

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«ОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**Кафедра «Комплексная защита информации»**

**ОТЧЕТ**

По дисциплине «Электродинамика и распространение радиоволн»

Практическая работа №1

Выполнили  
студенты гр. БИТ-181:  
Белый В.Е.,  
Шабанов В.С.

Проверил:  
доц., канд. физ-мат.н.  
Михеев В.В.

Омск, 2020

**Задание 1.** Плоская гармоническая ЭМВ с частотой  $f$ , поляризованная в направлении оси  $x$  распространяется вдоль оси  $z$  в среде с параметрами  $\varepsilon, \mu = 1, \sigma$ . Амплитуда вектора  $E$  в начале координат равна  $E_m$ . Найти  $\tan \delta$ , коэффициент затухания и фазы  $\lambda_v, \nu_\phi, \nu_{gr}$ , волновое сопротивление среды, глубину проникновения ЭМВ в вещество. Определить амплитуду плотности тока проводимости и смещения, а также плотность потока мощности волны в начале координат и на расстоянии  $z$  от начала координат. Рассчитать, на каком расстоянии от начала координат амплитуда поля уменьшится в  $m$  раз.

Вариант	$f$ , ГГц	$\varepsilon$	$\sigma$ , См/м	$E_m$ , В/м	$z$ , м	$m$
45	0,01	60,0	$9 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-2}$	27,0	70

Таблица 1: Исходные данные.

$\varepsilon_0$ , Ф/м	$c$ , м/с	$Z_0$ , Ом
$\frac{10^{-9}}{36\pi}$	$3 \cdot 10^8$	$120\pi$

Таблица 2: Постоянные величины.

### Решение:

Найдем тангенс потерь, для того чтобы определить классификацию среды.

$$tg\delta = \frac{\sigma}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot f \cdot \varepsilon_0};$$

$$tg\delta = 0,27;$$

Поскольку, значение  $tg\delta$  находится в интервале от 0,1 до 10, можно предположить что среда полупроводящая. Коэффициенты затухания и фазы полупроводящей среды определяются по следующему формулам:

$$\omega = 2\pi \cdot f = 2\pi \cdot 10^7 = 6,283 \cdot 10^7;$$

$$\alpha = \omega \sqrt{\frac{\varepsilon_\alpha \cdot \mu_\alpha}{2} \left( \sqrt{1 + tg^2\delta} - 1 \right)} = 0,193 \text{ 1/м};$$

$$\beta = \omega \sqrt{\frac{\varepsilon_\alpha \cdot \mu_\alpha}{2} \left( \sqrt{1 + tg^2\delta} + 1 \right)} = 1,634 \text{ 1/м};$$

Находим характеристики ЭМВ:

- длину волны:

$$\lambda = \frac{2\pi}{\beta} = 3,845 \text{ м};$$

- фазовую скорость, групповую скорость:

$$v_{\phi} = \omega\beta = 3,845 \cdot 10^7 \text{ м/с}, \quad v_{\text{гр}} = \text{ м/с};$$

- волновое сопротивление диэлектрика:

$$Z_{\text{в}} = Z_0 \sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon \left( \sqrt{1 + \text{tg}^2 \delta} \right)}} = 47,70720 - 5,29937i \text{ Ом};$$

- глубину проникновения:

$$\Delta^{\circ} = \frac{1}{\alpha} = 5,181 \text{ м};$$

Рассчитаем амплитуду плотности тока проводимости и смещения:

$$j_{\text{пр}} = \sigma E_m = 18 \cdot 10^{-5} \text{ А/м}^2,$$

$$j_{\text{см}} = \frac{j_{\text{пр}}}{\text{tg} \delta} = 6,667 \cdot 10^{-4} \text{ А/м}^2;$$

Рассчитаем плотность потока мощности ЭМВ:

$$\Pi_0 = \frac{E_m^2}{2 \cdot Z_{\text{в}}} = 2,055 \cdot 10^{-4} \text{ Вт/м}^2,$$

$$\Pi(z) = \Pi_0 \cdot e^{-2 \cdot \alpha z} = 6,116 \cdot 10^{-9};$$

Рассчитаем на каком расстоянии от начала координат амплитуда поля уменьшается в 70 раз:

$$A = e^{\alpha z} \rightarrow m = e^{\alpha z} \rightarrow z = \frac{\ln m}{\alpha} = 22,013 \text{ м};$$