

Учет кинетических эффектов в
приближении лучистой
теплопроводности для расчета
задач переноса излучения

Д. А. Кошутин, А.А. Шестаков

1. М.Ю. Козманов, Д.А. Кошутин, А.А. Шестаков. Изложена основная идея в отчете РФЯЦ-ВНИИТФ, 2016.
2. М.Ю. Козманов, Д.А. Кошутин, И.С. Чубарешко, А.А. Шестаков. Использование метода квазитеплопроводности для решения уравнения переноса теплового излучения. Доклад на математической конференции в Снежинске, май 2017.
3. Д.А. Кошутин, А.А. Шестаков. Использование метода квазитеплопроводности для решения уравнения переноса теплового излучения. Доклад на математической конференции в Сарове, май 2019.
4. Н.Г. Карлыханов. Учет спектральных и кинетических эффектов в приближении лучистой теплопроводности для расчета задач переноса излучения. ВАНТ, 2019, в.4, с.21-32.
5. Н.Г. Карлыханов, А.Д. Хмельницкая. Квазиспектральный метод решения кинетического уравнения переноса излучения в двумерной осесимметричной постановке. ВАНТ, 2022, в.3, с.37-47.

Кинетическое уравнение переноса:

$$r \frac{\rho}{c} \frac{d}{dt} \left(\frac{I_g}{\rho} \right) + \frac{\partial}{\partial r} (\xi r I_g) + \frac{\partial}{\partial z} (\mu r I_g) - \frac{\partial}{\partial \psi} (\eta I_g) + r \alpha_g I_g = \frac{r}{4\pi} (\alpha_{cg} B_g + \alpha_s U_g).$$

Система уравнений энергии:

$$\frac{\rho}{c} \frac{d}{dt} \left(\frac{\varepsilon}{\rho} \right) + \frac{1}{r} \frac{\partial (r \Phi_r)}{\partial r} + \frac{\partial \Phi_z}{\partial z} = 0,$$

$$\vec{\Phi} = -\frac{m}{3\chi} \nabla T,$$

$$\varepsilon = E + q \frac{\sigma T^4}{\rho},$$

$$q = \frac{U}{c\sigma T^4}.$$

На кинетическом этапе используется **схема TVDR.***

На теплопроводном этапе используется **схема Ромб.****

При решении двумерной системы применяется **итерационный метод расщепления ИМСП.*****

Для решения уравнения энергии применяется **метод Ньютона.**

* - Гаджиев А.Д., Кошутин Д.А., Шестаков А.А. Метод дискретных ординат с TVD - реконструкцией и синтетический метод ускорения итераций для численного решения уравнения переноса теплового излучения. ВАНТ, 2013, в.3, с.3-15.

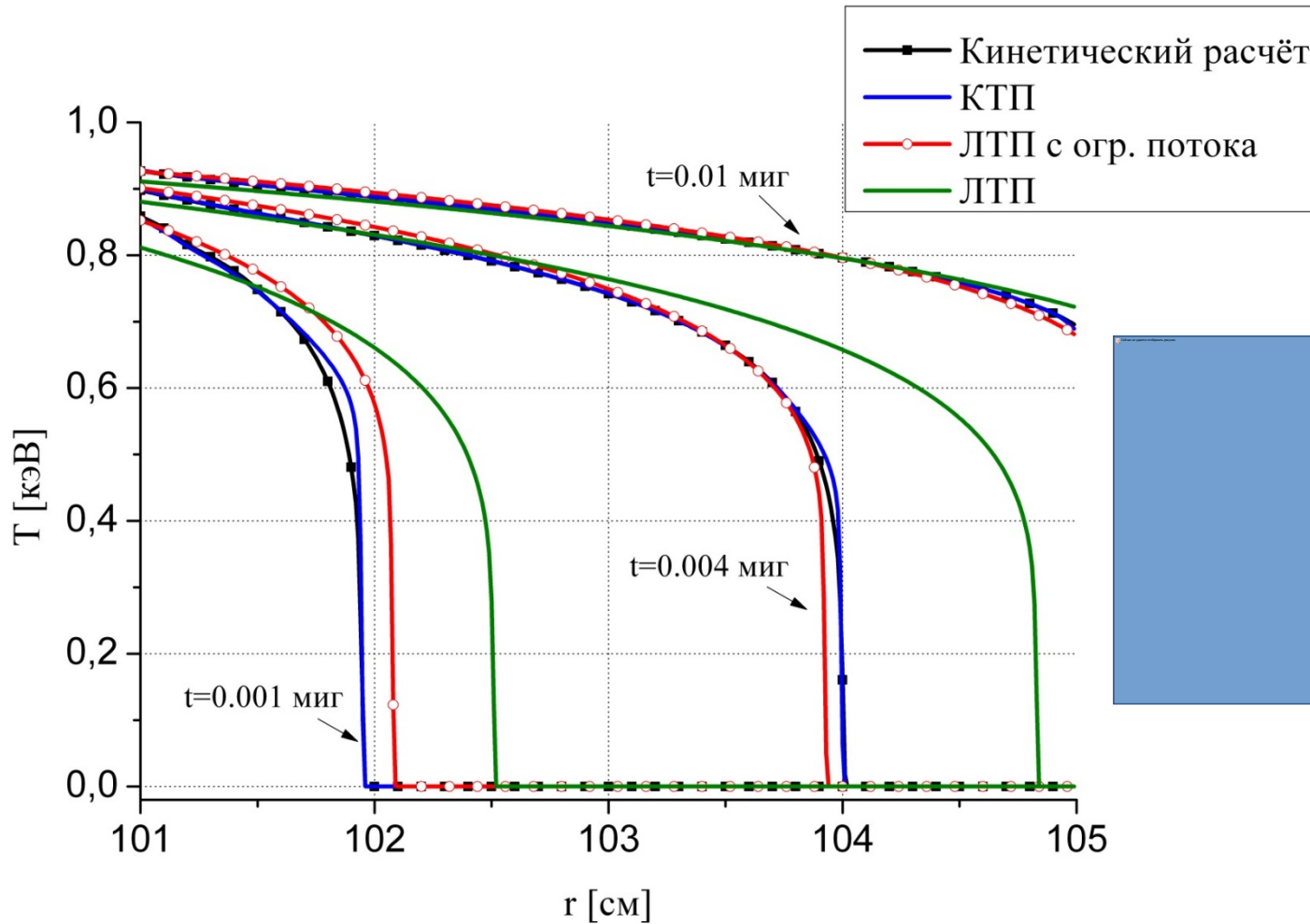
** - Гаджиев А.Д., Писарев В.Н. Неявный конечно-разностный метод «Ромб» для численного решения уравнений газодинамики с теплопроводностью. ЖМФ и МФ, 1979, т.19, №5, с.1288-1303.

*** - Гаджиев А.Д., Писарев В.Н., Шестаков А.А. Метод расчета двумерных задач теплопроводности на неортогональных сетках. ЖВМ и МФ, т.22, №2, 1982.

Численные расчёты. Задача №1

Задача построена на основе первой задачи Флека*. Рассматривается сферический слой $101\text{см} < r < 105\text{см}$. На внутреннем радиусе задан односторонний входящий поток, определяемый по температуре $T=1\text{кэВ}$. На внешнем радиусе – условие свободной поверхности.

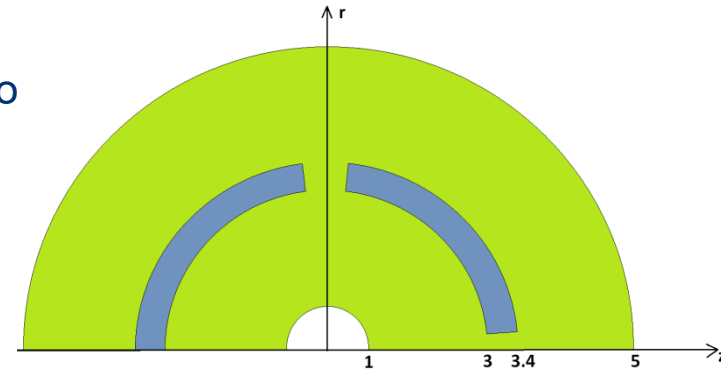
*Fleck J.A., Cummings J.D. J. of Comput. Phys. 1971, v.8, p.313-342.



Численные расчёты. Задача №2

Задача №2

В области $1 \leq R \leq 5$ см моделируется прохождение серого излучения через оптически прозрачные области в плотном слое $3 \leq R \leq 3,4$ см: вертикальную щель и горизонтальное отверстие в сферическом слое.



На внутреннем радиусе задан односторонний входящий поток, определяемый по $T=1$ кэВ, на внешнем радиусе – условие свободной поверхности. На остальных границах заданы условия отражения.

$$\alpha_c = \frac{0.0050886}{T^3} K, \quad K = 27$$
$$K = 10000$$

$$72 \times 268, \quad ES_{16}, \quad t_{end} = 0.1, \quad \varepsilon = 10^{-5}, \quad \tau = 10^{-5}.$$

Расчёты в приближении ЛТП проводились с ограничением теплового потока предельным значением:

$$\Phi_{пред} = 2055T^4. \quad \Gamma_{У\ ЛТП} : T_{r=r_i} = 1 \text{ кэВ},$$

Численные расчёты. Задача №2

