

Вестник Московского университета

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Основан в ноябре 1946 г.

Серия 15

**ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МАТЕМАТИКА
И КИБЕРНЕТИКА**

№ 4 • 2011 • ОКТЯБРЬ–ДЕКАБРЬ

Издательство Московского университета

Выходит один раз в три месяца

СОДЕРЖАНИЕ

Белололицкий А.А., Семенов К.О. Исследование математической модели заполнения двухслойных пористых оболочек газом	3
Киселёв Ю.Н., Орлов М.В. Оптимальные законы управления в неавтономной динамической модели газовых месторождений	10
Ле Н.З. Коррекция несовместных систем линейных неравенств с матрицами блочной структуры по минимаксному критерию	18
Горшенин А.К. Проверка статистических гипотез в модели расщепления компоненты	26
Марченков С.С. Операторы итерирования на множестве непрерывных функций бэровского пространства	33
Чистиков Д.В. Тестирование бесповторных функций в элементарном базисе	37
Дышкант Н.Ф. Меры для сравнения дискретных моделей однозначных поверхностей	41
Костомаров Д.П., Зайцев Ф.С., Шишкин А.Г., Сычугов Д.Ю., Степанов С.В., Сучков Е.П. Программное обеспечение библиотеки “Виртуальный токамак”	48
Указатель статей, опубликованных в журнале “Вестник Московского университета. Сер. 15. Вычислительная математика и кибернетика” в 2011 году	57

CONTENTS

Belolipetskiy A.A., Semenov K.O. The research of mathematical model for filling porous double-layer shells with real gas	3
Kiselev Yu.N., Orlov M.V. Optimal control laws in a non-autonomous dynamical model of gas mining	10
Le N.D. Correction of inconsistent systems of linear inequalities with matrices of block structure with the minimax criteria	18
Gorshenin A.K. Testing of statistical hypotheses in the splitting component model	26
Marchenkov S.S. The iterative operators on the set of continuous functions in Baire space	33
Chistikov D.V. Testing read-once functions over elementary basis	37
Dyshkant N.F. Measures for comparison of discrete models of 2.5D surfaces . .	41
Kostomarov D.P., Zaitsev F.S., Shishkin A.G., Sychugov D.Yu., Stepanov S.V., Suchkov E.P. “Virtual Tokamak” software toolbox	48
<i>Index of papers</i> , published in 2011	57

УДК 517.9

А.А. Белолипецкий¹, К.О. Семенов²**ИССЛЕДОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЗАПОЛНЕНИЯ ДВУХСЛОЙНЫХ ПОРИСТЫХ ОБОЛОЧЕК ГАЗОМ**

Предложена и аналитически исследована математическая модель заполнения лазерных мишеней изотопами водорода. Модель записана как сингулярно возмущенная начальнo-краевая задача для системы полулинейных параболических уравнений. Методом малого параметра построено приближенное решение задачи. Этот результат был использован при разработке модуля формирования незакрепленных мишеней в Лаборатории термоядерных мишеней ФИРАН им. П. Н. Лебедева.

Ключевые слова: математическая модель, лазерная мишень, инерциальный термоядерный синтез, параболические уравнения, сингулярные возмущения, малый параметр.

1. Математическая модель как начально-краевая задача для системы параболических уравнений. Проблема инерциального термоядерного синтеза является актуальной областью интересов современного естествознания [1, 2]. Приведем одну из основополагающих работ [3] по этой тематике и два обширных обзора состояния современных исследований в этой области [4, 5]. Одним из важных направлений в этой проблематике является отработка технологии производства лазерных мишеней. Обзор литературы, посвященной задачам, которые возникают при производстве таких мишеней, можно найти в [6]. Основная задача заключается в том, чтобы доставить термоядерное топливо внутрь многослойной полистироловой оболочки мишени, не разрушив ее. Для этого сферическую оболочку помещают в камеру с дейтерий-третиевой газообразной смесью, находящейся под давлением. В этом случае газ проникает через стенку мишени, постепенно заполняя ее. При повышении давления газа внутри мишени следует повышать и внешнее давление, но так, чтобы не разрушить оболочку. Поскольку в оптимальном по быстродействию режиме разность внешнего и внутреннего давления должна быть по возможности максимальной, но при этом не превышать критического значения, при котором может разрушиться оболочка, необходимо с высокой степенью точности определять давление газа внутри мишени, измерить которое невозможно. При этом внутреннее давление может достигать от 300 до 1000 атм. Возникает необходимость в разработке адекватной математической модели заполнения газопроницаемых оболочек до высоких давлений, когда состояние газа описывается уравнением Ван-дер-Ваальса. Для однослойных оболочек, течение газа через которые подчиняется закону Фика, подобные задачи рассматривались в [7, 8]. Современные оболочки являются многослойными с пористыми слоями. Задача газопроницаемости через такие слои значительно усложняется, так как использование закона Дарси делает задачу нелинейной. Ниже изучается модель заполнения газом двухслойных оболочек с внутренним пористым слоем. Эта модель представляет собой задачу Коши для системы сингулярно возмущенных нелинейных параболических уравнений с нелинейными краевыми условиями.

Изучаемая лазерная мишень типа HiPER (High Power Energy Research) представляет собой сферическую оболочку, состоящую из двух слоев. Внешний защитный шаровой слой, имеющий толщину w_1 , внешний радиус r_0 и внутренний радиус r_1 , $w_1 = r_0 - r_1$, изготовлен из полистирола или полиамида GDP. Внутренний слой пористый, его толщина w_2 , а внешний и внутренний радиусы r_1 и r_2 соответственно, $w_2 = r_1 - r_2$. Материалом этого слоя являются пено-полистиролы HPE, RF либо DVB. Задача заключается в том, чтобы заполнить данную оболочку газом, используя разность внешнего давления и давления газа в полости мишени. Плотность и давление газа внутри первого (внешнего) слоя обозначим $\rho_1(r, t)$, $p_1(r, t)$ соответственно. Они являются функциями времени t и расстояния r от центра сферы до заданной точки ($r_1 \leq r \leq r_0$). Последнее есть следствие сферической симметрии задачи. Плотность и давление газа внутри второго (внутреннего) слоя обозначим $\rho_2(r, t)$ и $p_2(r, t)$ ($r_2 \leq r \leq r_1$). Далее будем считать, что характерное время перемешивания газа, поступающего в полость мишени, значительно меньше характерного времени процесса заполнения мишени этим газом,

¹ Факультет ВМК МГУ, проф., д.ф.-м.н., e-mail: abelolipet@mail.ru

² ВЦ РАН, математик 1-й кат., асп., e-mail: sko_@mail.ru