

МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОГІДРАВЛІЧНИХ ТА ІНШИХ ПРОЦЕСІВ У СИСТЕМАХ ФРАКТАЛЬНОЇ ПРИРОДИ

Модель суцільного середовища, яка не має жодної відповідності у реальній природі, добре працює у задачах на макрорівні, оскільки надає неперервний простір, в якому працюють потужні теорії функцій та диференціального і інтегрального числення. Але насправді наш світ не є неперервним. Приклади задач, які знаходяться у повній невідповідності з моделлю суцільного середовища на макрорівні – усі задачі багатозначних систем, де різні фази, розподілені у просторі, мають свої границі. Так, при охолодженні розплаву коріуму під час тяжких аварій на АЕС в системі пасивного захисту необхідно тримати розплав у контрольованому стані [1]. Одна з таких систем реактора EPR містить басейн, з якого вода під час аварії проникає до шару розплаву знизу, інтенсивно випаровується на вході у високотемпературний розплав, змішується з ним в об'ємі, відбираючи теплоту та виносячи її назовні з паром. Поступово розплав охолоджується, з'являються локальні точки застигання і починається солідифікація розплава в окремих місцях. Виникає система розплав, тверді частинки коріуму різного розміру, що вирують у просторі, пара – і все це перемішується. В деяких місцях, в залежності від локальних змінних параметрів, частинки можуть розплавитись, в інших – утворитись нові частинки, де температура розплаву впала нижче температури топлення коріуму. Поки твердих частинок не утвориться стільки, що вони почнуть складати агломерати. Утворюється проникна система, яку надалі необхідно утримувати у контрольованому стані, інакше виникнуть зони неналежного охолодження, де знову утвориться розплав, який буде надалі розігріватись.

Такі задачі мають виражену фрактальну природу і тому їх опис в рамках суцільного середовища не має сенсу. Незважаючи на великі зусилля у створенні механіки багатозначних систем на базі різних модифікованих моделей суцільних середовищ і значні успіхи у розв'язку багатьох важливих порівняно простих задач, усі ці теорії зайшли в тупик. Треба міняти основи, базові поняття. Введені так звані багатошвидкісні та взаємопроникні континууми не відображають повністю фрактальну природу систем. Необхідно і геометрію, і самі процеси розглядати як фрактальні. Для цього створені передумови: основи фрактальної геометрії [2] і інтегро-диференціальний аналіз дробового порядку для опису процесів у фрактальних структурах [3]. У даній роботі розглядається проблема створення методики моделювання теплогідролічних та інших фізичних процесів у системах фрактальної природи та виводу узагальнених рівнянь дробового порядку для таких фрактальних за природою процесів.

Ередитарні випадкові процеси, швидкість зміни щільності яких залежить від значень щільності у попередні моменти часу, зручно описувати рівняннями, які містять дробову похідну за часом [3]. В останні десятиріччя клас диференціальних рівнянь в дробових похідних був успішно застосований до моделювання складних процесів різної природи, які більш точно відповідають фрактальній природі процесів, ніж класичні рівняння, побудовані на гіпотезі неперервності.

Нелокальна поведінка різних систем в часі, досліджена на багатьох прикладах систем від мініатюрного до космічного масштабу з живої і неживої природи, показала, що навіть розв'язки найпростіших звичайних диференціальних рівнянь розвитку з відхиляючими аргументами мають складні особливості і критичні режими. Так, дослідження явищ виникнення критичних режимів в рівняннях розвитку з запізненнями та випередженнями показало, що стратегія стабільного розвитку системи має бути кусково-неперервною та регульованою у проміжку від критичної кривої стратегії розвитку з випередженням до критичної кривої стратегії розвитку з запізненням.

Похідна дробового порядку функції в часі, як нелокальна характеристика функції, що залежить від поведінки функції не тільки в поточний момент часу, але й від набутих нею значень на всьому інтервалі до поточного моменту, а також майбутньої поведінки функції (упередження, передбачення) містить, по суті, всю інформацію про особливості розвитку у часі. Аналогічно, дробова похідна функції за простором в околі точки спостереження x також має нелокальний характер, тепер вже у просторі, і залежить від набутих нею значень на всьому інтервалі (a,x) чи (x,b) . Ступінь цієї нелокальності функції може розглядатись як характеристика фрактальних властивостей розглядуваної системи. Але як визначити точне значення параметра для конкретної системи – це проблема. До того ж одна й та сама фрактальна розмірність об'єктів не означає їх однакову структуру, яка може впливати на процеси теплопровідності чи інші процеси, що моделюються, сильніше, ніж фрактальна розмірність.

Література

1. Казачков И.В., Могаддам Али Хасан. Моделирование теплогидравлических процессов при тяжелых авариях на АЭС.- НТУУ «КПИ». Монография.- Киев.- 2008.- 172с.
2. Mandelbrot B.B. The Fractal Geometry of Nature.- N.Y.: Freeman.- 1982.
3. Podlubny I., Fractional Differential Equations, Mathematics in Science and Engineering, Academic Press, San Diego, Cal., USA, 1999.