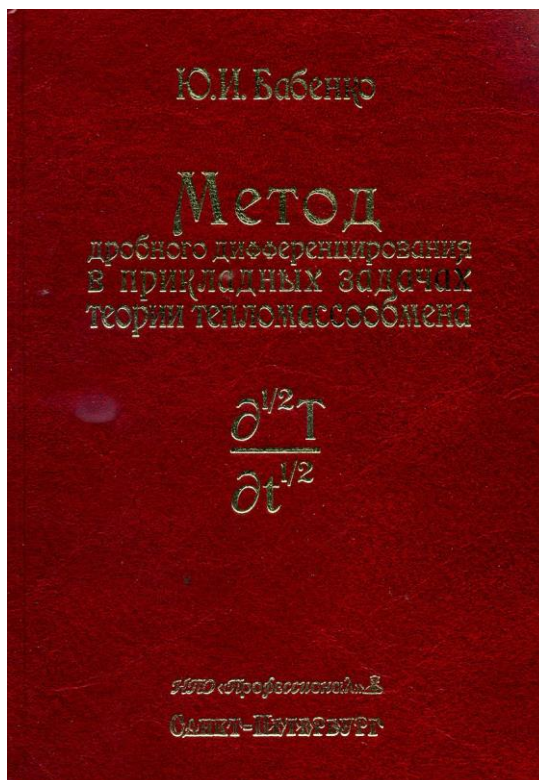


Метод дробного дифференцирования в прикладных задачах теории теплообмена

Бабенко Ю.И.



Содержание

Часть 1. ПРЯМЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ И ДИФFUЗИОННЫХ ПОТОКОВ НА ГРАНИЦЕ ОБЛАСТИ

Глава 1. Дифференцирование дробного порядка

- 1.1. Основные сведения по дробному дифференцированию. Дробная производная Летникова
- 1.2. Дополнительные сведения по дробному дифференцированию
- 1.3. Вычисление ДПЛ вблизи предельных и особых точек
 - 1.3.1. Выражение ДПЛ при малых значениях
 - 1.3.2. Выражение ДПЛ при больших значениях
 - 1.3.3. Поведение ДПЛ вблизи точки разрыва
 - 1.3.4. Поведение ДПЛ вблизи сингулярной точки
- 1.4. Решение уравнений с дробной производной
 - 1.4.1. Простейшие линейные уравнения
 - 1.4.2. Линейное однородное уравнение с постоянными коэффициентами
 - 1.4.3. Линейное неоднородное уравнение с постоянными коэффициентами
 - 1.4.4. Линейное однородное уравнение с переменным коэффициентом
 - 1.4.5. Линейное неоднородное уравнение с переменным коэффициентом
 - 1.4.6. Нелинейные уравнения
 - 1.4.7. Поведение решения при больших временах

1.4.8. Поведение решения вблизи особой точки

1.5. Упражнения

Глава 2. Определение тепловых потоков на границе полубесконечной области в линейных задачах

2.1. Вводные примеры

2.1.1. Определение теплового потока по заданному изменению температуры

2.1.2. Определение температуры по заданному изменению теплового потока

2.1.3. Граничное условие третьего рода

2.1.4. Смешанное граничное условие

2.2. Линейное уравнение с переменными коэффициентами

2.2.1. Основная формула метода

2.2.2. Второй вывод основной формулы

2.2.3. Случай, когда коэффициенты уравнения зависят только от координаты

2.2.4. Случай, когда коэффициенты уравнения зависят только от времени

2.2.5. Определение температуры поверхности по заданному изменению теплового потока

2.2.6. Граничное условие третьего рода

2.3. Сопоставление с точными решениями

2.4. Улучшение сходимости рядов, представляющих решение

2.5. Простейшие задачи теории тепломассообмена

2.6. Определение граничного градиента при больших временах

2.6.1. Вводный пример

2.6.2. Теплопередача в среду со степенной зависимостью теплопроводности от координаты

2.6.3. Теплопередача в среду с экспоненциальной зависимостью теплопроводности от координаты. Логарифмический оператор

2.6.4. Теплоотдача от цилиндра. Обратный логарифмический оператор

2.6.5. Переменный коэффициент теплоотдачи, зависящий от времени

2.6.6. Метод малого оператора

2.7. Вопросы обоснования

2.7.1. Определение температурного поля

2.7.2. Погрешность при определении поля

2.7.3. Прямой метод определения граничного градиента

2.7.4. Погрешность при определении граничного градиента

2.8. Упражнения

Глава 3. Различные модификации метода

3.1. Неоднородные уравнения

3.1.1. Простейшее уравнение. Первая форма решения

3.1.2. Простейшее уравнение. Вторая форма решения

3.1.3. Общее уравнение. Первая форма решения

3.1.4. Общее уравнение. Вторая форма решения

3.1.5. Упражнения

3.2. Многомерные задачи

3.2.1. Простейшее уравнение. Первая форма решения

3.2.2. Простейшее уравнение. Вторая форма решения

3.2.3. Общее уравнение. Первая форма решения

3.2.4. Общее уравнение с коэффициентами, не зависящими от x

3.2.5. Уравнение с коэффициентами, не зависящими от x и t

3.2.6. Упражнения

3.3. Сопряженные задачи

3.3.1. Вводный пример

3.3.2. Общий случай

3.3.3. Упражнения

- 3.4. Обратные задачи
 - 3.4.1. Вводный пример
 - 3.4.2. Общий принцип решения
 - 3.4.3. Использование преобразования Лапласа
 - 3.4.4. Упражнения
- 3.5. Задачи без начальных условий
 - 3.5.1. Вводный пример
 - 3.5.2. Общий случай. Высокая частота
 - 3.5.3. Общий случай. Произвольная и низкая частота
 - 3.5.4. Экспоненциальный процесс
 - 3.5.5. Упражнения
- 3.6. Задачи, связанные с гиперболическими и эллиптическими уравнениями
 - 3.6.1. Волновое уравнение
 - 3.6.2. Гиперболическое уравнение с переменными коэффициентами
 - 3.6.3. Гиперболическое уравнение теплопроводности
 - 3.6.4. Эллиптические уравнения
 - 3.6.5. Упражнения
- 3.7. Разложение по степеням параметра
 - 3.7.1. Вводный пример
 - 3.7.2. Коэффициент уравнения зависит от координаты
 - 3.7.3. Коэффициент уравнения зависит от времени
 - 3.7.4. Коэффициент уравнения зависит от обеих переменных
 - 3.7.5. Упражнения
- Глава 4. Определение тепловых потоков на границе конечной области
 - 4.1. Простейшее уравнение теплопроводности
 - 4.1.1. Вводный пример
 - 4.1.2. Различные условия на границе
 - 4.1.3. Различные условия на границе
 - 4.2. Уравнения с переменными коэффициентами
 - 4.2.1. Коэффициенты уравнения зависят от координаты. Специальный случай
 - 4.2.2. Разложение по степеням параметра
 - 4.3. Стационарные задачи теплопроводности
 - 4.3.1. Вводный пример
 - 4.3.2. Различные условия на границе
 - 4.3.3. Теплоотдача в неоднородную пластину
 - 4.4. Упражнения
- Глава 5. Нелинейные задачи теплообмена
 - 5.1. Нелинейное граничное условие
 - 5.1.1. Вводный пример
 - 5.1.2. Приближенное решение
 - 5.1.3. Уравнение, расщепляющееся на конечные множители
 - 5.1.4. Уравнение, не расщепляющееся на конечные множители
 - 5.2. Нелинейное уравнение. Общий метод
 - 5.2.1. Вводный пример
 - 5.2.2. Нестационарная теплоотдача при наличии нелинейного поглощения теплоты
 - 5.3. Структура точного решения
 - 5.3.1. Вводный пример
 - 5.3.2. Теплопередача в среду с нелинейной теплопроводностью
 - 5.4. Разложение по степеням параметра
 - 5.4.1. Вводный пример
 - 5.4.2. Уравнение с квадратичной нелинейностью
 - 5.4.3. Нелинейности высших степеней

- 5.4.4. Граничное условие второго рода
- 5.4.5. Квадратичная нелинейность с коэффициентом, зависящим от времени.
- 5.4.6. Квадратичная нелинейность с коэффициентом, зависящим от координаты
- 5.4.7. Уравнение гиперболического типа
- 5.5. Упражнения

Часть 2. ЗАДАЧИ ТЕОРИИ ТЕПЛОМАСООБМЕНА

Глава 6. Теплообмен в инертных средах

- 6.1. Нестационарная теплоотдача от цилиндра со вдувом
 - 6.1.1. Равномерный нагрев поверхности
 - 6.1.2. Неравномерный нагрев поверхности
- 6.2. Теплообмен с нелинейными эффектами на поверхности
 - 6.2.1. Охлаждение полубесконечного тела излучением
 - 6.2.2. Охлаждение слоя излучением
 - 6.2.3. Нагревание полубесконечного тела
 - 6.2.4. Нагревание пластины
- 6.3. Задачи нелинейной теплопроводности
 - 6.3.1. Теплопередача в среду
 - 6.3.2. Теплопередача в среду
 - 6.3.3. Теплопередача в среду
- 6.4. Теплоотдача от шара, движущегося в жидкости
 - 6.4.1. Нестационарная теплоотдача в вязкой жидкости
 - 6.4.2. Стационарная теплоотдача в идеальной жидкости
- 6.5. Определение зависимости функции теплоотдачи от времени
 - 6.5.1. Метод дробно-степенных рядов
 - 6.5.2. Использование замкнутого выражения
- 6.6. Определение зависимости коэффициента температуропроводности от времени
 - 6.6.1. Общий случай
 - 6.6.2. Специальный случай
 - 6.6.3. Специальный случай
- 6.7. Термозондирование материала
 - 6.7.1. Произвольные граничные условия
 - 6.7.2. Специальный случай
- 6.8. Асимптотические закономерности нестационарной теплоотдачи в слоистую среду
 - 6.8.1. Случай
 - 6.8.2. Случай

Глава 7. Изотермические процессы массообмена

- 7.1. Растворение газа при сжатии
 - 7.1.1. Постановка задачи
 - 7.1.2. Общий метод решения
 - 7.1.3. Некоторые частные решения
 - 7.1.4. Предельные случаи
 - 7.1.5. Оценка величины давления
 - 7.1.6. Случай
- 7.2. Движение сжимаемой жидкости в пористом теле с проточными и застойными зонами
 - 7.2.1. Постановка задачи
 - 7.2.2. Общее решение
 - 7.2.3. Предельные случаи
 - 7.2.4. Пример расчета
- 7.3. Захват аэрозольных частиц термодинамически неравновесной каплей
 - 7.3.1. Постановка задачи
 - 7.3.2. Применение основного метода
 - 7.3.3. Случай

- 7.4. Диффузия из расширяющейся капли
 - 7.4.1. Постановка задачи
 - 7.4.2. Общее решение
 - 7.4.3. Линейное увеличение объема
 - 7.4.4. Случай
 - 7.4.5. Случай
- 7.5. Массообмен при наличии гетерогенной химической реакции
 - 7.5.1. Постановка задачи
 - 7.5.2. Диффузия к плоской поверхности
 - 7.5.3. Диффузия к сферической поверхности
- 7.6. Массообмен на границе при наличии гомогенной химической реакции
 - 7.6.1. Массообмен на границе полубесконечной области
 - 7.6.2. Массообмен между полубесконечными областями
 - 7.6.3. Массопередача в пористую среду
- 7.7. Массообмен на границе при наличии обратимых химических реакций
 - 7.7.1. Реакция первого порядка
 - 7.7.2. Реакция второго порядка
- 7.8. Массоперенос в неклассических средах
 - 7.8.1. Степенная «память»
 - 7.8.2. Степенная «память». Учет поглощения
 - 7.8.3. Степенная «память». Ограниченная область
 - 7.8.4. Параметры «степенной» среды зависят от координаты
 - 7.8.5. Параметры «степенной» среды зависят от времени
 - 7.8.6. Параметры «степенной» среды зависят от координаты и времени
 - 7.8.7. Экспоненциальная «память»
 - 7.8.8. Уравнение кинетики сорбции
 - 7.8.9. Фрактальная модель пористой среды
- Глава 8. Массообмен на границе контакта движущихся сред
 - 8.1. Массообмен при однородном течении
 - 8.1.1. Реакция первого порядка
 - 8.1.2. Учет конечной глубины
 - 8.1.3. Реакция второго порядка
 - 8.2. Массообмен на плоской границе при наличии конвективных потоков
 - 8.2.1. Восходящий поток
 - 8.2.2. Нисходящий поток
 - 8.2.3. Массоотдача при отсутствии химической реакции
 - 8.2.4. Массоотдача в вязкую жидкость
 - 8.3. Массоотдача от движущегося пузыря
 - 8.3.1. Математическая формулировка задачи
 - 8.3.2. Медленная химическая реакция
 - 8.3.3. Реакция второго порядка
 - 8.4. Массоотдача в движущуюся жидкость через неподвижную поверхность
 - 8.4.1. Плоскопараллельное течение
 - 8.4.2. Восходящий поток
 - 8.4.3. Массоотдача в отсутствие химической реакции
 - 8.4.4. Массоотдача от пузыря, движущегося в вязкой жидкости
 - 8.5. Нестационарный перенос через плоскую поверхность
 - 8.5.1. Диффузия в отсутствие химической реакции
 - 8.5.2. Учет химической реакции
- Глава 9. Теплообмен при наличии нелинейного тепловыделения
 - 9.1. Зажигание при контакте реагентов
 - 9.1.2. Экспоненциальное тепловыделение

- 9.1.2. Учет выгорания
- 9.2. Зажигание внешним тепловым потоком
 - 9.2.1. Экспоненциальное тепловыделение. Постоянный тепловой поток
 - 9.2.2. Степенной закон тепловыделения. Постоянный тепловой поток
 - 9.2.3. Степенной закон тепловыделения. Переменный тепловой поток
 - 9.2.4. Сферически симметричная задача
- 9.3. Зажигание при наличии распределенного тепловыделения
 - 9.3.1. Зажигание внешним тепловым потоком
 - 9.3.2. Зажигание при фиксированной температуре поверхности
- 9.4. Зажигание при контакте с реагентом в случае распределенного тепловыделения
 - 9.4.1. Постановка задачи
 - 9.4.2. Идеальный теплоотвод
 - 9.4.3. Идеальная теплоизоляция.
 - 9.4.4. Идеальная теплоизоляция.
 - 9.4.5. Идеальная теплоизоляция.

Глава 10. Асимптотические закономерности распространения фронта в задачах стефановского типа при больших временах

- 10.1. Определение закона движения фронта при малых временах
- 10.2. Асимптотическая связь температуры и теплового потока у плоской поверхности
 - 10.2.1. Температура поверхности — функция степенного роста
 - 10.2.2. Температура поверхности — функция экспоненциального роста
 - 10.2.3. Общий случай
 - 10.2.4. Определение скорости движения фронта
- 10.3. Асимптотическая связь температуры и теплового потока у сферической поверхности
 - 10.3.1. Асимптотические соотношения
 - 10.3.2. Определение закона движения фронта
- 10.4. Асимптотическая связь температуры и теплового потока у цилиндрической поверхности
 - 10.4.1. Асимптотические соотношения
 - 10.4.2. Определение закона движения фронта

Приложения. Таблицы дробных производных, операторов и вспомогательных выражений

- 1. Таблицы производных дробного порядка
- 2. Таблицы операторов
- 3. Вспомогательные выражения
 - 3.1. Степени операции
 - 3.2. Биномиальные коэффициенты
 - 3.3. Преобразования степенного ряда
 - 3.4. Интегралы
 - 3.5. Асимптотические выражения
 - 3.6. Некоторые значения гамма-функции