

Теплопроводность, детерминированное горение.

Кроз Елена, Ухарова Софья, Новикова Алина, Чупрына Петр,
Попов Олег, Ширяев Кирилл¹

MatMod-2021, 20 Mar, 2021 Russia, Moscow

¹RUDN University, Moscow, Russian Federation

Горение

Горение — это завораживающий и зрелищный феномен природы, одновременно являющийся интересным объектом для исследований.

Предлагается рассмотреть среду с учетом теплопроводности, в которой возможна экзотермическая химическая реакция (ХР). Численно решая систему дифференциальных уравнений, можно исследовать различные режимы горения в одномерном и двумерном случаях.

Простейший случай

Среда должна обладать **теплопроводностью** и возможностью протекания **экзотермической реакции**, скорость которой сильно возрастает при увеличении температуры.

Параметр E

E - безразмерная энергия активации, равная отношению энергии активации к теплоте реакции.

- **Одномерный случай:** стационарный, пульсирующий(автоколебательный)
- **Двумерный случай:** стационарный, пульсирующий, спиновый

Одномерный случай

Стационарный режим - скорость распространения волны постоянна, а профили температуры и концентрации переносятся вдоль оси X не деформируясь. (рис. 1)

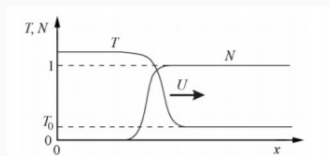


Figure 1: Стационарный режим

Пульсирующий(автоколебательный) режим - скорость волны переменная, и горение распространяется в виде чередующихся вспышек и угасаний.

-От значения параметра E , зависит какой режим реализуется.

Двумерный случай

Фронт состоит из нескольких зон горения, распространяющихся по винтовой линии вдоль цилиндра(рис. 2)

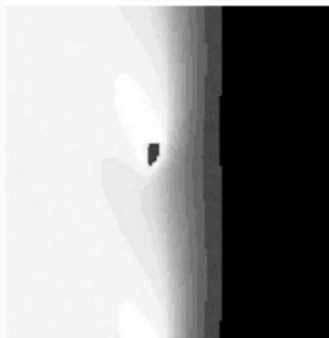


Figure 2: Спиновый режим

Схема изменения безразмерной температуры за шаг времени

$$\begin{cases} \Delta N_i = -\frac{N_i}{\tau} e^{-E/T_i} \Delta t \\ \hat{T}_i = T_i + \frac{\chi \Delta t}{h^2} (T_{i+1} - 2T_i + T_{i-1}) - \Delta N_i \\ \hat{N}_i = N_i + \Delta N_i \end{cases}$$

Неявная разностная схема

Неявная схема Кранка-Николсона, всегда устойчива
Система уравнений на временном слое

$$\hat{T}_{i-1} - \left(2 + \frac{2h^2}{\chi\Delta t}\right)\hat{T}_i + \hat{T}_{i+1} = -T_{i-1} + \left(2 - \frac{2h^2}{\chi\Delta t}\right)T_i - T_{i+1}$$

Задача была поставлена следующая: смоделировать одномерное горение с неявной разностной схемой и двумерное горение с явной разностной схемой.

Для реализации был использован язык программирования python версии 3.9.0

Реализация одномерного горения [результат программы]

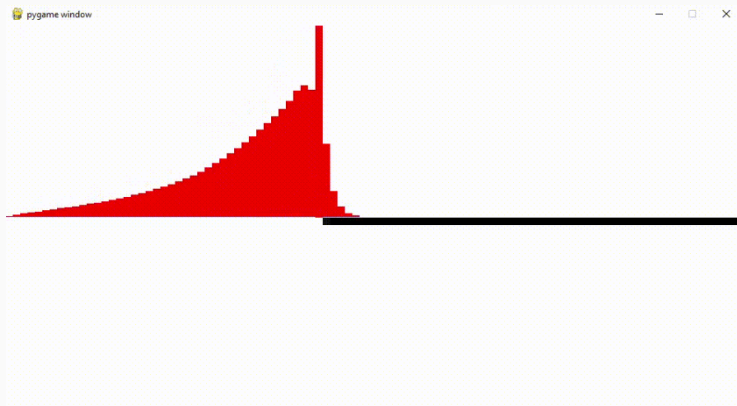


Figure 3: Одномерное горение

Результаты двумерного горения (температура, вертикальный стержень)

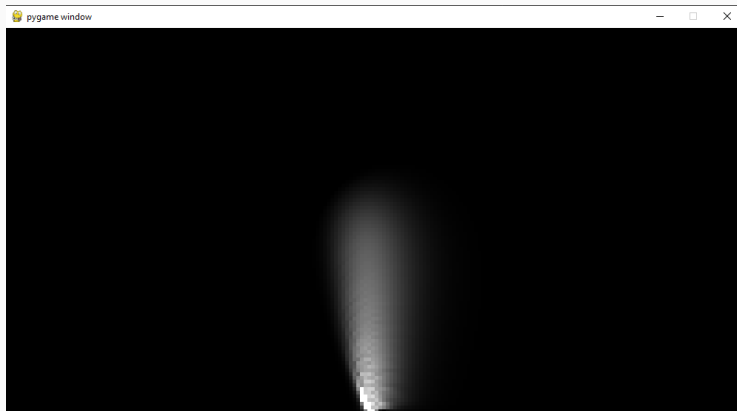


Figure 4: Двумерное горение (t , вертикальный стержень)

Результаты двумерного горения (кол-во вещества, вертикальный стержень)

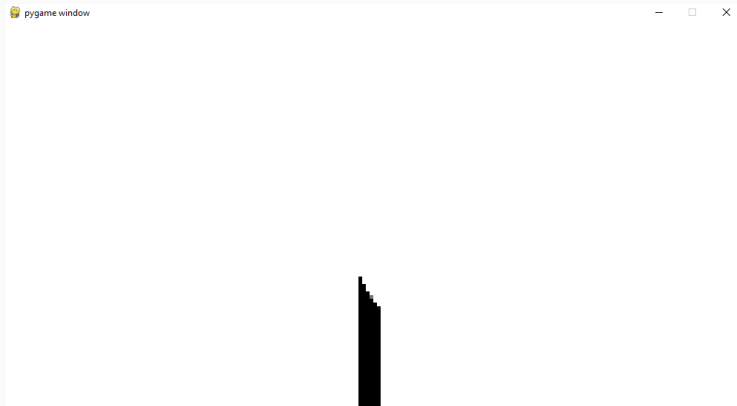


Figure 5: Двумерное горение (кол-во в-ва, вертикальный стержень)

Результаты двумерного горения (температура, горизонтальный стержень)

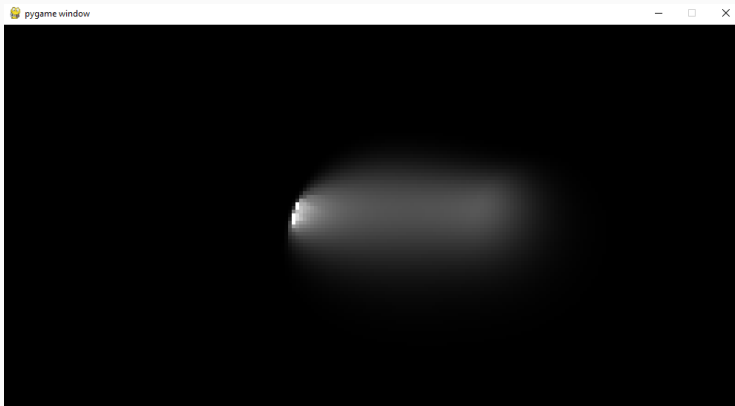


Figure 6: Двумерное горение (t , горизонтальный стержень)

Результаты двумерного горения (кол-во вещества, горизонтальный стержень)



Figure 7: Двумерное горение (кол-во в-ва, горизонтальный стержень)

В результате выполнения проекта был рассмотрен процесс детерминированного горения и построены модели одномерного горения с неявной разностной схемой и двумерного горения с явной разностной схемой.