

# Отчёт по второму заданию курса "Численное моделирование реагирующих потоков"

*Выполнил студент 031 группы Александр Казаков*

## 1 Численный метод

Для решения системы ОДУ  $\frac{d\vec{y}}{dt} = \vec{f}(\vec{y}, t)$  используется неявный метод Эйлера первого порядка точности, также известный как метод Гира первого порядка.

$$\frac{y_{n+1} - y_n}{\tau} = \vec{f}(y_{n+1}, t) + o(\tau) \quad (1)$$

Для решения возникающей системы нелинейных алгебраических уравнений  $\vec{f}(\vec{u}) = 0$  используется метод Ньютона из первого задания. На каждой итерации метода искомое решение  $\vec{u}_k$  получает приращение  $\Delta\vec{u}_k$ , рассчитанное из условия:

$$u_{k+1} \approx u_k + \frac{\partial \vec{f}}{\partial \vec{u}} \Delta u_k = 0 \quad (2)$$

Для решения полученной СЛАУ использовалась библиотека gsl. В данном случае рассчитанное значение приращения брать меньшим в два раза не обязательно, метод сходится и без этого. Было проведено обезразмеривание величин из условия

$$p' = p/10^6, Q' = Q/10^6, T' = T/10^3, \rho' = \rho, \quad (3)$$

что позволило добиться сходимости метода.

## 2 Начальные условия

В качестве начальных условий при  $x = 0$  выбираются параметры фон Неймана, посчитанные при условии  $p_0 = 10^5 Pa$  и  $T_0 = 293 K$ :

$$\rho(0) = 9.29 kg/m^3, u(0) = 0.217 km/s, p(0) = 3.33 MPa, Z(0) = 1, T = 1165 K \quad (4)$$

### 3 Сходимость

При уменьшении шага по времени на графике решения визуально наблюдается сходимость.

### 4 Результаты

Интегрирование проводилось до момента, когда метод Ньютона терял устойчивость из-за приближения  $u$  к  $c$ , то есть знаменателя в одном из уравнений системы к нулю. Это соответствует  $x = 25.6mm$ . Значение параметров в этой точке:

$$\rho(0) = 1.99kg/m^3, u(0) = 1.02km/s, p(0) = 1.72MPa, Z(0) = 0.00, T = 2814K \quad (5)$$

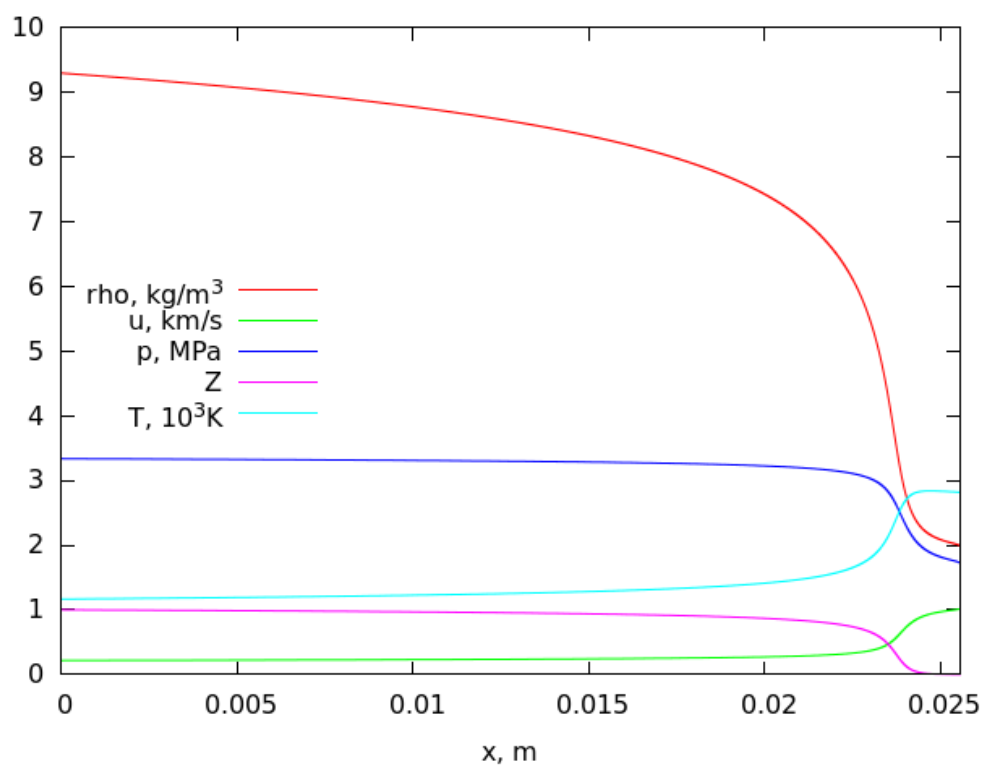


Рис. 1: График полученного решения

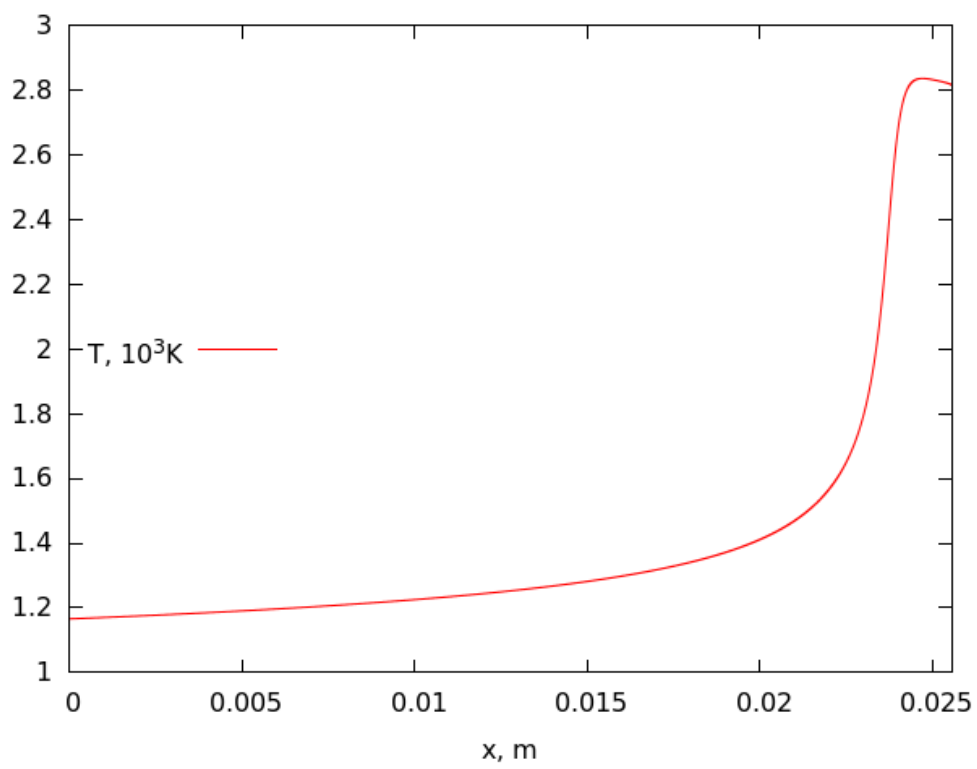


Рис. 2: График полученного решения подробнее для  $T$

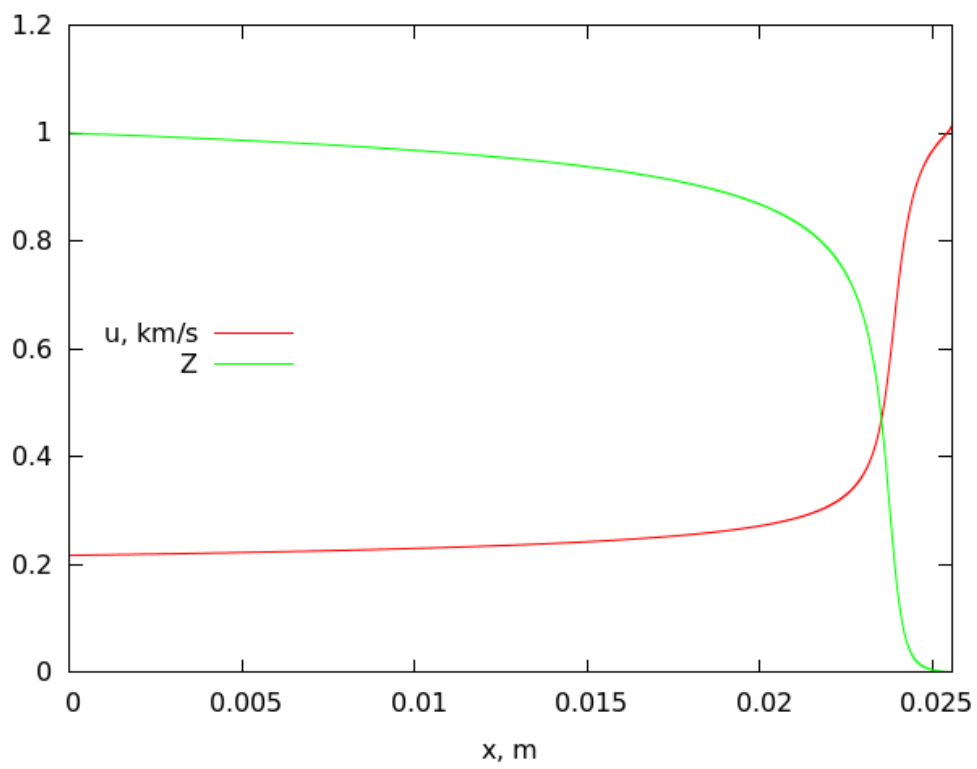


Рис. 3: График полученного решения подробнее для  $u$  и  $Z$