алгоритма решения нелинейной связанной задачи консолидации . . . 283

Секция D
Механика жидкости, газа и плазмы. Аэротермодинамика гиперзвуковых скоростей

Авдеева М.О., Богоутдинова Ю.Г., Чехонин К.А. Численное моделирование цунами оползневого типа . . . 286

Аганин А.А., Топорков Д.Ю. Коллапс кавитационных пузырьков в дейтерированных жидкостях . . . 286

Аксенова О.А., Халидов И.А. Влияние полигауссовской шероховатости на аэродинамические характеристики поверхности в разреженном газе . . . 287

Алексеев А.К., Бондарев А.Е. Об использовании тензорных разложений при численном решении задач аэрогазодинамики . . . 289

Антонов Д.В., Кузнецов Г.В., Сажин С.С., Высокоморная О.В., Стрижак П.А. Паффинг/микровзрыв капель рапсового масла с микрочастицами угля и водой . . . 291

Архипов В.А., Басалаев С.А., Золоторев Н.Н., Матвиенко О.В., Перфильева К.Г., Усанина А.С. Моделирование эволюции облака капель при свободном падении в поле силы тяжести . . . 294

Архипов В.А., Басалаев С.А., Костюшин К.В., Перфильева К.Г., Усанина А.С. Математическое моделирование процесса обтекания твердой сферы при вдуве газа с ее поверхности . . . 296

Афанасенков А.А., Хмель Т.А. Распространение детонации в смесях водород–воздух с частицами алюминия . . . 298

Бабаков А.В. Численное моделирование структуры потока около спускаемого аппарата и куполов парашютной системы при сверхзвуковых скоростях . . . 300

Багдасарян Г.Е., Пантелеев А.В., Микилян М.А., Амбарцумян А.Г. Устойчивость композиционной цилиндрической оболочки в сверхзвуковом потоке газа . . . 302

Базилевский А.В., Рожков А.Н. Всплески вязких жидкостей . . . 304

Бакулин В.Н., Бошенятов Б.В. Оптимизация параметров половолоконных мембранных аппаратов . . . 307

Баутин С.П., Замыслов В.Е., Обухов А.Г. Численное моделирование разрушения тропических циклонов с применением разумных затрат энергии . . . 309

Большиянов И.П., Захаров Н.Н. Экспериментальное сравнение оптимальных и неоптимальных профилей и осесимметричных носовых частей при одинаковых габаритных ограничениях и объеме . . . 311

Борисов С.А., Добровольский С.В., Глуховская Ю.И., Мякочин А.С., Подпорин И.В. Оценка равномерности износа защитного покрытия передней кромки аэродинамической поверхности с использованием натурных испытаний и приложений математического моделирования . . . 313

Борисов С.А., Добровольский С.В., Глуховская Ю.И., Мякочин А.С., Подпорин И.В. Оценка эффекта формы кольцевых турбулизаторов, формируемых внутри труб нагревателей и теплообменников газодинамическим методом . . . 315

Боттаева А.А., Бражкин Н.С., Северина Н.С. Информационно-вычислительная поддержка экспериментальных исследований на ударных трубах . . . 317

Воронин Д.В. Анализ детонационных течений для различных камер внутреннего сгорания . . . 319

Гаца М.Ю., Федотова К.В., Ягодников Д.А. Моделирование процессов распространения пламени по аэровзвеси частиц алюминия в свободном объеме . . . 321

Гембаржевский Г.В., Осипенко К.Ю. О моделировании спектра базовых частот осцилляций в следе от двух цилиндров . . . 322
Гидаспов В.Ю., Крылов С.С. Моделирование течения за ударной волной при высокоскоростном движении ЛА в атмосфере . . . 324
Гидаспов В.Ю., Мосеев Д.С., Северина Н.С. Одномерная модель для расчета параметров потока в сверхзвуковом воздухозаборнике . . . 327
Гидаспов В.Ю., Москаленко О.А., Кули-заде Ф.Т. Влияние состава продуктов сгорания на параметры детонации Чепмена–Жуге в углеродо-кислородных горючих смесях 329
Гладков С.О., Нагибин Н.С. Синергетика наилучше обтекаемых тел . . . 332
Голуб В.В., Головастов С.В., Жилин Ю.В., Микушкина А.А., Микушкин А.Ю. Ослабление ударной волны малой интенсивности перфорированными пластинами . . 334
Гольцов Е.С., Труфанова Н.М. Математическая модель процессов тепломассопереноса при промывке нефтяной скважины через полые штанги . . . 336
Градов В.М., Желаев И.А. Математическое моделирование и экспериментальное исследование импульсных ксеноновых источников излучения . . . 337
Гришин Ю.А., Бакулин В.Н. Применение газодинамических функций для расчетых исследований внутренних течений . . . 339
Демидова О.Л., Садаков А.А. Моделирование жестких систем дифференциальных уравнений на базе схем Рунге–Кутты . . . 341
Добров Ю.В., Лашков В.А., Ренев М.Е., Машек И.Ч., Хоронжук Р.С. Локальное энерговложение в сверхзвуковой поток газа перед диффузором . . . 344
Егоров И.В. Целостное моделирование ламинарно-турбулентного перехода в сверхзвуковом пограничном слое . . . 344
Ермаков М.К. Расширение возможностей генерации двумерного пограничного слоя для открытого пакета Gmsh . . . 346
Замураев В.П., Калинина А.П. Организация горения углеводородного топлива в сверхзвуковом потоке в двух смежных секциях постоянного сечения канала при управлении теплогазодинамическими импульсами . . . 348
Зуев Ю.В. О необходимости учета столкновений капель при расчете параметров газожидкостных турбулентных струй . . . 350
Иванов И.Э., Крюков И.А. Численное моделирование многофазных течений в областях со сложной геометрической формой . . . 352
Исаков А.А., Мельник М.Ю., Гориховский В.И. Модели регрессии для расчета поуровневых коэффициентов скорости колебательных энергообменов . . . 355
Исламова А.Г., Кропотова С.С., Шлегель Н.Е., Стрижак П.А. Вторичное измельчение капель суспензий при их взаимодействии с угольными частицами . . . 357
Кауфман Д.В., Рябинин А.Н. Затухание колебаний цилиндра с соосным диском и стабилизатором в потоке воздуха . . . 359
Корелин А.А., Труфанова Н.М. Математическое моделирование задачи тепломассопереноса при пероксидном сшивании полиэтиленовой изоляции . . . 361
Котельников М.В., Крылов С.С. Исследование эволюции ионного и электронного токов в расчете плавающего потенциала спутника . . . 362
Котельников М.В., Крылов С.С. Методика расчета плавающего потенциала спутника методом компьютерного моделирования . . . 363
Кошелев К.Б., Осипов А.В., Стрижак С.В. Моделирование обтекания трехэлементного аэродинамического профиля газокапельным потоком . . . 364

Кравченко Д.С., Кустова Е.В., Мельник М.Ю. Моделирование колебательно-химической релаксации O_2 и NO за отраженными ударными волнами 366
Крюков И.А., Иванов И.Э. Численное моделирование турбулентных струй на основе LES-подхода 368
Кутыш И.И. Определение теплоемкости и газовой постоянной продуктов сгорания углеводородных топлив во влажном воздухе 370
Кутыш И.И. Определение теплоемкости и газовой постоянной сухого и влажного воздуха 372
Ларкин Д.О., Кагенов А.М., Костюшин К.В. Математические моделирование натекания сверхзвуковой струи на плоскую подвижную преграду 374
Лепешинский И.А., Кучеров Н.А., Зотикова П.В., Решетников В.А. Методика расчета струйных форсунок с пузырьковым двухфазным потоком 376
Максудова З.М., Савельев А.С., Кустова Е.В. Вычисление коэффициентов скорости химических реакций с помощью алгоритмов машинного обучения 378
Марков А.А. Модель синтеза микронных частиц фракции нитрида циркония 380
Марфин Е.А., Абдрашитов А.А. Особенности газодинамики потока в струйном осцилляторе Гельмгольца с щелевой камерой 383
Матюшин П.В. Двухцветная бета-плюс-визуализация трехмерных вихревых структур в течениях жидкости и газа 385
Мельник М.Ю., Кустова Е.В. Детальная кинетика плазмы одиночного импульсного разряда и послеразрядной зоны 388
Минюшкин Д.Н., Фролов И.С., Дубровин А.К. Влияние факторов шероховатости и вдува в пограничный слой на расчет конвективного теплового потока в трехмерной постановке 389
Насырова Д.А., Башмаков Р.А. Собственные колебания жидкости в скважине, сообщающейся с пластом системой трещин 390
Никитченко Ю.А., Красавин Е.Э. Оценка применимости моделей первого приближения для описания обтекания поверхностей большой кривизны 392
Никитченко Ю.А., Сергеева Н.И. Модельное кинетическое уравнение для описания смесей одно- и многоатомных газов 394
Никулина С.А., Перминов А.В., Любимова Т.П. Термовибрационная конвекция псевдопластической жидкости в условиях микрогравитации 396
Норкин М.М., Кустова Е.В., Шакурова Л.А. Исследование влияния неравновесных процессов на течения разреженного газа на примере плоской задачи Куэтта 398
Нуриев А.Н., Камалутдинов А.М., Зайцева О.Н. Асимптотическое исследование гидродинамического воздействия на колеблющееся цилиндрическое тело с произвольной формой поперечного сечения 399
Пальчековская Н.В. Восприимчивость высокоскоростного пограничного слоя к различным видам возмущений 401
Панасенко А.В., Рулева Л.Б. Исследование начальной фазы ударной волны в бездиафрагменной ударной трубе 403
Пархоменко В.А., Иванов И.Э. Исследование процессов в канале импульсного разряда 406
Петров А.Г. Координаты волнового аттрактора в трапециевидном водном бассейне со стратификацией 408
Петров А.Г., Сухов А.Д. Исследование профиля гидравлического прыжка 410
Пинчуков В.И. Алгоритм расчета автоколебательных течений возле тел с истекающей оппозитной струей, включающий использование адаптивной версии подсеточной вязкости Смагоринского 412

Пинягин Д.С., Труфанова Н.М., Костарев Н.А. Математическое моделирование призабойного нагревателя в нефтяной скважине с перфорированной насосно-компрессорной трубой . . . 415

Потапов И.И., Силакова Ю.Г. О придонных напряжениях в турбулентных потоках над периодическим дном . . . 416

Руденко А.О., Рожков А.Н. Движение упругой капли через отверстие в пластине . 417

Рыжков С.В., Кузенов В.В. Моделирование радиационно-магнитоплазмодинамических процессов мощных электроразрядных источников . . . 419

Ряжских А.В., Соболева Е.А., Семенихин О.А. Поперечный дрейф дисперсной фазы в напорном ламинарном потоке броуновской суспензии в плоском канале с осаждением частиц на стенках . . . 421

Савельев А.Д. Численное моделирование обтекания гиперзвуковым потоком прямоугольной каверны . . . 422

Савельев А.С. Регрессионные модели неравновесного вклада химических реакций в поуровневом приближении . . . 424

Савин Е.И., Миньков Л.Л. Исследование баллистических характеристик бикалиберного летательного аппарата ближней зоны действия для оценки зоны полета . . . 426

Самойлов С.Д., Быков Н.В., Шестаков И.Е. Влияние начального соотношения массовых долей реагирующих газов на параметры разгона поршня в направляющей трубе 428

Способин А.В., Ревизников Д.Л. Расчет газодинамического взаимодействия высокоиненционных частиц с ударным слоем . . . 430

Старикова В.А., Перминов А.В. Математическое моделирование возникновения плазменной искры при оптическом пробое оптического волокна . . . 432

Федюшкин А.И. Конвективное расслоение температуры и концентрации . . . 435

Федюшкин А.И., Бураго Н.Г. Влияние управляемых вибраций на капиллярную конвекцию Марангони в модели Чохральского . . . 437

Федюшкин А.И., Гневушев А.А., Захаров А.С., Рожков А.Н. Режимы обтекания жидкой каплей твердых препятствий . . . 440

Филиппов С.И. Поверхностные волны при колебаниях подводной пластинки . . . 443

Цыпкин Г.Г. Замещение метана углекислым газом в гидрате при инжекции CO_2 в пласт, насыщенный метаном, водой и гидратом метана . . . 445

Чехонин К.А., Белозеров Н.И. Моделирование гидродинамических процессов в технологии прямого лазерного аддитивного процесса . . . 447

Шакурова Л.А., Кустова Е.В. Валидация моделей граничных условий скольжения в сильнонеравновесных течениях газа . . . 448

Шостов А.К., Федотова К.В., Ягодников Д.А. Экспериментальное исследование влияния частиц порошкообразных материалов на точность градуировки системы измерения скорости горения энергетических конденсированных систем сверхвысокочастотным методом . . . 450

Секция E
Общие проблемы и модели механики сплошных сред на разных масштабных уровнях

Белянкова Т.И., Ворович Е.И., Калинчук В.В. SH-волны в предварительно напряженной составной структуре из функционально градиентных пьезо- и диэлектрического слоев . . . 451

Долуденко А.Н., Колоколов И.В., Лебедев В.В., Посудневская А.О., Фортова С.В. Исследование переходных режимов течения вязкой жидкости в квадратной ячейке . 452
Иванов М.Я. Реализация идей академика Г.Г. Черного при построении гидромеханической модели электронных оболочек атомов в соответствии с экспериментами XXI века 455
Кожурина П.И., Горкунов С.В., Шаргатов В.А. Исследование коротковолновой неустойчивости границы жидкость–газ в рамках континуальной и сетевой моделей пористой среды 457
Маштаков А.П., Бобышев С.В., Гаськов С.А. Сравнение структурно-элементного моделирования и метода конечных объемов для задач нерегулярного маховского отражения 459
Николаева О.В., Забродина Е.А., Фимин Н.Н. Взаимодействие кинетического погранслоя с гидродинамическим течением в трубе с нагреваемыми стенками 461
Никулин И.Л., Демин В.А., Никулина С.А. Математическое моделирование разрыва поверхностной пленки движением расплавленного металла в магнитном поле . 463
Перов Е.А., Долуденко А.Н., Шепелев В.В., Иногамов Н.А., Жаховский В.В. Молекулярно-динамическое моделирование распространения и затухания ударной волны в кристалле алюминия 466
Подрыга В.О., Поляков С.В. Исследование модели наносфероидов при взаимодействии твердых тел 468
Прозорова Э.В. Граничные условия на металлических поверхностях для разреженного газа и жидкости 470
Пузатова А.В., Когай А.Д., Дмитриева М.А. Теоретико-экспериментальный подход к исследованию процессов гидратации многокомпонентных мелкозернистых бетонов . 472
Синичкина А.О., Крылова Е.Ю. Изгиб цилиндрической сетчатой оболочки в электрическом поле 474
Томашева А.М., Шаргатов В.А. Устойчивость решений в виде бегущей волны для обобщенного уравнения Кортевега—де Вриза—Бюргерса 477
Трифонов Г.И. Микроструктура и свойства композитных покрытий Ni–Fe–Cr–B–Si/TiC, полученных плазменным напылением 479
Чупров П.А., Шепелев В.В., Иногамов Н.А., Жаховский В.В., Фортова С.В. Применение модели Баера–Нунциато для исследования ударно-волновых процессов в алюминии под воздействием фемтосекундного лазерного импульса 481
Широков В.Б., Тимошенко П.Е., Калинчук В.В. Некоторые акустические свойства гетероструктуры с тонкой сегнетоэлектрической пленкой 483

Секция F
Классическая и небесная механика, мехатроника, биомеханика

Вафин К.М., Кузнецов А.А., Завьялова Н.А., Негодяев С.С. Численное моделирование формирования изображения в оптико-электронном средстве в задаче мониторинга околоземного космического пространства 486
Веденяпин В.В. Вывод уравнений гравитации и электродинамики из принципа наименьшего действия и темная энергия 488
Захаров И.Н., Солодкова Е.Г., Лэ В.Х. Прямые и обратные задачи биомеханики роговицы с кератоконусом при компьютерном моделировании ее механического поведения при диагностике и лечении 489
Ильин Е.А., Кузнецов А.А., Завьялова Н.А., Негодяев С.С. Исследование радиационного ускорения, действующего на несферические объекты в околоземном пространстве . 491

Крылов С.С., Перепелкин В.В. Исследование долгопериодических вариаций колебаний полюса Земли . . . 492
Маров М.Я., Ипатов С.И. Роль миграции небесных тел в эволюции Земли и планет 493
Матвеева Т.Н., Торчинская А.В. Исследование влияния вибрационной нагрузки на электрофизиологические биопотенциалы оператора . . . 495
Машкин М.Н. Использование потенциала Леннарда-Джонса для расчета гравитационного взаимодействия . . . 497
Машкин М.Н. Распределение потенциала гравитационного поля материальной точки 499
Носырев А.Н., Кузнецов А.А., Фукин И.И., Завьялова Н.А., Негодяев С.С. Создание программного обеспечения для автономного определения местоположения малого космического аппарата . . . 501
Перепелкин В.В., Филиппова А.С., Шабунина А.А. Определение долгопериодических лунных вариаций в движении полюса Земли . . . 503
Петров Д.А., Кузнецов А.А., Завьялова Н.А., Негодяев С.С. Определение орбиты с помощью снимков оптических приборов космического базирования . . . 504
Терешин В.А. Динамика флюгерного колеса . . . 505
Товарнов М.С. Математическая модель мобильного робота вертикального перемещения с гибридным ленточно-механическим принципом зацепления . . . 507
Чехонин К.А. Прямые и обратные задачи биомеханики . . . 510
Чусовитин Н.В., Фукин И.И., Петров Д.А., Кузнецов А.А. Бортовой программный комплекс для определения и управления ориентацией малого космического аппарата 510

Секция G
Задачи теории управления и оптимизации

Баданина Н.Д., Зинченко А.А., Судаков В.А. Нечеткая кластеризация для ранжирования объектов интереса . . . 512
Берендакова А.В. Методы построения и оценивания предельных множеств достижимости для линейных дискретным систем на основе аппарата опорных полупространств и свойств выпуклых множеств . . . 513
Бригаднов И.А., Лутонин А.С., Богданова К.А. Оценка траектории движения на основании расширенного фильтра Калмана по ошибке вектора состояния . . . 516
Вилесов А.В. Методы расчета и оптимизации параметров измерительных узлов контрольной аппаратуры систем управления . . . 517
Волкова Т.Б., Осокина А.Д. Моделирование рабочего процесса Волонтерской справочной службы при помощи алгоритма нечеткой логики . . . 518
Гориховский В.И. Оптимизационные подходы к повышению эффективности метода пристрелки . . . 520
Городецкий А.Е., Тарасова И.Л. Влияние темперамента на принятие решения роботом при взаимодействии с человеком . . . 522
Иванов С.В., Акмаева В.Н. Об одном алгоритме поиска гарантирующего решения задачи квантильной оптимизации . . . 524
Клентак А.С., Козловский В.Н. Анализ инновационного потенциала Самарской области 525
Кондратьева Л.А., Романов А.В. Метод Купмана для анализа автоколебаний в некоторых физических и химических моделях . . . 527
Кудрявцева И.А., Петров К.С. Применение MPC для анализа динамики вертолета на основе интерполяционной модели при наличии ограничений на управление . . . 528

Лунева А.А., Лунева С.Ю. Модифицированный метод дифференциальной эволюции для параметрического синтеза нечеткой системы управления 530

Матусов Л.Б. Об одном свойстве равномерно распределенных последовательностей для многокритериальной оптимизации и моделирования параметров машин 533

Нефедов В.Н., Никулин Д.С. Программный комплекс нахождения главных квазиоднородных форм полинома и их использования для исследования стационарной точки на экстремум 534

Осокин А.В., Сиротин А.Н., Сыпало К.И. О некоторых оценках числа шагов в задаче быстродействия для линейных систем с дискретным временем и l_1-ограниченными управлениями 535

Пантелеев А.В., Тоноян В.У., Дарбинян А.А., Микилян М.А. Математическое моделирование и расчет траектории наземного объекта 538

Расина И.В., Гусева И.С. Метод улучшения управления и параметра для неоднородных квазилинейных систем 540

Сергеев В.А., Чечиков Ю.Б., Секретарев В.Е. Мобильное Android-приложение Noteorganiz для создания экспресс-заметок 541

Слабнов В.Д., Яруллин Р.С. Компромиссное регулирование процесса извлечения нефти из слоистого пласта при двухфазной фильтрации 543

Степанян К.В., Миллер Б.М., Миллер А.Б., Попов А.К. О задаче одновременного импульсного и непрерывного управления марковской цепью в непрерывном времени . 545

Строганов В.Ю., Белашова И.С. Оценка показателей функционирования управляемой имитационной модели оптимизации параметров динамической системы 547

Федулов В.А. Оптимизация пространственной структуры системы противодействия малоразмерным беспилотникам 549

Яковлева А.А. Применение достаточных условий существования наблюдателя состояния в линейных непрерывных динамических системах управления летательными аппаратами 551

Секция Н
Аэрокосмическая механика. Проблемы создания и эксплуатации аэрокосмической техники

Абгарян В.К., Демченко Д.С., Мельников А.Ю., Пейсахович О.Д. Магнитная защита в разрядной камере высокочастотного ионного двигателя 552

Архипов В.А., Золоторёв Н.Н., Перфильева К.Г. Исследование горения смесевого твердого топлива в условиях перегрузок 554

Астахов С.А., Бирюков В.И., Боровиков Д.А. Алгоритм моделирования вибраций при трековых испытаниях авиационной и ракетной техники 556

Астахов С.А., Бирюков В.И., Катаев А.В. Методика определения характеристик виброустойчивости конструкции при высокоскоростных трековых испытаниях авиационной техники 558

Бакулин В.Н., Борзых С.В., Щиблев Ю.Н., Бычков Р.С. Анализ влияния локальных неровностей посадочной поверхности на динамику посадки космического аппарата 561

Бакулин В.Н., Борзых С.В., Щиблев Ю.Н., Бычков Р.С. Применение проблемно-ориентированнго программного комплекса MSC ADAMS для разработки динамической модели процесса мягкой посадки возвращаемого аппарата 563

Бакулин В.Н., Данилин А.Н., Карнет Ю.Н., Никитин С.М., Фельдштейн В.А. Компьютерное моделирование укладки одиночной цепи Зилона для технологий производства высокопрочных волокон . . . 566
Баталов В.Г., Степанов Р.А. Математическое моделирование отражения света факелом топливной форсунки . . . 568
Богданович А.Б., Борисов В.Н., Поляков В.А., Коновалов Д.А., Красильников Д.В., Кузьмин Н.Е. Разработка экспериментально-теоретической модели и оптимизация переходных процессов в многогенераторных высокотемпературных газореактивных системах . . . 570
Валиуллин В.В., Надирадзе А.Б. Взаимодействие струи стационарного плазменного двигателя с панелями высоковольтных солнечных батарей . . . 572
Герасимов С.И., Ерофеев В.И., Сычев К.А., Смирнов И.Ю. Спектр сверхзвукового обтекания вокруг летательного аппарата с управляющими тормозными щитками . . 573
Голован А.А., Шаронов А.В. О восстановлении целостности первичных данных в бескарданной аэрогравиметрии . . . 575
Зимин В.Н., Крылов А.В., Кувыркин Г.Н., Шахвердов А.О. Расчет раскрытия трансформируемой космической конструкции с приводом из материала с эффектом памяти формы . . . 576
Каун Ю.В., Чернышов М.В. Анализ эффективности сопла внешнего расширения и классического профилированного сопла . . . 579
Келбышева Е.С., Семенов Н.А., Данилин А.Н., Фельдштейн В.А. Полиимиды как перспективный класс полимерных материалов для изготовления высокопрочных волокон, нитей и тросов . . . 580
Коробовский А.В., Нагаева Е.А. Разработка алгоритма автоматизированного проведения испытаний элементов космической техники при их экспериментальной отработке 582
Кудряшов З.В. Исследование напряженного состояния шарнирного замка оптическим методом . . . 585
Кузьмин Е.В., Юсипов Б.Х., Нестеренко В.Г. Совершенствование методики проектирования модулей газогенераторов современных и перспективных турбореактивных двигателей летательных аппаратов с форсажной камерой и без форсажной камеры . 585
Кульков В.М., Егоров Ю.Г., Юн Сон Ук, Кравченко И.В., Булаева М.Н. Исследование динамики движения при уводе космических объектов с орбиты тросовой буксировкой . . . 586
Лазарева А.А. Определение коэффициента корреляции между частотными характеристиками изгибных и крутильных форм колебаний для компрессорных лопаток авиационного газотурбинного двигателя . . . 589
Максимов А.Д., Шустов С.А. Методика и результаты валидации термогазодинамического расчета ракетных двигателей малой тяги с использованием отечественных и зарубежных программных комплексов . . . 590
Маштаков А.П., Ильин В.Д. К вопросу вычисления эжектирующей способности составной струи . . . 593
Михайленко Е.Д. Поиск ресурсов в космосе с помощью двусоставного колесного робота на лебедке . . . 595
Свотина В.В., Хартов С.А. Математическое моделирование ионно-оптической системы высокочастотного ионного источника . . . 597
Соломонов Ю.С., Волков Е.Н., Петрусев В.И., Прудников Ф.Е., Недбай А.Я. Динамическая устойчивость составного корпуса двигателя, подкрепленного зарядом, при действии осевой силы . . . 599

Соломонов Ю.С., Петрусев В.И., Недбай А.Я., Волков Е.Н., Лавров С.В. Аэроупругая устойчивость секционного корпуса двигателя, подкрепленного зарядом, при обтекании сверхзвуковым потоком газа 601

Соломонов Ю.С., Петрусев В.И., Недбай А.Я., Волков Е.Н., Лавров С.В. Флаттер цилиндрической оболочки переменной толщины, подкрепленной цилиндром 604

Трушников Д.Н., Кротова Е.Л., Стариков С.С., Мусихин Н.А., Варушкин С.В., Матвеев Е.В. Метод решения обратной задачи восстановления поверхности при электронно-лучевой обработке материала 606

Федотова К.В., Ворожеева О.А., Ковалев К.Е. Расчетное исследование нестационарного теплового состояния конструкции ракетного двигателя малой тяги на компонентах кислород–метан 608

Черкасова М.В. Расчетная модель процесса осаждения продуктов эрозии на стенки газоразрядной камеры ионного двигателя 610

Шавня Р.А., Курдюмов Н.Н., Данилин А.Н., Фельдштейн В.А. О моделировании субколебаний проводов расщепленных фаз воздушных линий электропередачи 612

Секция I
Образовательные технологии в аэрокосмической отрасли

Волков А.И., Лукин В.Н., Чернышов Л.Н. Современный учебный план 614

Гаврилова А.Ю., Кули-заде М.Е. Фундаментальная наука как важнейший фактор, определяющий развитие аэрокосмической отрасли 616

Гончаренко В.И., Рожнов А.В. О совершенствовании образовательных технологий авиакосмической отрасли в задачах технологического прогнозирования на примере демонстрационной миссии при создании и эксплуатации КА «Jackal» 618

Гречников Ф.В., Клентак А.С., Клентак Л.С. Наставничество как форма совершенствования образовательных возможностей подготовки кадров 620

Киндинова В.В., Кузнецова Е.В. Обучение практическим навыкам в вузе по дисциплине «Базы данных». Анализ и перспективы 622

Кузнецова С.В. Разработка веб-сервисов и приложений 624

Лебедев И.И., Чечиков Ю.Б., Секретарев В.Е. Мобильный компонент для взаимодействия с электронными системами вуза 627

Лукин В.В. Подход к решению проблемы создания каталога данных 628

Бакулин В.Н. К 100-летнему юбилею Г.Г. Чёрного (22.01.1923–06.11.2012) 630

Список организаций 634

Адресная книга 639

Авторский указатель 647

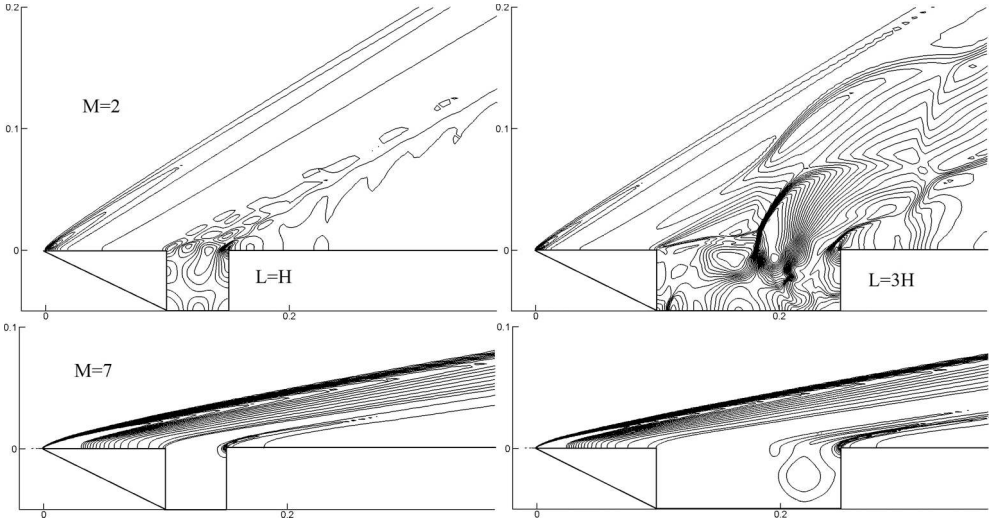

Рис. 2

уровня пульсаций давления. Возвратно-циркулярное течение при этом формируется в основном у задней стенки выемки.

1. *Савельев И. А.*, *Савельев А. Д.* О колебаниях давления за поперечной выемкой в сверхзвуковом потоке // Материалы XIII Международной конференции по прикладной математике и механике в аэрокосмической отрасли (АММАГ2020), 6–13 сентября 2020 г., Алушта. — М.: Изд-во МАИ, 2020. — С. 567–569.
2. *Савельев А. Д.* Численное моделирование гиперзвукового обтекания летательного аппарата на высотном участке активного движения // Математическое моделирование. — 2017. — Т. 29, №9. — С. 90–100.
3. *Михайловская М. Н.*, *Рогов Б. В.* Монотонные компактные схемы бегущего счета для систем уравнений гиперболического типа // Ж. вычисл. матем. и матем. физ. — 2012. — Т. 52, №4. — С. 672–695.
4. *Савельев А. Д.* О мультиоператорном представлении составных компактных схем // Ж. вычисл. матем. и матем. физ. — 2014. — Т. 54, №10. — С. 1580–1593.

РЕГРЕССИОННЫЕ МОДЕЛИ НЕРАВНОВЕСНОГО ВКЛАДА ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ В ПОУРОВНЕВОМ ПРИБЛИЖЕНИИ*

А. С. Савельев

СПбГУ, Санкт-Петербург, Россия

При решении задач неравновесной газовой динамики применяются различные по своей точности и вычислительной сложности представления: однотемпературная, многотемпературная и поуровневая кинетические модели, методы прямого статистического моделирования [1]. Развитие современных вычислительных средств и методик позволяет производить за разумное время все более сложные и точные расчеты.

*Работа выполнена при финансовой поддержке СПбГУ (НИР «Машинное обучение в задачах неравновесной аэромеханики», id проекта 94034084).

В кинетической теории газов наиболее подробным и детальным методом является поуровневое представление [1], основанное на описании энергетических состояний атомов и молекул, их взаимодействий (физических и химических) и переходов энергий. Для описания вклада химических реакций есть различные теоретические и полуэмпирические модели: Марона–Тринора для диссоциации, Алиата для реакций обмена, Старика для различных энергетических переходов [2]. Но все эти подходы имеют определенные недостатки: модели Марона–Тринора и Алиата учитывают приоритетный порядок протекания реакций с высоких энергетических состояний, но основываются только на колебательном спектре распадающейся молекулы; модель Старика позволяет учесть любые энергетические состояния всех участников реакции, но не позволяет учесть приоритетный порядок протекания реакций. В силу описанных сложностей, в предыдущих исследованиях была представлена формула, выведенная на основе модели Кнаба и объединяющая в себе преимущества всех перечисленных моделей: учет колебательного и электронного возбуждения всех участников реакции и приоритетный порядок протекания реакции из высоких энергетических состояний [3]. Так же было показано, что все перечисленные модели являются частными случаями предложенной модели и определены оптимальные значения параметров модели для большинства основных реакций в воздухе [3].

В обобщенной модели коэффициенты скорости реакций вычисляются по формулам:

$$k^{\mathrm{ex,diss}}_{V_r\to V_p} = B\exp\left(-\frac{\Delta E_{V_r\to V_p}\cdot\Theta(\Delta E_{V_r\to V_p})}{k}\left(\frac{1}{T}+\frac{1}{U}\right)\right),\quad \Delta E_{V_r\to V_p} = E_a + E_p - E_r, \quad (1)$$

где k — постоянная Больцмана; V_r — внутренние состояния всех реагентов; V_p — внутренние состояния всех продуктов реакции; E_r, E_p — соответствующие энергии; $\Theta(x)$ — функция Хевисайда; E_a — энергия активации реакции; T — температура; U — параметр модели; B — нормирующий множитель:

$$B(T) = \frac{k^{\mathrm{eq}}(T)}{\sum\limits_{V_r^*,V_p^*}\left[\exp\left(-\frac{\Delta E_{V_r^*\to V_p^*}\cdot\Theta(\Delta E_{V_r^*\to V_p^*})}{k}\left(\frac{1}{T}+\frac{1}{U}\right)\right)\prod\limits_{l=1}^{M_r} n^{\mathrm{eq}}_{V^*_{r,l}}\right]}, \quad (2)$$

M_r — число реагентов; $n^{\mathrm{eq}}_{V^*_{r,l}}$ — приведенное равновесное распределение Больцмана l-го реагента при температуре T; $k^{\mathrm{eq}}(T)$ — равновесный коэффициент скорости реакции, определяемый по закону Аррениуса.

Для определения нормирующего множителя B необходимо вычислить экспоненты от полного декартового произведения всех электронных и колебательных состояний атомов и молекул, участвующих в реакции. Даже для компонент воздуха это миллионы значений для каждой температуры. По этой причине особый интерес представляет поиск способов упрощения вычислений без потери точности.

Одним из таких подходов является предложенный в [4] метод использования алгоритмов машинного обучения. Альтернативным подходом служит использование методов нелинейного регрессионного анализа, которые позволяют построить приближение к рассматриваемой величине с использованием комбинации элементарных функций от температуры. В рамках данной работы представлены результаты для случая реакций диссоциации в воздухе с учетом только колебательного возбуждения реагента, проведено сравнение с результатами точного вычисления и результатами, полученными методами машинного обучения [4].

1. *Нагнибеда Е. А.*, *Кустова Е. В.* Кинетическая теория процессов переноса и релаксации в потоках неравновесных реагирующих газов. — СПб.: Изд-во С.-Петербургского университета, 2003. — 272 с.
2. *Kustova E. V.*, *Savelev A. S.*, *Lukasheva A. A.* Refinement of State-Resolved Models for Chemical Kinetics Using the Data of Trajectory Calculations // Fluid Dynamics. — 2022. — V. 57. — P. S46–S56.
3. *Kustova E.*, *Savelev A.* Generalized model for state-resolved chemical reaction rate coefficients in high-temperature air // J. Phys.: Conf. Ser. — 2021. — V. 1959. — 012033.
4. *Максудова З. М.*, *Савельев А. С.*, *Кустова Е. В.* Вычисление коэффициентов скорости химических реакций с помощью алгоритмов машинного обучения // Материалы XXIII Международной конференции по Вычислительной механике и современным прикладным программным системам (ВМСППС'2023).

ИССЛЕДОВАНИЕ БАЛЛИСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БИКАЛИБЕРНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА БЛИЖНЕЙ ЗОНЫ ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗОНЫ ПОЛЕТА

Е. И. Савин, Л. Л. Миньков

ТГУ, Томск, Россия

Рассмотрена комплексная задача, основанная на определении внутрибаллистических и внешнебаллистических характеристик для оценки зоны полета бикалиберного летательного аппарата (ЛА) ближней зоны действия (БД). В таких ЛА РДТТ обеспечивает быстрый разгон за короткий временной промежуток до необходимой скорости (активный участок). После окончания активного участка маршевая ступень, имеющая меньший калибр, отсоединяется от отработавшей стартовой ступени и продолжает движение на энергопассивном участке полета. Данная схема обладает высокой баллистической эффективностью [1] и пригодна к модернизации в широких пределах в части использования прямоточных воздушно-реактивных двигателей [2, 3], а также менее кардинальных способов модернизации РДТТ [4].

В ходе исследования внутрибаллистичеких параметров в качестве количественного показателя, определяющего зону полета бикалиберного ЛА БД, рассматривалась осевая составляющая силы тяги в течение квазистационарной продолжительности горения заряда и секундно-массовый расход. По результатам численного моделирования работы РДТТ были получены законы изменения тяги и секундно-массового расхода от времени до начала спада давления в камере сгорания.

Для исследования и математического описания внешней баллистики используются уравнения продольного движения материальной точки в атмосфере. На активном участке [5]:

$$\frac{dV}{dt} = \frac{P - X_{\text{старт}}}{m} - g\sin\theta; \quad \frac{d\theta}{dt} = -\frac{g\cos\theta}{V};$$
$$\frac{dx}{dt} = V\cos\theta; \quad \frac{dy}{dt} = V\sin\theta; \tag{1}$$
$$m = m_0 - \int_0^t \dot{m}\,dt,$$

где m — текущее значение массы бикалиберного ЛА БД; θ — угол между вектором скорости и линией местного горизонта; V — абсолютная скорость движения бикалиберного ЛА БД; x, y — координаты бикалиберного ЛА БД; g — ускорение