

## 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  $\omega_p$  - плазменная частота и  $\nu_e$  - электронная частота столкновений, рассмотрим скин-слоя  $\delta$ :

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

где  $\lambda$  - длина волны в вакууме,  $\alpha$  - 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  $\alpha$ . Воспользуемся выражение  $\alpha$  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:

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

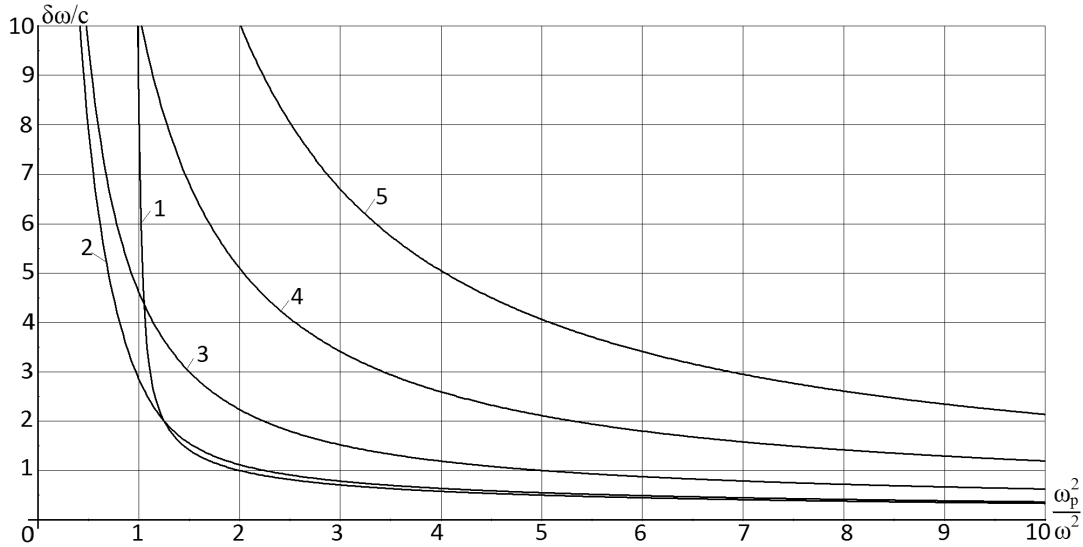


Рис.1. Зависимости  $\delta \frac{\omega}{c}$  от  $\frac{\omega_p^2}{\omega^2}$  при  $\nu_e/\omega$ : 1 - 0,03; 2 - 0,5; 3 - 2; 4 - 5; 5 - 10.

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

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

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

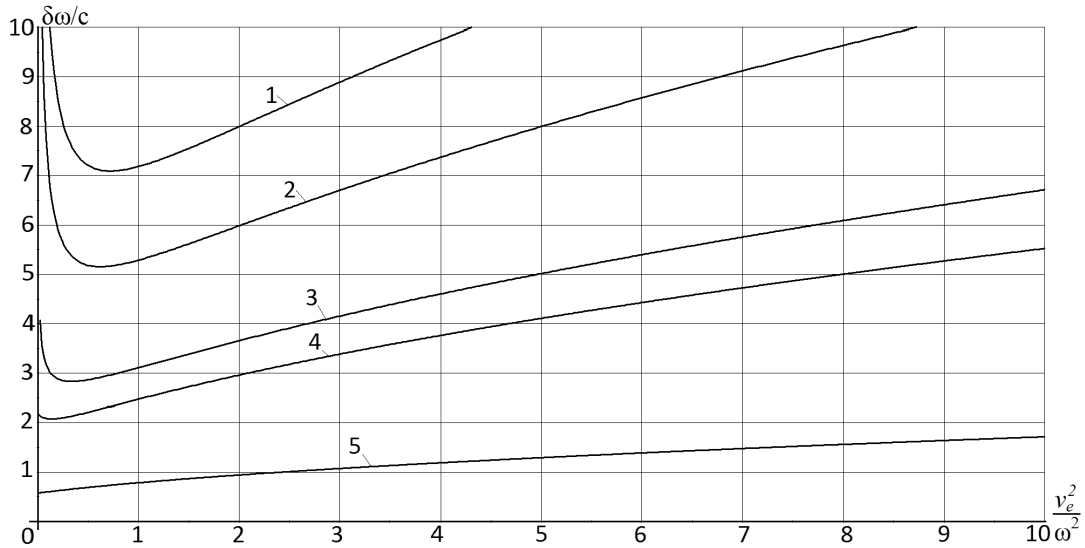


Рис.2. Зависимости  $\delta \frac{\omega}{c}$  от  $\frac{v_e^2}{\omega^2}$  при  $\omega_p/\omega$ : 1- 0,7; 2 - 0,8; 3 - 1; 4 - 1,1; 5 - 2.

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

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

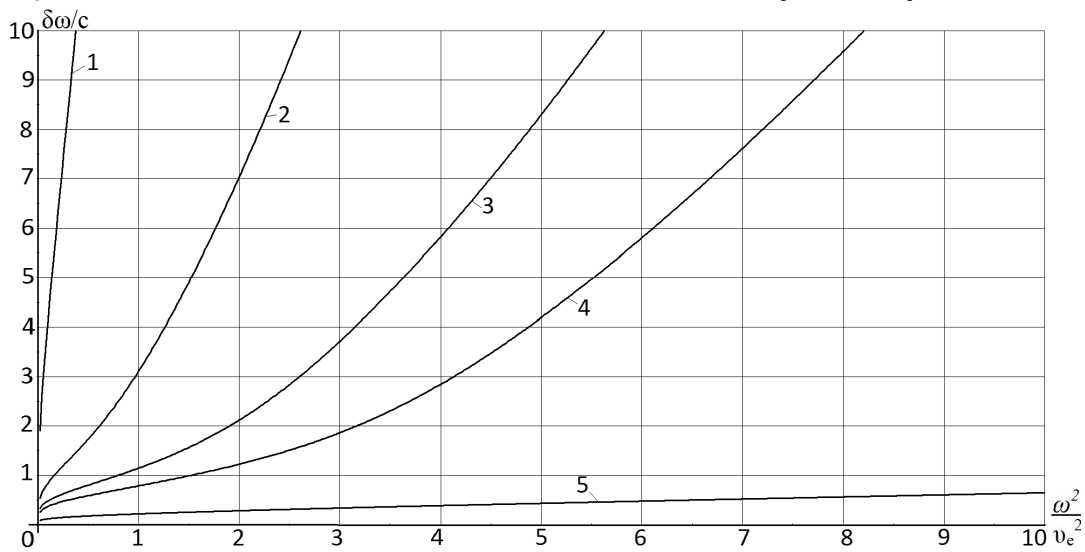


Рис.3. Зависимости  $\delta \frac{\omega}{c}$  от  $\frac{\omega^2}{v_e^2}$  при  $\omega_p/v_e$ : 1 - 0,4; 2 - 1; 3 - 1,58; 4 - 2; 5 - 6.

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