

ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МАШИНОВЕДЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
МАТЕМАТИКО-МЕХАНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

ТРУДЫ СЕМИНАРА
«КОМПЬЮТЕРНЫЕ МЕТОДЫ
В МЕХАНИКЕ СПЛОШНОЙ СРЕДЫ»

2024–2025 гг.

Санкт-Петербург
ПОЛИТЕХ-ПРЕСС
2025

Редакционная коллегия:

Д-р физ.-мат. наук, проф., член-кор. РАН *А. К. Беляев* (науч. рук. семинара) (ИПМаш РАН), канд. физ.-мат. наук, доц. *А. Л. Смирнов* (редактор) (СПбГУ), канд. физ.-мат. наук, доц. *А. С. Смирнов* (отв. секретарь) (СПбГУ Петра Великого), канд. физ.-мат. наук, доц. *И. М. Архипова* (ВИ(ИТ) ВА МТО), PhD, Sr. lecturer *Е. И. Атрощенко* (Ун-т Нового Южного Уэльса, Австралия), д-р физ.-мат. наук, проф. *С. М. Бауэр* (СПбГУ), канд. физ.-мат. наук, доц. *Е. В. Воронкова* (СПбГУ), д-р техн. наук, проф. *В. Н. Емельянов* (БГТУ), д-р физ.-мат. наук, проф. *Г. И. Михасев* (Ун-т Харбина, КНР), канд. физ.-мат. наук, доц. *Г. А. Нестерчук* (СПбГУ), д-р физ.-мат. наук, проф. *С. П. Помяткин* (СПбГУАП), д-р техн. наук, проф. *С. В. Сорокин* (Ун-т Ольборга, Дания), канд. физ.-мат. наук *Д. В. Францус* (Фонд «УниШанс»)

Т78

Труды семинара «Компьютерные методы в механике сплошной среды». 2024–2025 гг. – СПб. : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2025. – 219 с.

ISSN 2218-7421

В сборнике представлены результаты исследований по механике сплошной среды, в основном задач колебаний и устойчивости упругих конструкций. Характерной чертой исследований является использование разнообразных компьютерных методов: методов вычислительной механики сплошной среды, компьютерной алгебры, визуализации и др. Анализ опирается на сопоставление данных, полученных в различных подходах, причем наиболее часто сопоставляются результаты, полученные асимптотическими методами и по методу конечных элементов.

Издание адресовано исследователям, специализирующимся в области применения компьютерных методов в механике сплошной среды. Семинар проводится математико-механическим факультетом Санкт-Петербургского государственного университета совместно с Институтом проблем машиноведения РАН.

ISSN 2218-7421

ISBN 978-5-7422-9088-9

ББК 22.25

- © Институт проблем машиноведения РАН, 2025
- © Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2025



Некоммерческая организация «Фонд содействия математическому образованию и поддержки исследований в области точных наук «УниШанс» при финансовой поддержке инвестиционно-строительной группы «МАВИС»



МАВИС
инвестиционно-строительная группа

СОДЕРЖАНИЕ

<i>А. С. Смирнов. Динамика управляемых движений пространственного двойного маятника при наличии диссипативных сил</i>	3
1. Введение	3
2. Вывод уравнений движения системы	4
3. Построение и анализ режимов движения	5
4. Заключение	12
<i>Н. К. Егорова. Моделирование тела человека в условиях вибрации</i>	14
1. Введение	14
2. Проблема единственности решения задачи определения параметров механических моделей тела человека, подверженного вибрационному воздействию	18
2.1. Система с двумя степенями свободы	18
2.2. Система с тремя степенями свободы	23
3. Исследование влияния многозвенных соединений на динамику модели тела человека в условиях вибраций	27
3.1. Система с двумя степенями свободы и двухзвенным соединением	28
3.2. Модель с произвольным числом степеней свободы и одним многозвенным соединением	30
3.3. Модель с произвольным числом степеней свободы и произвольным числом многозвенных соединений ..	31
3.4. Определение числа антирезонансных частот	33
3.5. Перспективы дальнейшего развития моделей тела человека с многозвенными соединениями	36
4. Моделирование биомеханических систем с нецелым числом степеней свободы	37
4.1. Система с полутора степенями свободы	37
4.2. Двухмассовая система с нецелым числом степеней свободы	40
4.3. Перспективы: моделирование поясничного отдела позвоночника с использованием моделей с многозвенными соединениями и моделей с нецелым числом степеней свободы	43
5. Заключение	45
<i>А. В. Лукин, И. А. Попов, Д. В. Антуфьев, Н. Д. Пискун. Синтез геометрически нелинейных моделей понижен-</i>	

ного порядка для распределенно-упругих систем на основе метода конечных элементов	48
1. Введение	48
2. Постановка задачи	50
3. Процедура идентификации нелинейной жесткостной характеристики	53
4. Особенности нелинейных модальных взаимодействий в упругих системах	55
5. Нормальная форма Пуанкаре как модель пониженного порядка	58
6. Пролетная балка: модель продольно-изгибных колебаний 64	
7. Пролетная балка: учет растяжимости срединной линии	71
8. Нелинейный статический расчет конструкции на внешнее силовое воздействие	73
9. Заключение	75
<i>Р. В. Федоренко, А. В. Лужин. Приспособляемость сосуда под давлением в условиях термоциклического нагружения</i>	78
1. Введение	78
2. Механизмы упрочнения материала	80
3. Влияние механизма упрочнения на характер приспособляемости сосуда под давлением	82
4. Заключение	87
<i>А. И. Доля. Колебания подкрепленной цилиндрической оболочки, сопряженной с плоской крышкой</i>	91
1. Введение	91
2. Постановка задачи	93
3. Частоты «оболочечной» формы собственных колебаний	95
4. Частоты «пластиночной» формы собственных колебаний 98	
5. Частоты «балочной» формы собственных колебаний ...	99
6. Численное решение	99
7. Задача оптимизации	102
7.1. Постановка задачи	102
7.2. Оптимизация «пластиночной» и «оболочечной» частоты при наличии 1 шпангоута	102
8. Заключение	105

<i>П. П. Удалов, А. В. Лукин, И. А. Попов.</i> Нелинейная динамика и устойчивость движений проводящего тела в переменном магнитном поле	107
1. Введение	107
2. Математическая модель	108
3. Построение асимптотического решения	110
4. Заключение	112
<i>М. А. Ключин, С. А. Курпеев, А. С. Лозовой, А. С. Путимин, А. А. Тихонов.</i> Аналитическое исследование движения гравилета	114
1. Введение	114
2. Математическая модель гравилета и основные обозначения	115
3. Аналитическое исследование уравнений движения гравилета	117
4. Обсуждение результатов	121
5. Заключение	123
<i>А. А. Черенков.</i> Временные характеристики формирования волновых фронтов в конечномерных стержнях	125
1. Введение	125
1.1. Метод Гопкинсона–Кольского	126
1.2. Линейная механика разрушения	128
1.3. Структурно-временной подход	129
2. Динамическая контактная задача	133
2.1. Одномерный случай	133
2.2. Экспериментальные данные	135
2.3. Моделирование	137
3. Динамическая задача нагружения квазиодномерного стержневого элемента	139
4. Динамическая задача разгрузки квазиодномерного стержневого элемента	141
5. Динамическая задача разгрузки системы квазиодномерных стержневых элементов	143
5.1. Стальные стержни	145
5.2. Сталь и оргстекло	147
5.3. Сталь и алюминий	149
6. Заключение	150

<i>А. С. Смирнов, Б. А. Смольников. Устойчивость равновесия двойного маятника с упругими шарнирами под действием постоянной по модулю силы</i>	156
1. Введение	156
2. Расчетная схема и вывод уравнений движения	157
3. Действие мертвой силы, направленной по вертикали ...	163
4. Действие следящей силы, направленной вдоль второго звена	166
5. Действие следящей силы, направленной вдоль первого звена	171
6. Действие следящей силы, направленной в неподвижный шарнир	175
7. Сопоставление результатов	178
8. Заключение	179
Памяти С. Б. Филиппова (1946–2025)	181
Резюме докладов, не вошедших в сборник	183
Об авторах	186
Summaries	191
Рефераты	208