

СКИН-СЛОЙ В СТОЛКНОВИТЕЛЬНОМ ИОНИЗОВАННОМ ГАЗЕ

Шевяков И.А.

(Челябинск, Челябинский радиозавод «Полёт», regnlager@mail.ru)

SKIN - LAYER IN COLLISIONAL IONIZED GAS.

Shevyakov I.A.

Для плазменного состояния [1, 2], когда $\omega_p > \nu_e$, где ω_p - плазменная частота и ν_e - электронная частота столкновений, рассмотрим скин-слоя δ :

$$\delta = \frac{1}{\alpha} = \frac{\lambda}{2\pi \sqrt{\omega_p^2 / \omega^2 - 1}}, \quad (1)$$

где λ - длина волны в вакууме, α - постоянная затухания. Для ионизированного газа: $\nu_e > \omega_p$

$$\delta = \frac{1}{\alpha} = \frac{\lambda \sqrt{\omega \nu_e}}{2\pi \omega_p}. \quad (2) \text{ Раз-}$$

мер скин-слоя обратно пропорционален α . Воспользуемся выражение α из [1]:

$$\alpha \frac{c}{\omega} = \left(\frac{1}{2} \left[\left(1 - \frac{\omega_p^2}{\nu_e^2 + \omega^2} \right)^2 + \frac{\nu_e^2}{\omega^2} \left(\frac{\omega_p^2}{\nu_e^2 + \omega^2} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} - \frac{1}{2} \left(1 - \frac{\omega_p^2}{\nu_e^2 + \omega^2} \right) \right)^{\frac{1}{2}}. \quad (3)$$

Для случая плазменного состояния Замена переменных будет выглядеть следующим образом: $x = \omega_p^2 / \omega^2$; $\eta = \nu_e^2 / \omega^2$. Для построения графиков (рис. 1) используется зависимость:

$$\delta \frac{\omega}{c} = \left(\frac{1}{2} \left[\left(1 - \frac{x}{\eta + 1} \right)^2 + \eta \left(\frac{x}{\eta + 1} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} - \frac{1}{2} \left(1 - \frac{x}{\eta + 1} \right) \right)^{-\frac{1}{2}}. \quad (4)$$

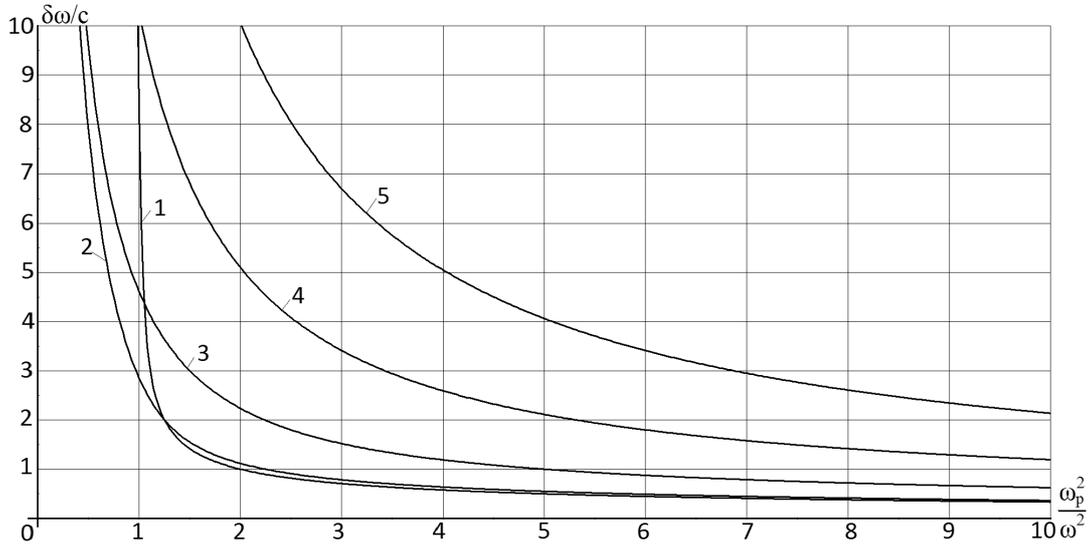


Рис.1. Зависимости $\delta \frac{\omega}{c}$ от $\frac{\omega_p^2}{\omega^2}$ при ν_e/ω : 1 - 0,03; 2 - 0,5; 3 - 2; 4 - 5; 5 - 10.

При увеличении плазменной частоты ω_p значение $\delta\omega/c$ уменьшается и стремится к нулю.

Для ионизированного газа в уравнении (3) вводятся переменные $x = \nu_e^2 / \omega^2$ и $\eta = \omega_p^2 / \omega^2$:

$$\delta \frac{\omega}{c} = \left(\frac{1}{2} \left[\left(1 - \frac{\eta}{x + 1} \right)^2 + x \left(\frac{\eta}{x + 1} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} - \frac{1}{2} \left(1 - \frac{\eta}{x + 1} \right) \right)^{-\frac{1}{2}}. \quad (5)$$

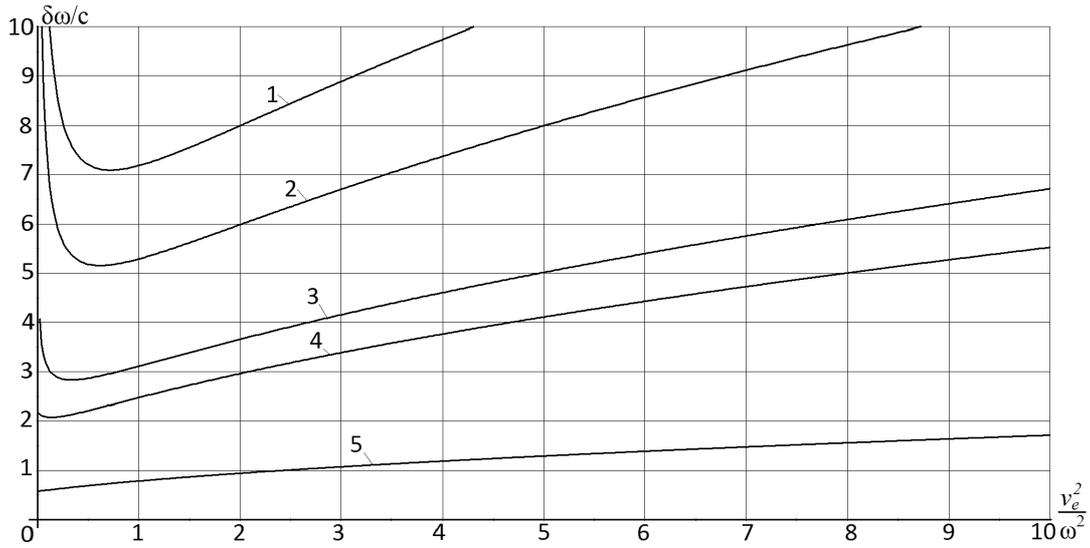


Рис.2. Зависимости $\delta \frac{\omega}{c}$ от $\frac{v_e^2}{\omega^2}$ при ω_p/ω : 1- 0,7; 2 - 0,8; 3 - 1; 4 - 1,1; 5 - 2.

Полученные графики (рис. 2) показывают, что при увеличении частоты столкновения электронов v_e толщина скин - слоя δ будет возрастать. Но при небольших значениях v_e происходит некоторое начальное уменьшение δ .

Для получения зависимости изменения протяженности скин - слоя при различных значениях $\frac{\omega_p^2}{v_e^2}$ (рис.3), в уравнение (3) вводятся переменные $\gamma = \frac{\omega_p^2}{v_e^2}$; $x = \frac{\omega^2}{v_e^2}$.

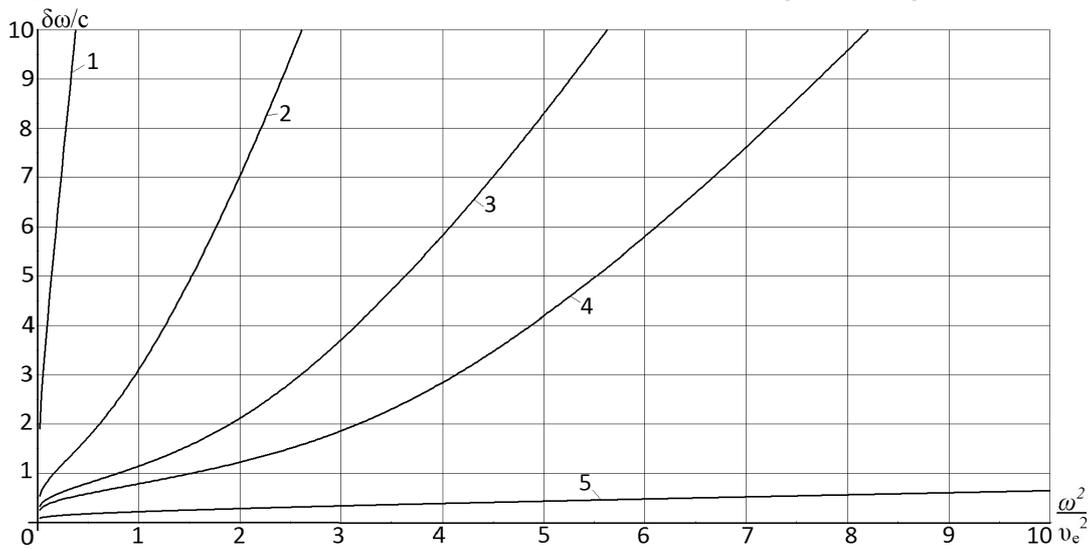


Рис.3. Зависимости $\delta \frac{\omega}{c}$ от $\frac{\omega^2}{v_e^2}$ при ω_p/v_e : 1 - 0,4; 2 - 1; 3 - 1,58; 4 - 2; 5 - 6.

Как можно видеть из рисунка, при плазменном состоянии вещества, когда $\omega_p^2 > v_e^2$, толщина скин - слоя δ мало изменяется, а при $\omega_p^2 < v_e^2$ δ очень быстро возрастает.

Литература

1. Голант В.Е. СВЧ методы исследования плазмы. – М.: Наука, 1968, – 328 с.
2. Кучуркин А.А. Влияние плазменной оболочки, образующейся при торможении КА, на радиосвязь// Труды IX международной конференции «Физика и технические приложения волновых процессов». – Миасс – Челябинск: ЧелГУ. 2010 г. С. 177 – 178.