

## Задание № 1 по курсу “Численное моделирование реагирующих потоков”

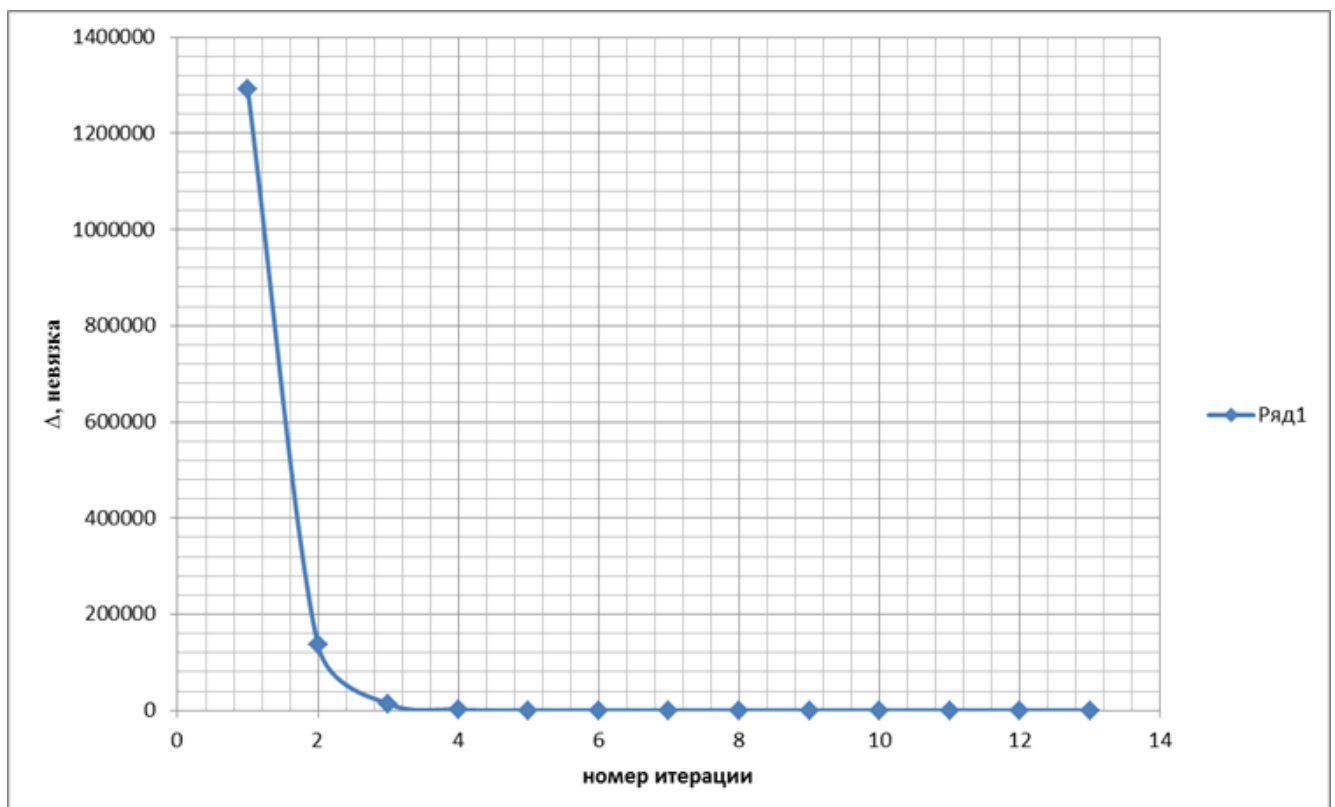
### Расчет параметров газовой смеси за фронтом волны детонации

1. Для решения системы нелинейных алгебраических уравнений  $f(\vec{u}) = 0$  (первые 3 уравнения системы (1) из задания) был использован метод простой итерации. Для этого систему  $f(\vec{u}) = 0$  привели к эквивалентной системе  $\vec{u} = \varphi(\vec{u})$  так, чтобы отображение было сжимающим. Для этого из первого уравнения исходной системы (1) выразили давление  $p$ , из второго -  $\eta$ , из третьего -  $T$ . Получили последовательность итераций  $\vec{u}_{i+1} = \varphi(\vec{u}_i)$ .
2. Начальное приближение  $\vec{u}_0$  рассчитывалось с использованием двух допущений ( $p_0 \ll p$  (приближение сильной волны) и  $\gamma = \gamma_0 = const$ ):

$$\begin{cases} \rho = \frac{\gamma+1}{\gamma} \rho_0 \\ p = 2\rho_0(\gamma-1)Q \\ T = \frac{p}{\rho R \sum_{i=1}^N \frac{w_i}{\mu_i}} \end{cases}$$

3. Количество итераций до сходимости: 13. Невязка бралась по третьей норме:

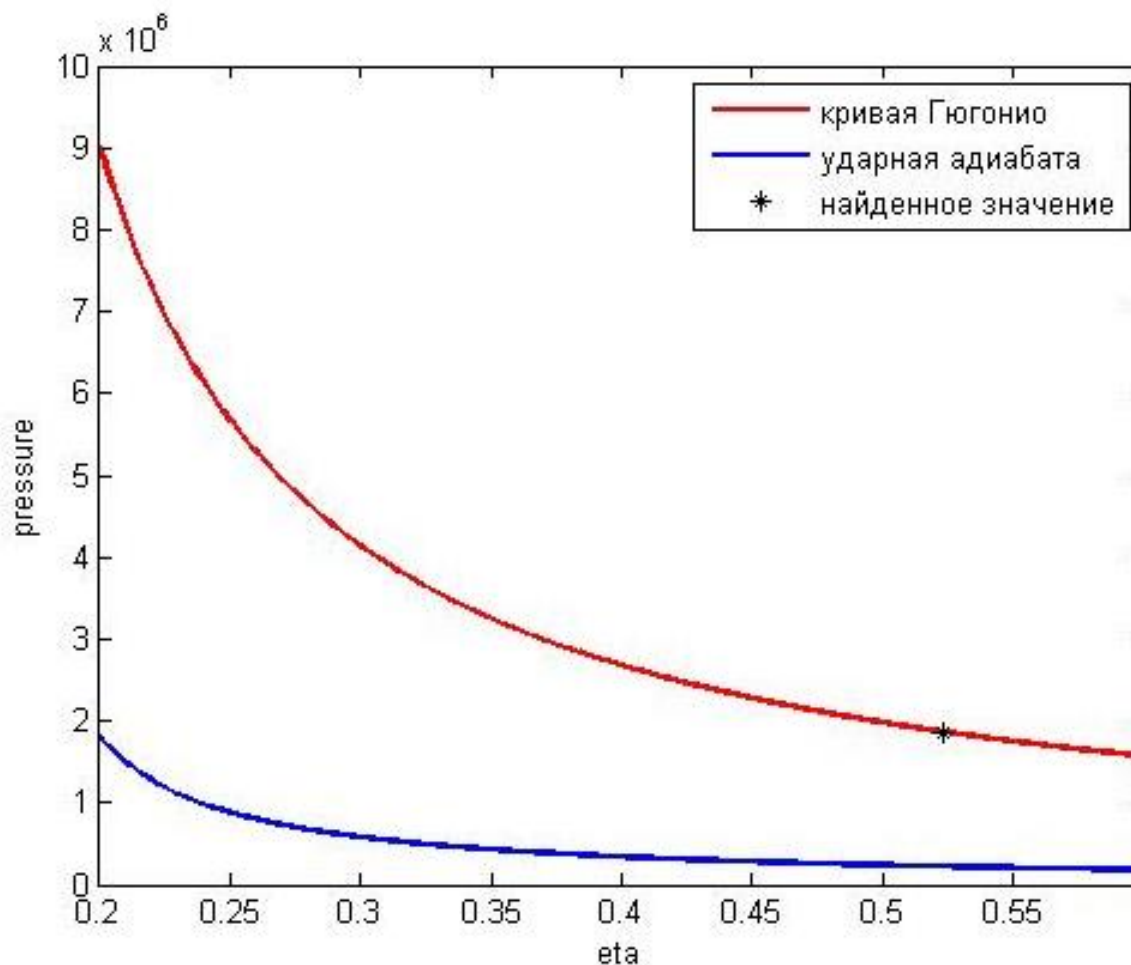
$\Delta = |f(\vec{u}_i)| = \sqrt{\sum_i^3 f(\vec{u}_i)}$ . Критерий остановки: норма невязки меньше  $10^{-5}$ . Представлен график убывания невязки.



4. Найденные значения:

$$\left\{ \begin{array}{l} p = 18.49 \text{ атм} \\ \rho = 1.91 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \\ T = 3220.68 \text{ К} \\ \nu = 820.46 \frac{\text{м}}{\text{с}} \\ D = 1937.88 \frac{\text{м}}{\text{с}} \\ \gamma = 1.29 \end{array} \right.$$

5.



6. Дополнительное задание (расчет параметров волны дефлаграции).

В качестве начального приближения использовал следующие параметры (их подбирал наугад, но заведомо знал, что давление должно быть меньше  $p_0$  и плотность должна быть меньше  $\rho_0$ ):

$$\left\{ \begin{array}{l} p = 0.5 \text{ атм} \\ \rho = 0.05 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \\ T = 5000 \text{ К} \end{array} \right.$$

7. Для решения системы нелинейных алгебраических уравнений  $f(\vec{u}) = 0$  (первые 3 уравнения системы (1) из задания) был использован метод Ньютона с использованием матрицы Якоби:  $\vec{u}_{i+1} = \vec{u}_i - J^{-1}(\vec{u}_i) \cdot f(\vec{u}_i)$ . Метод простой итерации не сходил, поэтому было решено использовать другой метод. Количество итераций до сходимости: 45.

Невязка бралась по третьей норме:  $\Delta = |f(\vec{u}_i)| = \sqrt{\sum_i^3 f(\vec{u}_i)}$ . Критерий остановки: норма

невязки меньше  $10^{-5}$ . Полученные результаты представлены ниже.

$$\left\{ \begin{array}{l} p = 0.4519 \text{ атм} \\ \rho = 0.0732 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \\ T = 2051.39 \text{ К} \\ v = -836.07 \frac{\text{м}}{\text{с}} \\ D = 59.60 \frac{\text{м}}{\text{с}} \\ \gamma = 1.2995 \end{array} \right.$$