

Групповой проект. Этап №1

Теплопроводность и детерминированное горения

Горяйнова А.А. Гузева И.Н. Извекова М. П. Алиева М. А. Шошина Е. А.

Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

Теплопроводность и детерминированное горение

Актуальность

Горение – сложный физико-химический процесс, важный для энергетики, промышленности и безопасности.

Применение модели:

- Реакторы и топливные системы;
- Самораспространяющиеся волны горения (например, бенгальская свеча);
- Предсказание и контроль горения.

2. Теоретическое описание задачи

Основные физические процессы:

- Теплопроводность – процесс передачи тепла в среде.
- Химическая реакция – преобразование вещества с выделением тепла.
- Взаимодействие теплопроводности и химической реакции определяет режимы горения.

Основные параметры:

- κ – коэффициент теплопроводности
- E – энергия активации
- τ – характерное время химической реакции
- ρ, c – плотность и удельная теплоёмкость вещества
- Q – удельное энерговыделение

3. Математическая модель

Уравнения системы

Уравнение теплопроводности с учётом энергосвечения:

$$\rho c \frac{\partial T}{\partial t} = \kappa \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} - \rho Q \frac{\partial N}{\partial t}$$

Уравнение химической реакции (закон Аррениуса):

$$\frac{\partial N}{\partial t} = -\frac{N}{\tau} e^{-E/RT}$$

3. Математическая модель

Безразмерные переменные

- Температура: $\tilde{T} = \frac{cT}{Q}$
- Энергия активации: $\tilde{E} = \frac{cE}{RQ}$
- Новая система уравнений:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \chi \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} - \frac{\partial N}{\partial t}$$
$$\frac{\partial N}{\partial t} = -\frac{N}{\tau} e^{-E/T}$$

Явная разностная схема:

$$\frac{T_i^{n+1} - T_i^n}{\Delta t} = \chi \frac{T_{i+1}^n - 2T_i^n + T_{i-1}^n}{h^2} - \frac{\Delta N_i}{\Delta t}$$

- Прямая итерационная формула расчёта температурного распределения.
- Требует малых шагов по времени для устойчивости (условие: $\chi \Delta t / h^2 < 0.5$).

Неявная разностная схема:

- Более устойчива, но требует решения системы линейных уравнений.
- Основана на методе прогонки или матричных вычислениях.

- Рассмотрена математическая модель теплопроводности с химической реакцией.
- Построены разностные схемы для численного решения.
- Следующие этапы: реализация алгоритмов в OpenModelica/Julia, анализ режимов горения. горения.