

Планарные диэлектрические волноводы

Выполнила: студентка группы ФРМ-702-О-07:

Жандецкая Наталья Владимировна

Научный руководитель: к.ф.-м.н., доцент

Болецкая Татьяна Константиновна

Цели и задачи

Цель курсовой работы: изучить лучевое и волновое описание планарных диэлектрических волноводов.

Для достижения этой цели нужно решить следующие задачи:

- Изучить литературу, посвященную этой теме.
- Написать в среде Matlab программы для расчета постоянных распространения и распределений электрических полей направляемых мод трехслойного симметричного планарного волновода.
- Рассчитать постоянные распространения, распределения электрических полей направляемых мод трехслойного симметричного планарного волновода. Исследовать, как распределения полей зависят от близости частоты моды к частоте отсечки.
- Рассчитать эффективную ширину волноводной пленки для основной H -моды при различных значениях параметра асимметрии волновода.

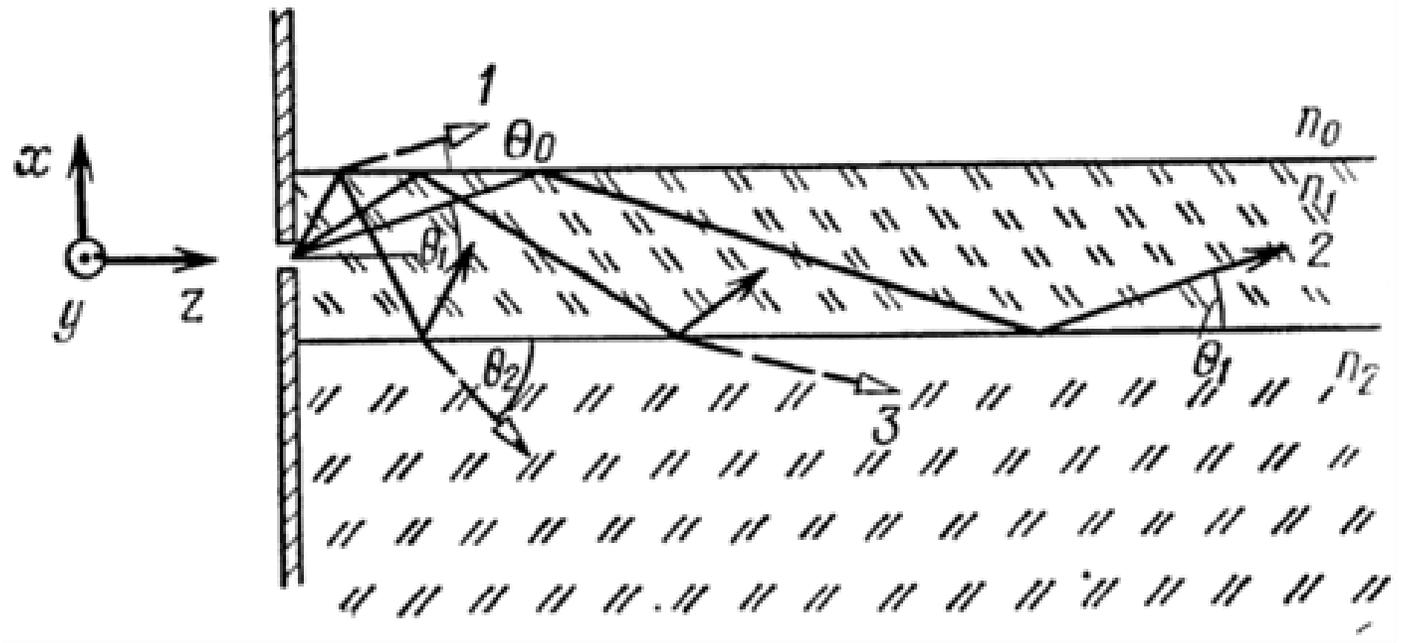


Рис. 1. Лучи, соответствующие направляемым модам и модам излучения в пленочном волноводе $n_0 < n_1$ и $n_2 < n_1$

Волновое описание планарных диэлектрических волноводов

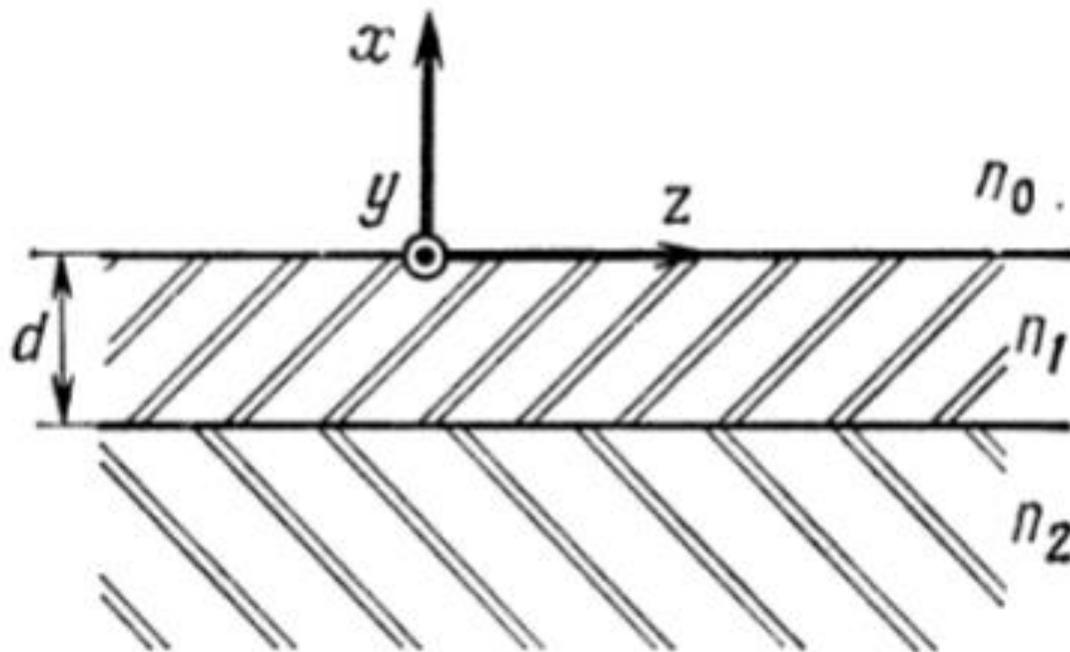


Рис.2. Волноводная пленка с системой координат.

$$\frac{\partial^2 E_y}{\partial x^2} + (n_i^2 k^2 - \beta^2) E_y = 0 \quad i = 0,1,2. \quad (1)$$

$$E_y = A_i \cos k_{ix} x + B_i \sin k_{ix} x \quad (2)$$

$$k_{ix} = (n_i^2 k^2 - \beta^2)^{1/2} \quad (3)$$

$$E_y = A \exp(-\alpha_0 x) \quad (4) \quad \text{где } \alpha_0 = \sqrt{\beta^2 - k^2 n_0^2}$$

$$E_y = A \cos k_{1x} x + B_1 \sin k_{1x} x \quad (5)$$

$$E_y = (A \cos u - B_1 \sin u) \exp[\alpha_2 (x + d)] \quad (6)$$

$$\text{где } \alpha_2 = \sqrt{\beta^2 - k^2 n_2^2}$$

$$u = k_{1x} d = d \sqrt{k^2 n_1^2 - \beta^2} \quad - \text{ параметр поперечной фазы.}$$

$$H_z = \frac{j}{\omega\mu_0} \frac{\partial E_y}{\partial x} \quad (7)$$

$$\operatorname{tgu} = \frac{u(v+w)}{u^2 - vw} \quad (8)$$

$$V = \sqrt{u^2 + v^2} = kd \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \text{ - нормированная частота}$$

$$b = \frac{v^2}{V^2} = \frac{\beta^2/k^2 - n_2^2}{n_1^2 - n_2^2} \text{ - нормированная постоянная распространения}$$

$$V = \frac{1}{\sqrt{1-b}} \left[\operatorname{arctg} \left(\frac{(\sqrt{b} + \sqrt{b+a_H})\sqrt{1-b}}{1-b - \sqrt{b(b+a_H)}} \right) + \pi N \right], \quad N = 0, 1, 2, \dots \quad (9)$$

$a_H = (n_2^2 - n_0^2) / (n_1^2 - n_2^2)$ – параметр асимметрии для Н-мод.

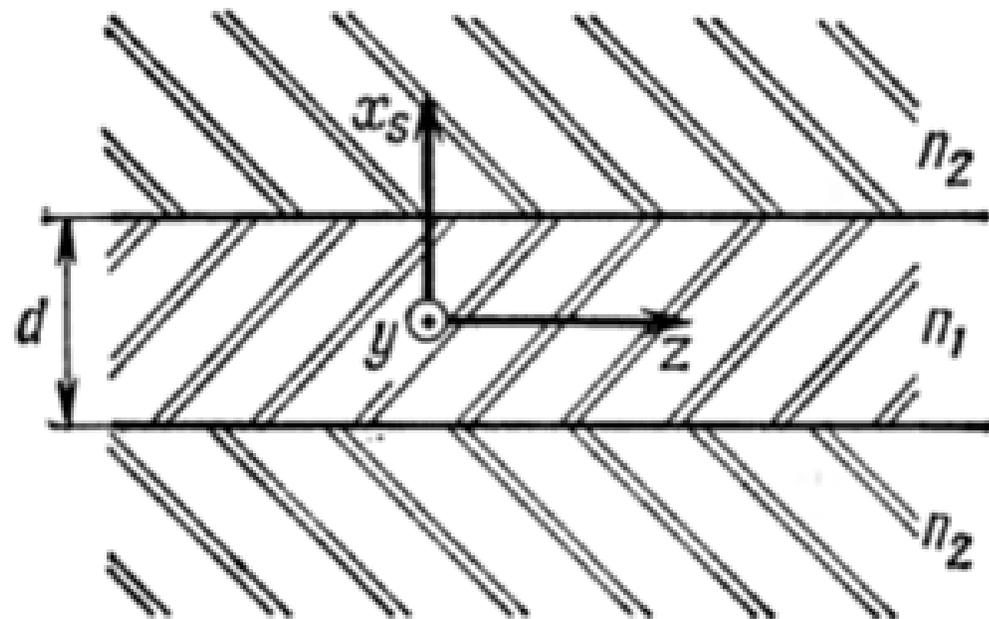


Рис. 3. Симметричный диэлектрический слой с системой координат.

$$V = \frac{1}{\sqrt{1-b}} \operatorname{arctg} \left(\frac{2\sqrt{b(1-b)}}{1-2b} \right) + \pi N, \quad N = 0, 1, 2, \dots \quad (10)$$

$$E_y = \begin{cases} A_e \exp(-v(x - d/2)/d) \cos(u/2) & \text{для } x \geq d/2, \\ A_e \cos(ux/d) & \text{для } -d/2 \leq x \leq d/2, \\ A_e \exp(v(x + d/2)/d) \cos(u/2) & \text{для } x \leq -d/2. \end{cases} \quad (11)$$

$$E_y = \begin{cases} A_o \sin(u/2) \exp[-v(x - d/2)/d] & \text{для } x \geq d/2, \\ A_o \sin(ux/d) & \text{для } -d/2 \leq x \leq d/2, \\ -A_o \sin(u/2) \exp[v(x + d/2)/d] & \text{для } x \leq -d/2. \end{cases} \quad (12)$$

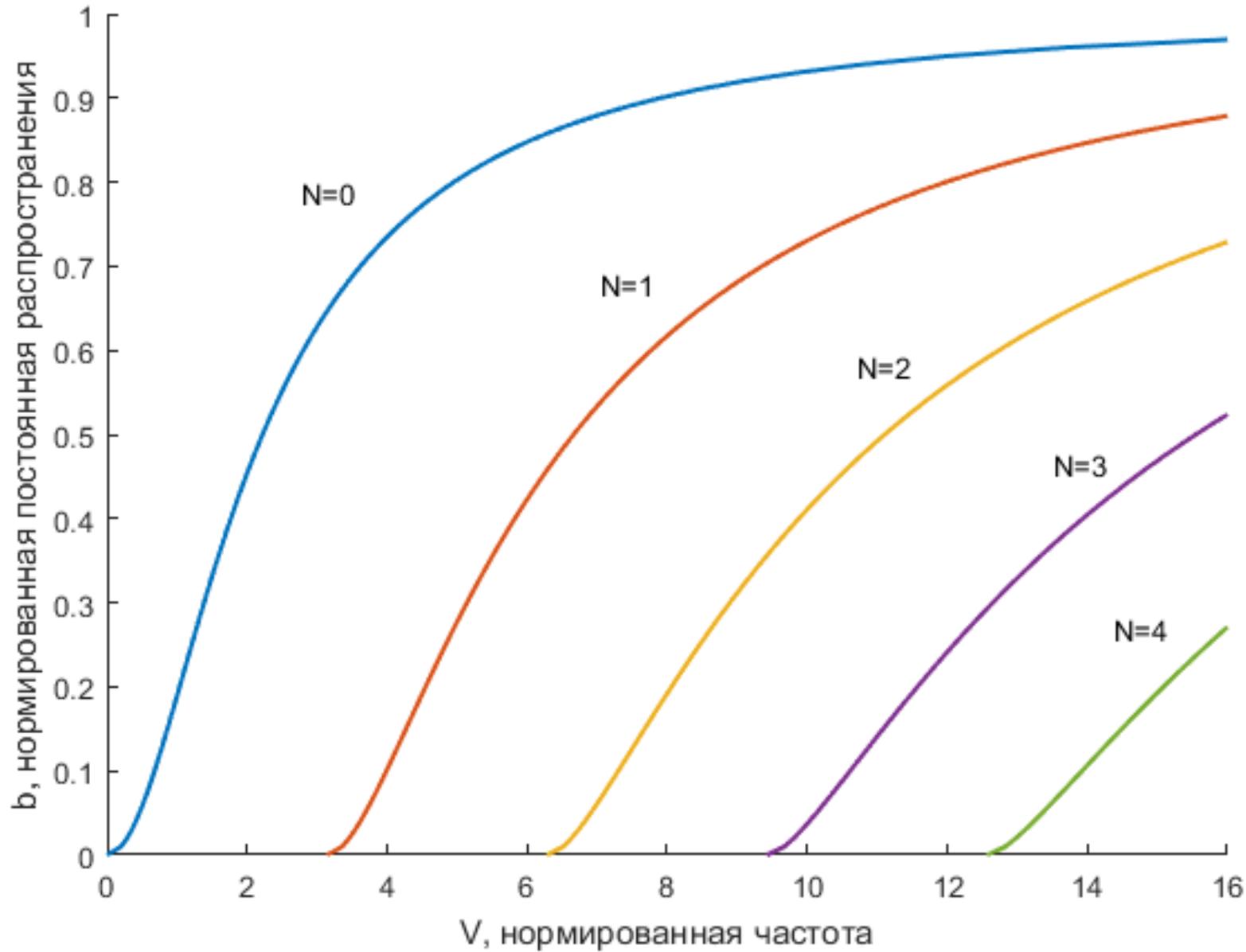


Рис. 4. Зависимости нормированных постоянных распространения от нормированной частоты для направляемых мод планарного симметричного волновода

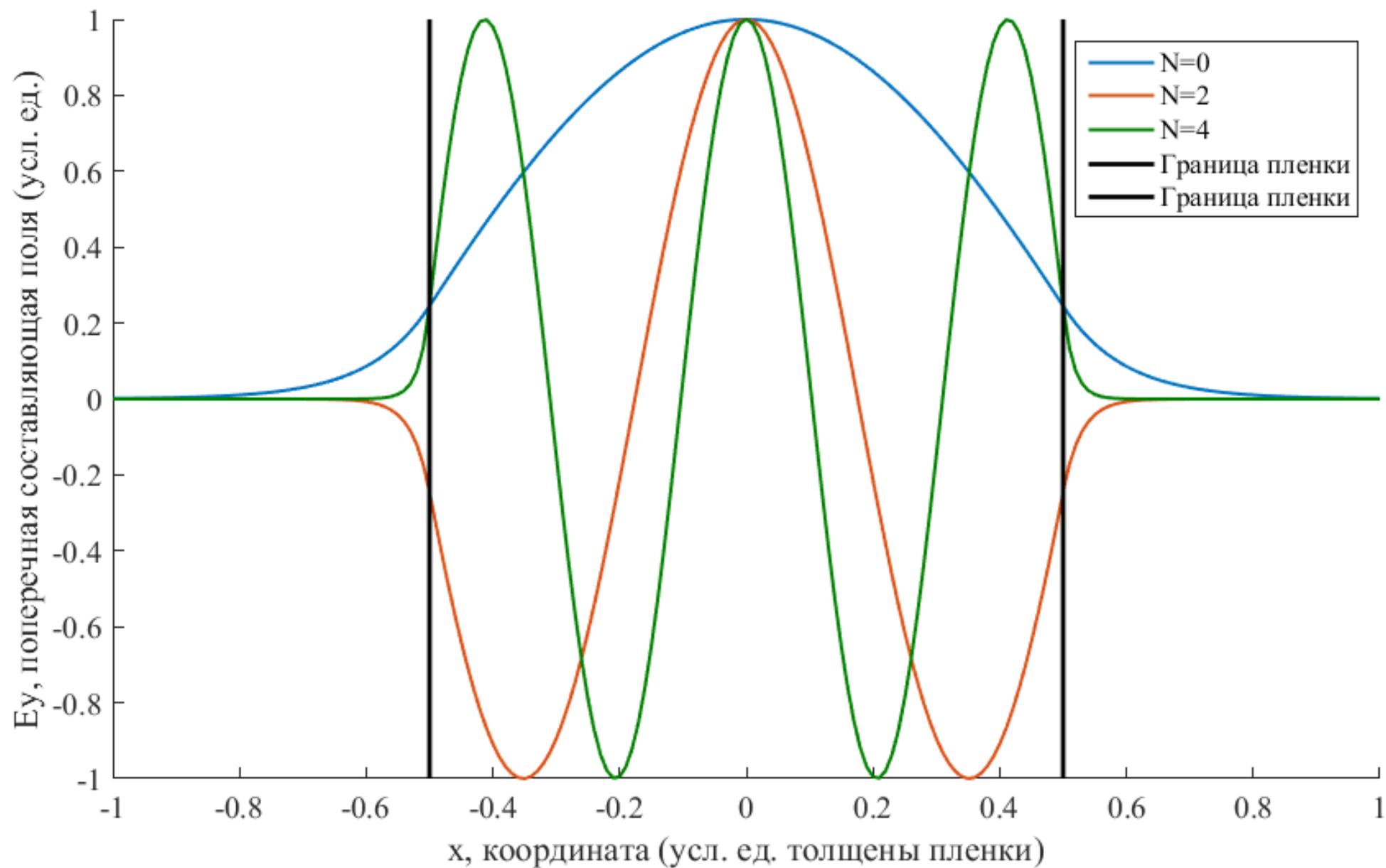


Рис.5.
 Зависимости поперечной составляющей напряженности электрического поля E_y от координаты x для четных H -мод при $b=0.94$

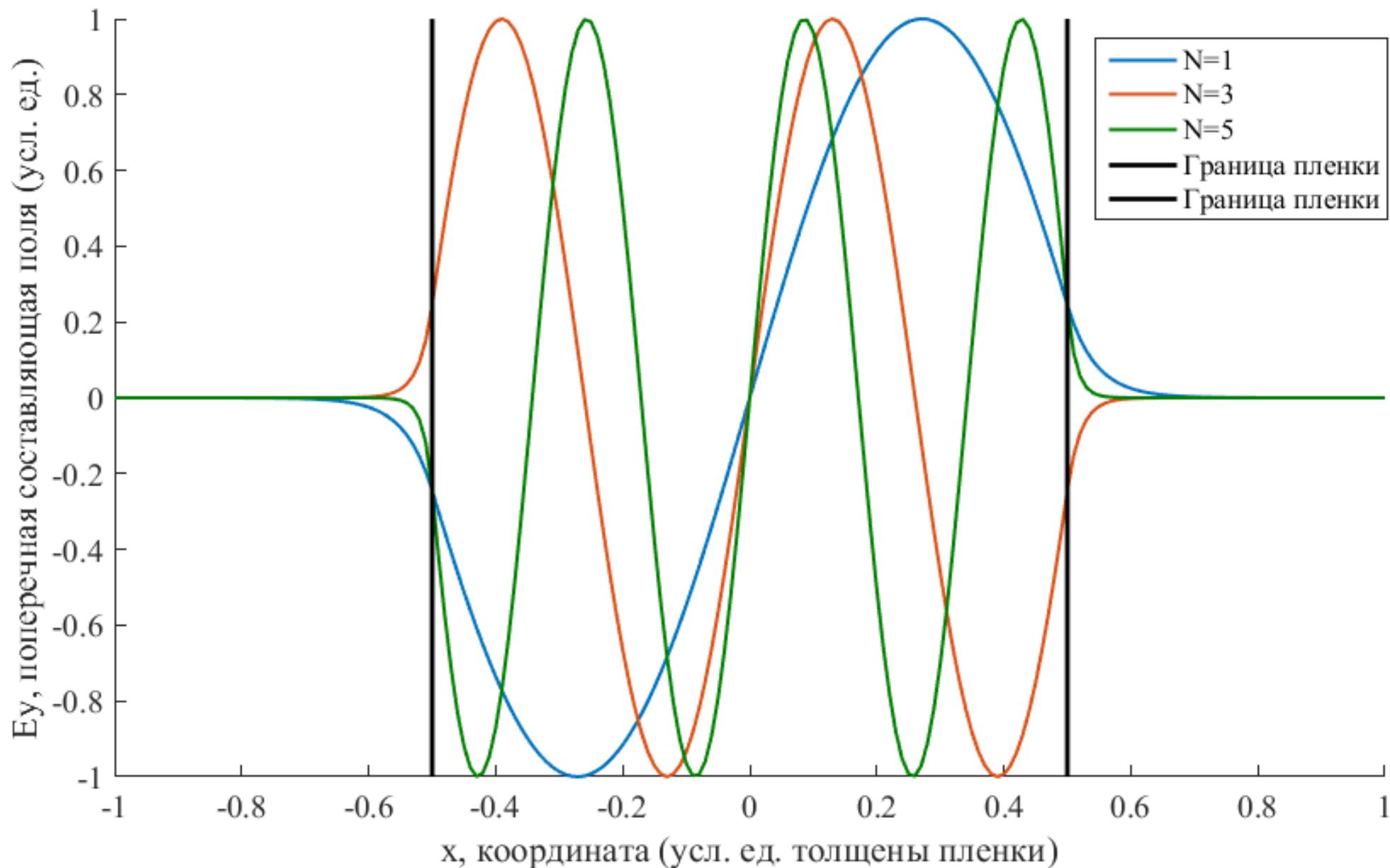


Рис.6.
 Зависимости поперечной составляющей напряженности электрического поля E_y от координаты x для нечетных N -мод при $b=0.94$

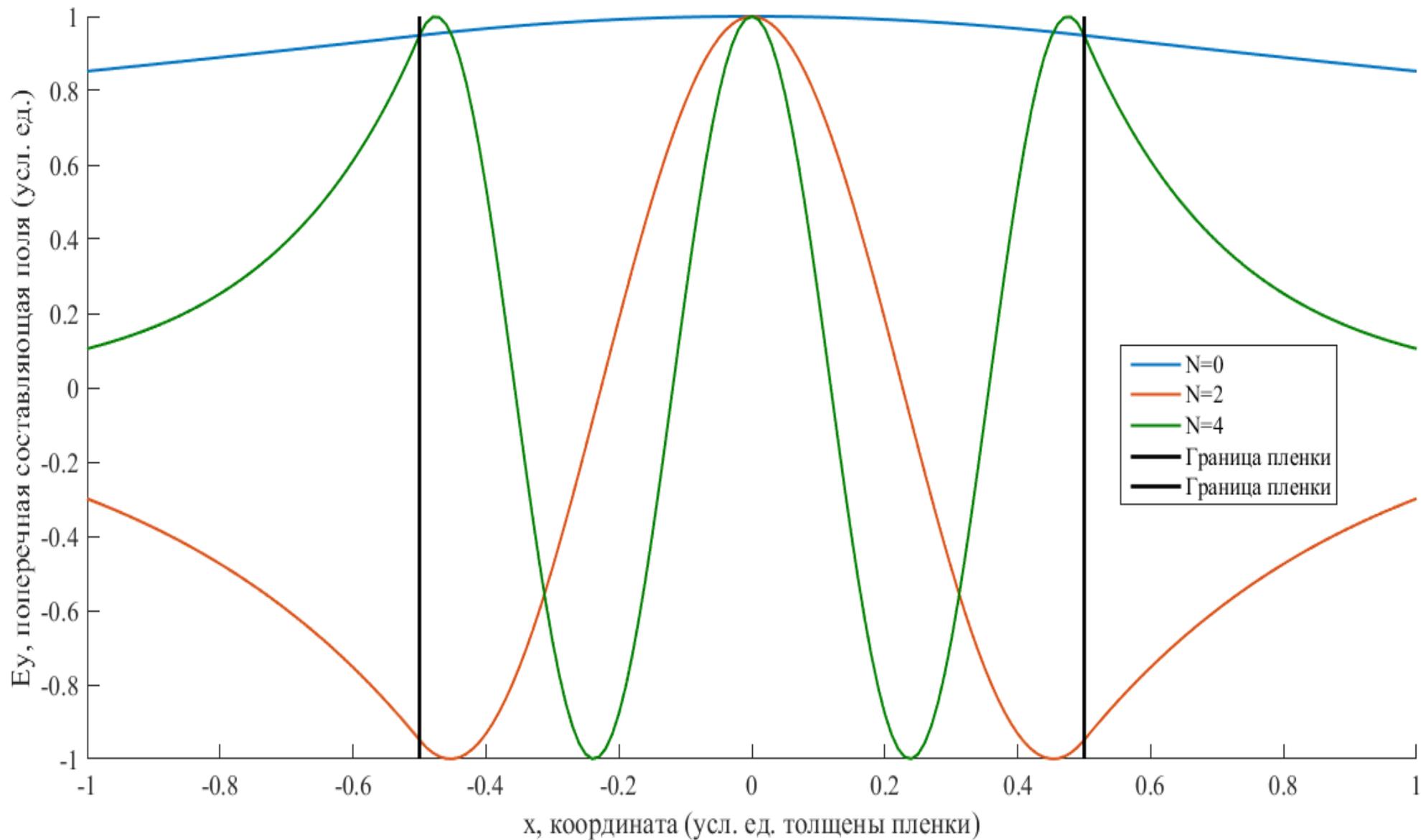


Рис.7.
 Зависимости поперечной составляющей напряженности электрического поля E_y от координаты x для четных H -мод при $b=0.10$

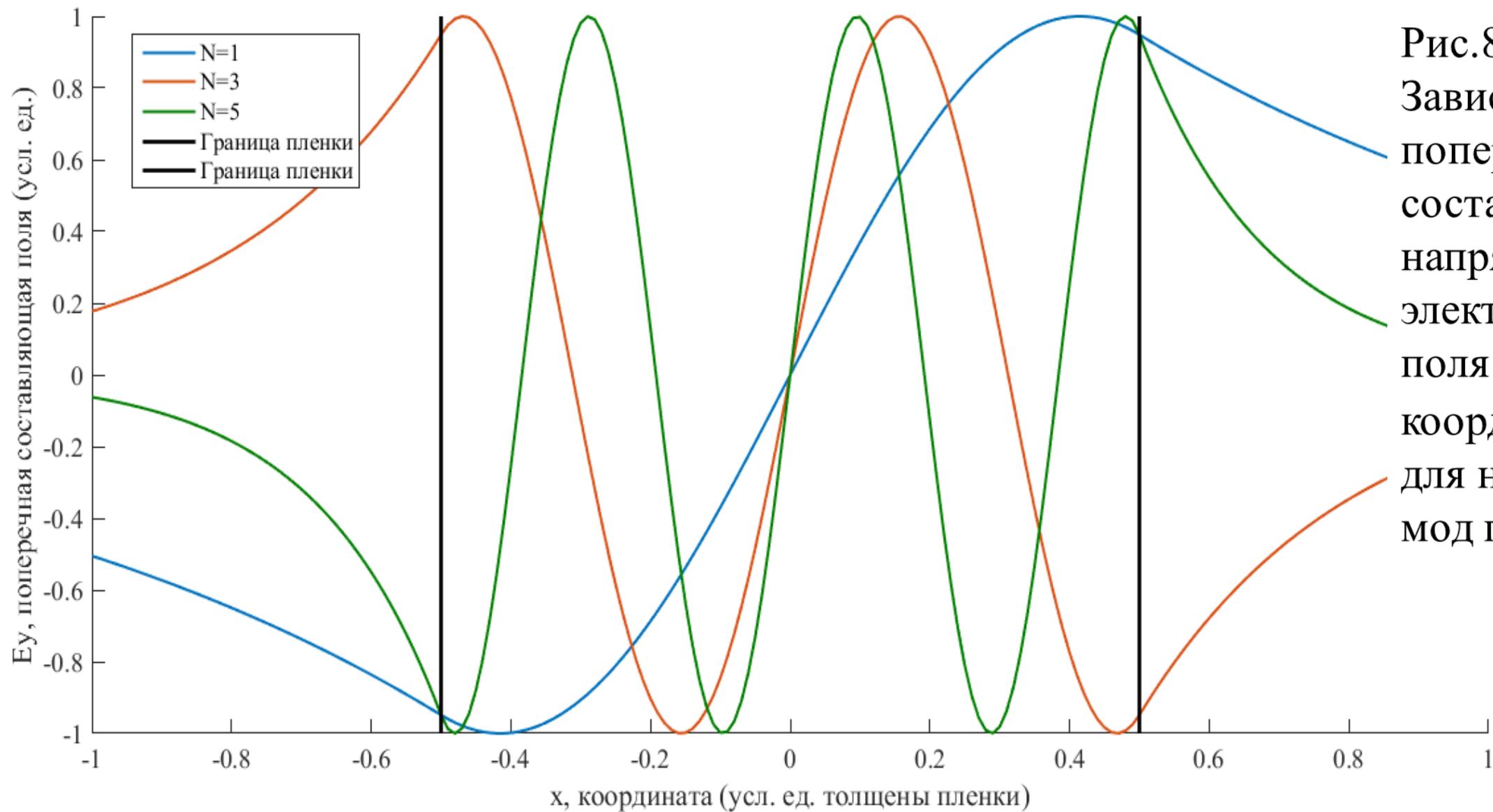


Рис.8.
 Зависимости
 поперечной
 составляющей
 напряженности
 электрического
 поля E_y от
 координаты x
 для нечетных N -
 мод при $b=0.10$

$$d_e = d + \frac{1}{\alpha_0} + \frac{1}{\alpha_2} = d \left(1 + \frac{1}{v} + \frac{1}{w} \right) \quad (13)$$

$$\alpha_2 = v/d, \quad \alpha_0 = w/d$$

$$d_e = d \{ 1 + [b^{-1/2} + (b + a_H)^{-1/2}] / V \} \quad (14)$$

$$V_e = k d_e (n_1^2 - n_2^2)^{1/2} \quad (15)$$

$$V_e = V + b^{-1/2} + (b + a_H)^{-1/2} \quad (16)$$

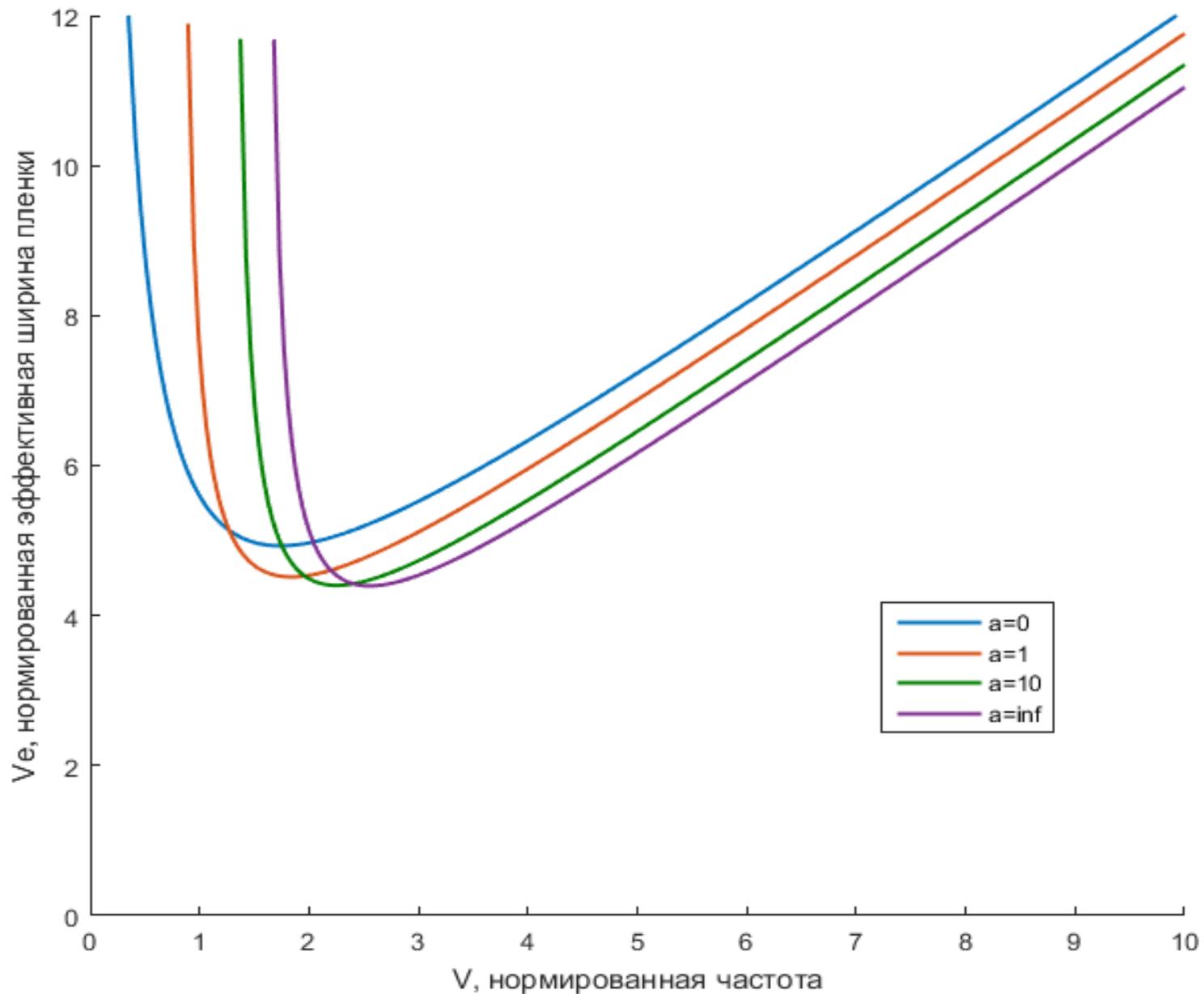


Рис.9. Зависимости эффективной ширины пленки для основной H -моды от нормированной частоты для нескольких значений параметра асимметрии

$$V_e = V + b^{-1/2} \quad (17)$$

$$V = \frac{1}{\sqrt{1-b}} \left[\operatorname{arctg} \left(\frac{(\sqrt{b} + \sqrt{b+a_H})\sqrt{1-b}}{1-b - \sqrt{b(b+a_H)}} \right) + \pi N \right], \quad N = 0, 1, 2, \dots \quad (9)$$

$$\lim_{a_H \rightarrow \infty} \frac{(\sqrt{b} + \sqrt{b+a_H})\sqrt{1-b}}{1-b - \sqrt{b(b+a_H)}} = \lim_{a_H \rightarrow \infty} \frac{\sqrt{(b+a_H)(1-b)}}{-\sqrt{b(b+a_H)}} = -\sqrt{\frac{1-b}{b}} \quad (18)$$

Заключение

В ходе выполнения данной работы была изучена теория планарных диэлектрических волноводов. Написаны в среде Matlab программы для расчета постоянных распространения и распределений электрических полей направляемых мод трехслойного симметричного планарного волновода.

Рассчитаны постоянные распространения, распределения электрических полей направляемых мод трехслойного симметричного планарного волновода. Показано, что чем ближе частота моды к частоте отсечки, тем сильнее ее поле выходит за пределы волноводной пленки.

Рассчитана эффективная ширина волноводной пленки для основной H -моды при различных значениях параметра асимметрии волновода.