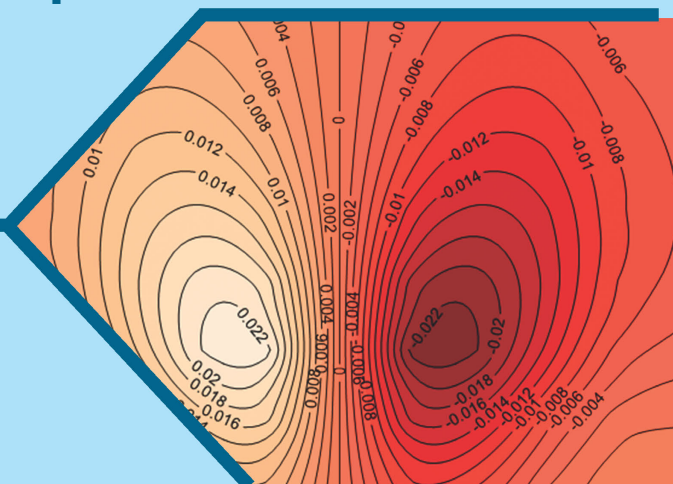




БИБЛИОТЕКА НАУЧНЫХ РАЗРАБОТОК И ПРОЕКТОВ НИУ МГСУ

**П.А. Акимов
М.Л. Мозгалева**

МНОГОУРОВНЕВЫЕ ДИСКРЕТНЫЕ И ДИСКРЕТНО-КОНТИНУАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ЛОКАЛЬНОГО РАСЧЕТА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Библиотека научных разработок и проектов НИУ МГСУ

П.А. Акимов, М.Л. Мозгалева

МНОГОУРОВНЕВЫЕ ДИСКРЕТНЫЕ
И ДИСКРЕТНО-КОНТИНУАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ
ЛОКАЛЬНОГО РАСЧЕТА
СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Москва 2014

УДК 539.3:624.04

ББК 38

А39

СЕРИЯ ОСНОВАНА В 2008 ГОДУ

Р е ц е н з е н т ы:

академик РААСН, доктор технических наук, профессор *Л.С. Ляхович* ;

академик РААСН, доктор технических наук, профессор *В.И. Травуш*,

Монография рекомендована к публикации научно-техническим советом МГСУ

Акимов, П.А.

А39

Многоуровневые дискретные и дискретно-континуальные методы локального расчета строительных конструкций : монография / П.А. Акимов, М.Л. Мозгалева ; М-во образования и науки Росс. Федерации, Моск. гос. строит. ун-т. Москва : МГСУ, 2014. – 632 с. (Библиотека научных разработок и проектов НИУ МГСУ).

ISBN 978-5-7264-0907-8

Рассмотрены многоуровневые дискретные и дискретно-континуальные методы локального расчета строительных конструкций. Представленные подходы основаны на использовании современных математических средств, в частности элементов функционального анализа, теории обобщенных функций и численных методов, адекватных текущему уровню развития компьютерной техники.

Для научных и инженерно-технических работников, аспирантов, докторантов и студентов технических вузов.

The book covers contemporary discrete and discrete-continual versions of variation-difference method of structural analysis.

УДК 539.3:624.04

ББК 38

ISBN 978-5-7264-0907-8

© ФГБОУ ВПО «МГСУ», 2014

© Оформление. Акимов П.А., Мозгалева М.Л., 2014

Предисловие.	стр. 3
Глава 1. Постановки и традиционные методы локального и глобального решения краевых задач расчета строительных конструкций.	6
§ 1.1. Постановки краевых задач.	6
§ 1.2. Метод конечных разностей.	9
§ 1.3. Вариационно-разностный метод.	12
§ 1.4. Метод конечных элементов.	14
§ 1.5. Численно-аналитические методы.	28
§ 1.6. О применении аппарат вейвлет-анализа.	41
§ 1.7. Методы локального решения краевых задач.	47
Глава 2. Некоторые основополагающие методы, постановки и решения краевых задач расчета строительных конструкций.	49
<i>Часть 1. Постановка и аппроксимация краевых задач методом расширенной (стандартной) области.</i>	
§ 2.1. Введение в метод расширенной (стандартной) области.	49
§ 2.2. Понятие о фундаментальной функции дифференциального оператора и функции Грина краевой задачи. Примеры.	50
§ 2.3. Общий подход для операторных формулировок. Характеристическая функция области и дельта-функция границы.	56
§ 2.4. Прямой вариант метода расширенной (стандартной) области.	61
§ 2.5. Непрямой вариант метода расширенной (стандартной) области. ...	74
§ 2.6. Прямая постановка граничных уравнений.	75
§ 2.7. Непрямая постановка граничных уравнений.	80
§ 2.8. Аппроксимация области и функций.	82
§ 2.9. Аппроксимация операторов.	86
<i>Часть 2. Метод базисных (локальных) вариаций.</i>	
§ 2.10. Введение.	90
§ 2.11. Теоретические основы метода базисных (локальных) вариаций.	91
§ 2.12. Суть метода базисных (локальных) вариаций.	96
<i>Часть 3. Многосеточный метод в расчетах строительных конструкций.</i>	
§ 2.13. Итерационный процесс с эквивалентным факторизованным оператором.	98
§ 2.14. Идея многосеточных методов.	108
§ 2.15. Двухсеточный вариант итерационного метода.	110
§ 2.16. Полуитерационный метод в общем случае.	112
§ 2.17. Анализ сходимости метода.	115
<i>Часть 4. Методы построения дискретных фундаментальных функций.</i>	
§ 2.18. Понятие о дискретной фундаментальной функции.	117
§ 2.19. Метод построения дискретной фундаментальной функции с помощью интегральных выражений в комплексной плоскости. ...	119
§ 2.20. Метод вычисления дискретной фундаментальной функции с использованием дискретного преобразования Фурье.	123
§ 2.21. Метод С.Л. Соболева для вычисления фундаментальной функции дискретного оператора Лапласа.	124

§ 2.22.	Метод вычисления дискретной фундаментальной функции с помощью решения вспомогательных краевых задач в расширенной области.	126
§ 2.23.	Сравнительная характеристика методов вычисления дискретных фундаментальных функций.	132
Часть 5. Элементы, основные понятия, методы и алгоритмы кратномасштабного вейвлет-анализа.		
§ 2.24.	Элементы и основные понятия кратномасштабного вейвлет-анализа.	134
§ 2.25.	Быстрые алгоритмы одномерных вейвлет-преобразований по дискретному базису Хаара.	143
§ 2.26.	Быстрые алгоритмы двумерных вейвлет-преобразований по дискретному базису Хаара.	149
§ 2.27.	О вычислении свертки функций в базисе Хаара.	157
Глава 3. Корректные операторные и вариационные постановки краевых задач расчета строительных конструкций.		162
Часть 1. Континуальные постановки общего вида.		
§ 3.1.	Задача для уравнения Пуассона.	162
§ 3.2.	Задача теории упругости.	163
§ 3.3.	Задача осесимметричной теории упругости.	167
§ 3.4.	Задача об изгибе изотропной пластины.	169
§ 3.5.	Задача об изгибе изотропной пластины с учетом сдвига.	171
§ 3.6.	Задача об изгибе ортотропной пластины.	173
§ 3.7.	Задача об изгибе анизотропной пластины.	176
§ 3.8.	Задача расчета оболочки.	178
Часть 2. Континуальные постановки с выделением направления постоянства физико-геометрических параметров конструкции.		
§ 3.9.	Задача для уравнения Пуассона.	181
§ 3.10.	Задача двумерной изотропной теории упругости.	182
§ 3.11.	Задача трехмерной изотропной теории упругости.	184
§ 3.12.	Учет упругоподатливых и односторонних связей при решении задач теории упругости.	186
§ 3.13.	Задача трехмерной анизотропной теории упругости.	187
§ 3.14.	Задача осесимметричной теории упругости.	192
§ 3.15.	Задача об изгибе изотропной пластины.	194
§ 3.16.	Задача об изгибе изотропной пластины с учетом сдвига.	197
§ 3.17.	Задача об изгибе ортотропной пластины.	199
§ 3.18.	Задача об изгибе анизотропной пластины.	201
§ 3.19.	Задача расчета цилиндрической оболочки.	203
Часть 3. Континуальные постановки с выделением направления кусочного постоянства физико-геометрических параметров конструкции.		
§ 3.20.	Задача двумерной изотропной теории упругости.	206
§ 3.21.	Задача трехмерной изотропной теории упругости.	211
§ 3.22.	Задача трехмерной анизотропной теории упругости.	218
§ 3.23.	Задача осесимметричной теории упругости.	226
§ 3.24.	Задача об изгибе изотропной пластины.	232
§ 3.25.	Задача об изгибе изотропной пластины с учетом сдвига.	238

§ 3.26.	Задача об изгибе ортотропной пластины.	245
§ 3.27.	Задача об изгибе анизотропной пластины.	257
§ 3.28.	Задача расчета цилиндрической оболочки.	264
Глава 4. Дискретные методы локального расчета		
строительных конструкций.		270
<i>Часть 1. Метод фрагментации.</i>		
§ 4.1.	Описание метода.	270
§ 4.2.	Обоснование алгоритма фрагментации.	274
§ 4.3.	Лагранжев подход к фрагментации.	275
§ 4.4.	Фрагментация и многосеточность.	279
<i>Часть 2. Метод локализации.</i>		
§ 4.5.	Введение.	280
§ 4.6.	Исследование методов получения локальных решений для одномерных задач.	281
§ 4.7.	Оценка влияния спрямления функции.	293
§ 4.8.	Использование фундаментальной функции для оценки реакции связи.	299
§ 4.9.	Оценка влияния спрямления функции в случае ограниченной области.	300
§ 4.10.	Влияние закрепления значения искомой функции в узлах мелкой сетки.	302
§ 4.11.	Определение величины изменения шага в локальной сетке и оценка погрешности.	306
§ 4.12.	Заключение.	309
<i>Часть 3. Многоуровневый численный метод на основе аппарата кратномасштабного вейвлет-анализа.</i>		
§ 4.13.	Алгоритм осреднения функции, разложенной по одномерному дискретному базису Хаара.	310
§ 4.14.	Алгоритм осреднения функции, разложенной по двумерному дискретному базису Хаара.	313
§ 4.15.	Об алгоритмической реализации формул осреднения функции, разложенной по одномерному дискретному базису Хаара.	318
§ 4.16.	Об алгоритмической реализации формул осреднения функции, разложенной по двумерному дискретному базису Хаара.	320
§ 4.17.	Алгоритмы многоуровневой аппроксимации функции, разложенной по одномерному дискретному базису Хаара.	326
§ 4.18.	Алгоритмы многоуровневой аппроксимации функции, разложенной по двумерному дискретному базису Хаара.	329
§ 4.19.	Алгоритм редукции разложения функции по одномерному дискретному базису Хаара.	335
§ 4.20.	Алгоритм редукции разложения функции по двумерному дискретному базису Хаара.	340
§ 4.21.	Идея корректного численного метода локального расчета строительных конструкций на основе аппарата кратномасштабного вейвлет-анализа.	348
§ 4.22.	Некоторые алгоритмы, используемые при реализации корректного численного метода локального расчета строительных конструкций на основе кратномасштабного вейвлет-анализа.	362

Глава 5. Дискретно-континуальные методы для глобального и локального расчетов строительных конструкций.	371
Часть 1. Основы дискретно-континуального метода конечных элементов.	
§ 5.1. Понятие о дискретно-континуальном методе конечных элементов.	371
§ 5.2. Суть дискретно-континуального метода конечных элементов.	374
§ 5.3. Об использовании дискретно-континуальных методов для обеспечения техногенной безопасности строительных объектов мегаполиса.	382
Часть 2. Дискретно-континуальные постановки краевых задач расчета конструкций.	
§ 5.4. Задача двумерной изотропной теории упругости.	384
§ 5.5. Задача трехмерной изотропной теории упругости.	406
§ 5.6. Задача об изгибе изотропной пластины.	436
Часть 3. Дискретно-континуальные постановки краевых задач локального расчета конструкций в вейвлет-базисе Хаара.	
§ 5.7. Задача двумерной изотропной теории упругости.	475
§ 5.8. Задача трехмерной изотропной теории упругости.	479
§ 5.9. Задача об изгибе изотропной пластины.	483
Часть 4. Корректные универсальные методы точного аналитического решения краевых задач строительной механики для обыкновенных дифференциальных уравнений с кусочно-постоянными коэффициентами и их систем.	
§ 5.10. Корректный универсальный метод точного аналитического решения краевых задач строительной механики для обыкновенных дифференциальных уравнений с кусочно-постоянными коэффициентами.	488
§ 5.11. Корректный универсальный метод точного аналитического решения краевых задач строительной механики для систем обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка с кусочно-постоянными коэффициентами.	499
§ 5.12. Корректный универсальный метод точного аналитического решения краевых задач строительной механики для систем обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка с кусочно-постоянными коэффициентами.	506
Часть 5. Примеры глобальных и локальных расчетов строительных конструкций с использованием дискретно-континуальных методов.	
§ 5.13. Введение.	513
§ 5.14. Статический расчет балки-стенки с постоянными физико-геометрическими параметрами по основному направлению.	514
§ 5.15. Статический расчет балки-стенки с кусочно-постоянными физико-геометрическими параметрами по основному направлению.	526
§ 5.16. Статический расчет трехмерного бруса с постоянными физико-геометрическими параметрами по основному направлению.	537
§ 5.17. Статический расчет трехмерного бруса с кусочно-постоянными физико-геометрическими параметрами по основному направлению.	555

§ 5.18.	Локальный статический расчет балки-стенки с постоянными физико-геометрическими параметрами по основному направлению.	574
§ 5.19.	Локальный статический расчет балки-стенки с кусочно-постоянными физико-геометрическими параметрами по основному направлению.	576
§ 5.20.	Локальный статический расчет трехмерного бруса с постоянными физико-геометрическими параметрами по основному направлению.	578
§ 5.21.	Локальный статический расчет трехмерного бруса с кусочно-постоянными физико-геометрическими параметрами по основному направлению.	585
Библиографический список.		592