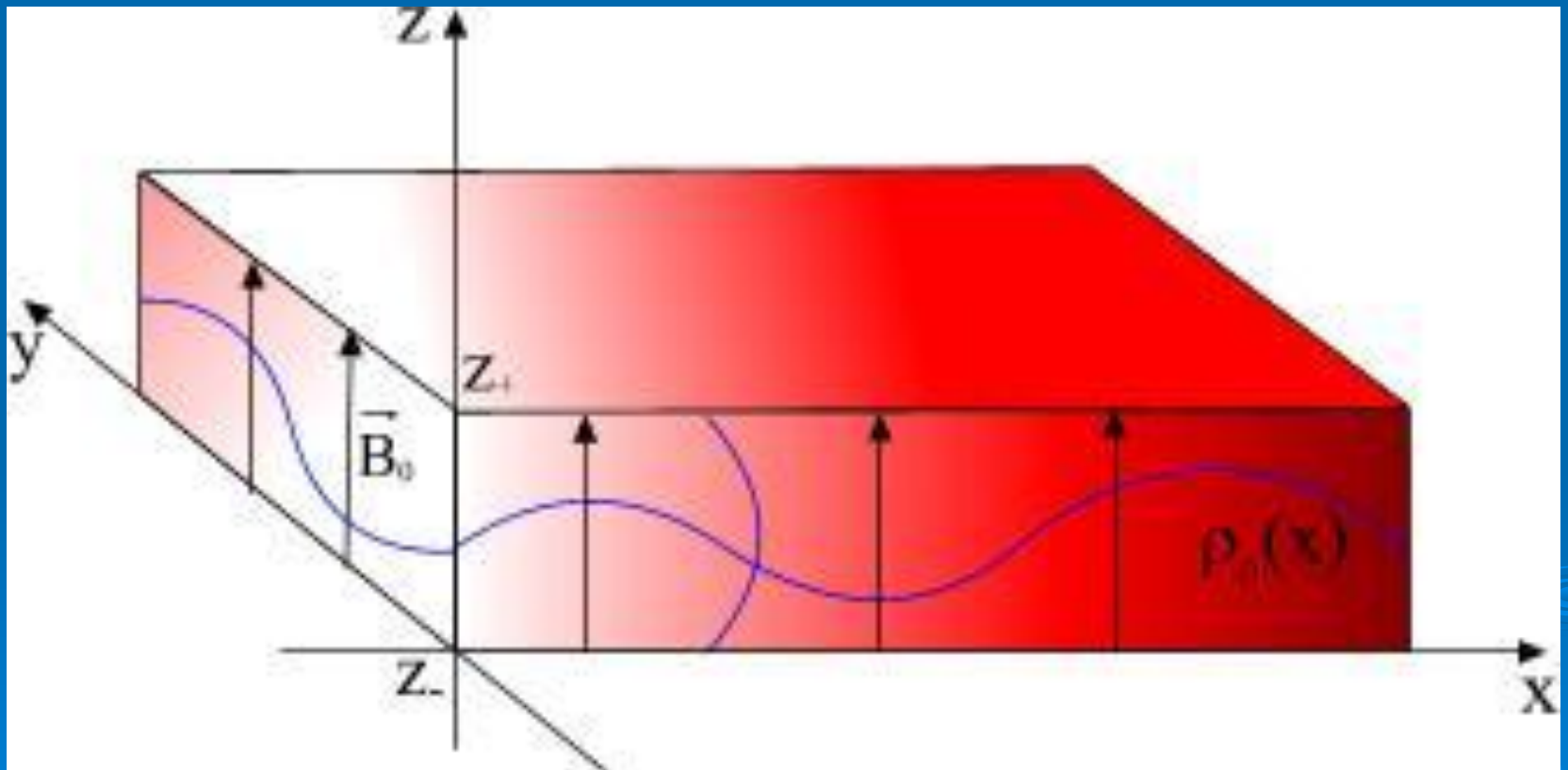


# МГД – ВОЛНОВОД В ЛОБОВОЙ И ФЛАНГОВЫХ ОБЛАСТЯХ МАГНИТОСФЕРЫ И МЕХАНИЗМЫ ЕГО ВОЗБУЖДЕНИЯ

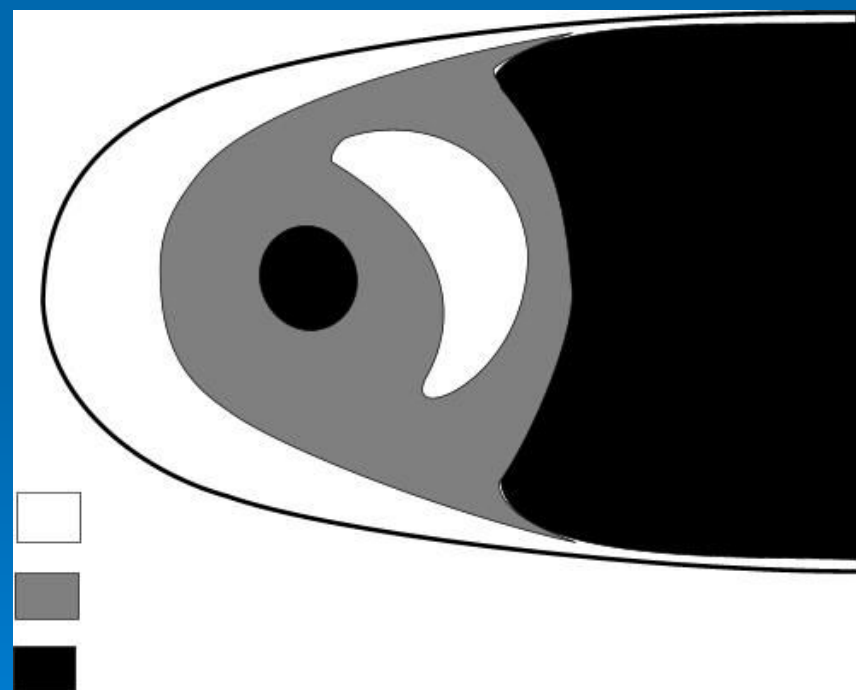
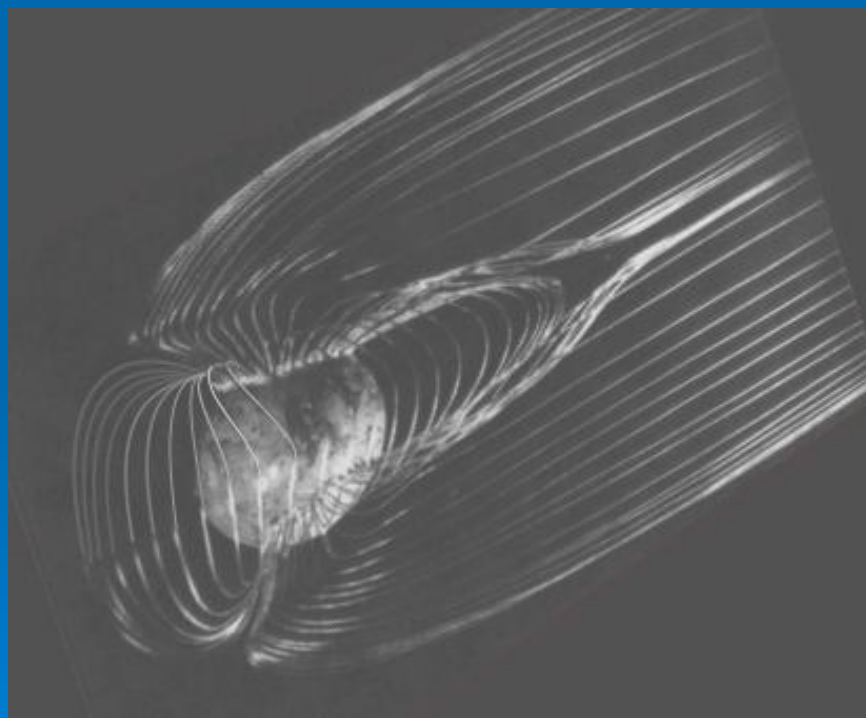
В. А. Мазур, Д. А. Чуйко



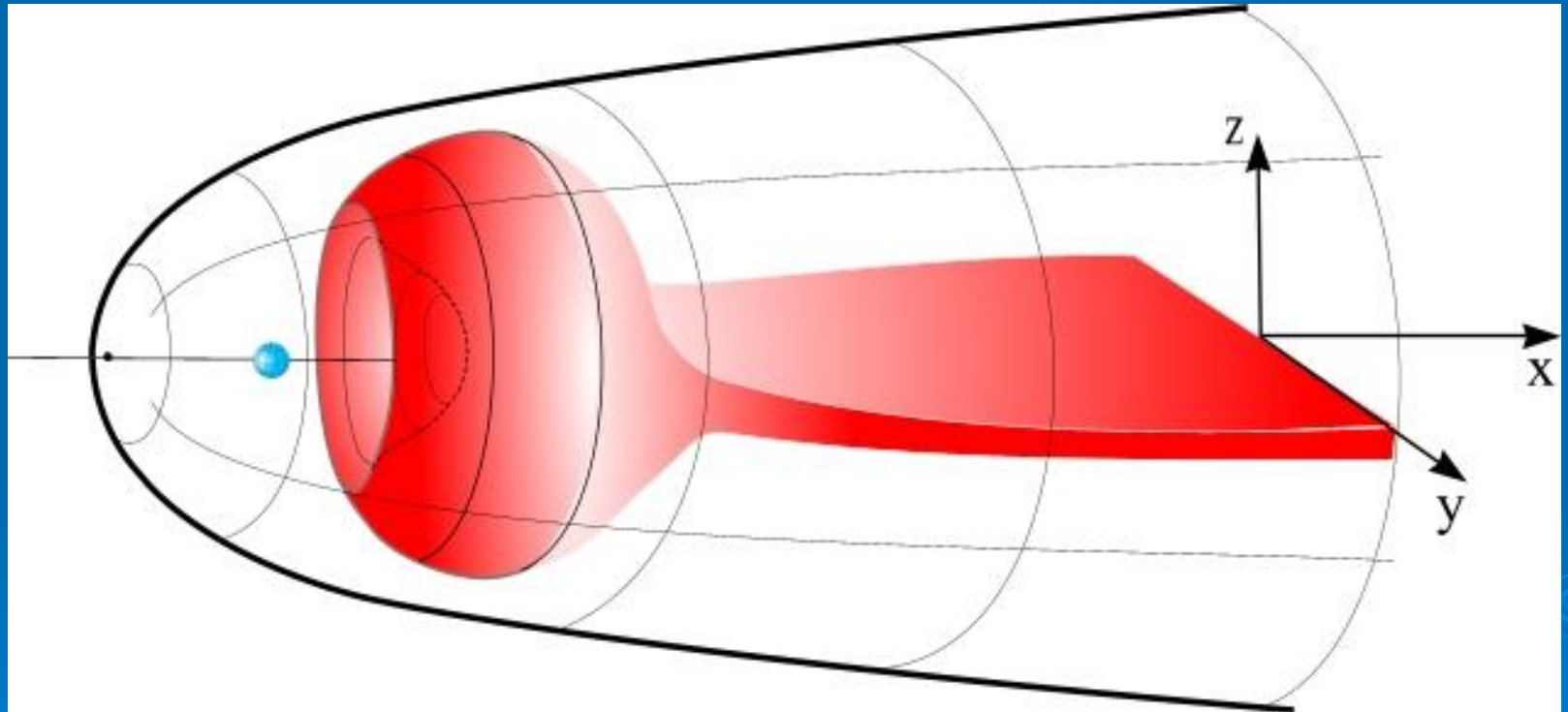
# Глобальные МГД – моды магнитосферы (global mode)



# Волновод в лобовой и фланговых областях магнитосферы

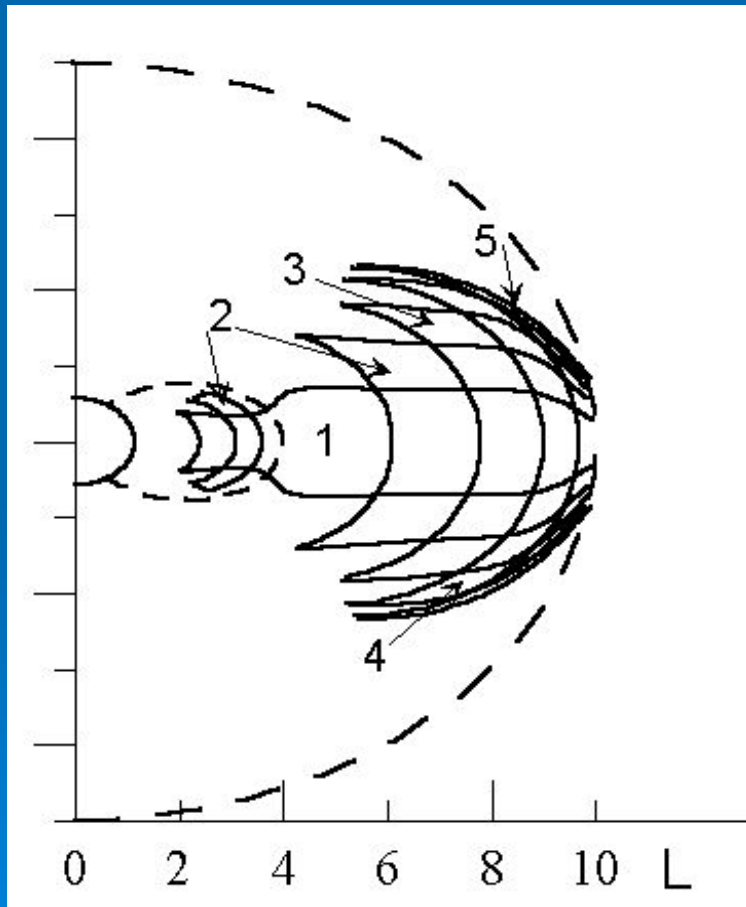


# БМЗ-резонатор в ближнем плазменном слое



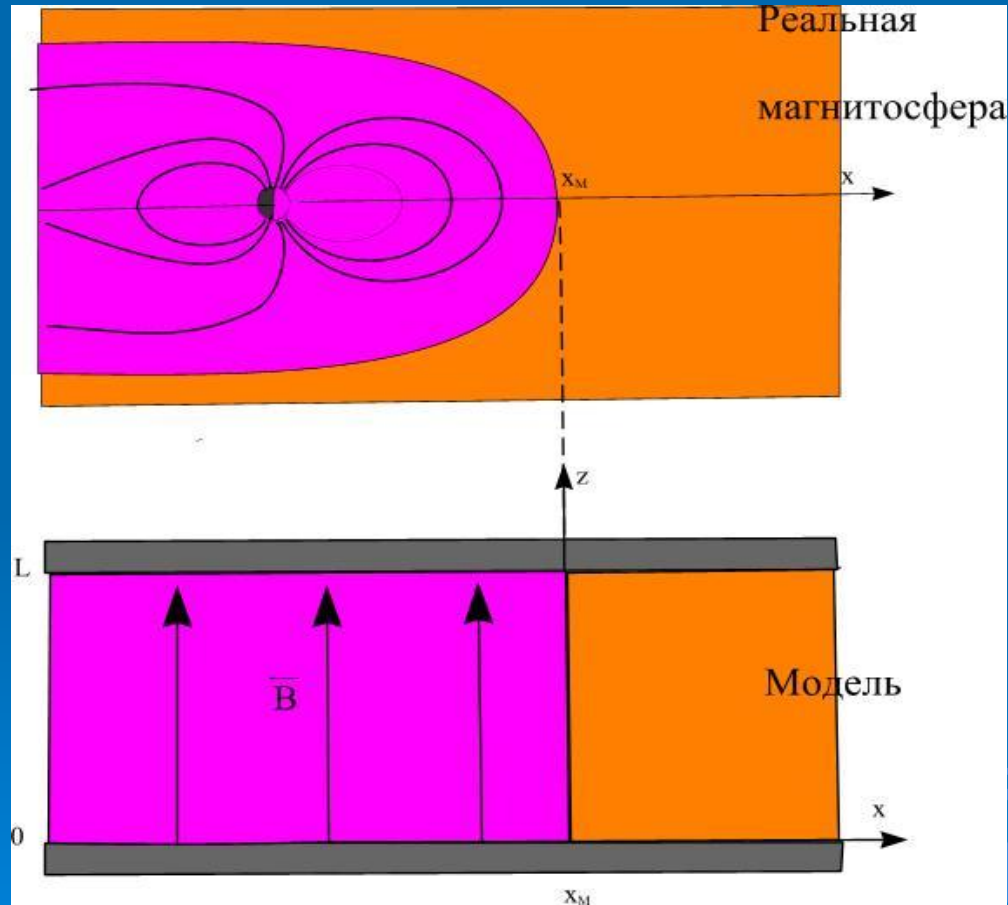
$f \sim 1$  МГц

# БМЗ-резонатор во внешней магнитосфере

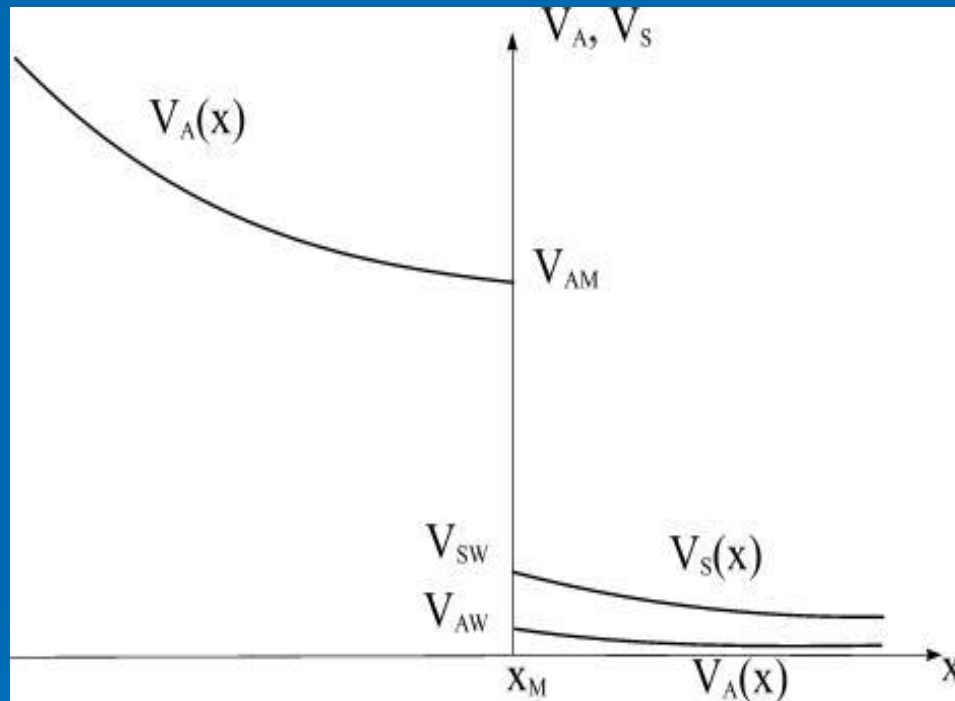


Конфигурация областей прозрачности первых пяти гармоник собственных БМЗ-колебаний с квантовыми числами  $l=1$ ,  $m=1$ ,  $n=1,2,3,4,5$  во внешней магнитосфере. Штриховыми линиями показаны плазмопауза и магнитопауза

# Лобовая часть магнитосферы – застойная зона СВ



# Основные параметры среды

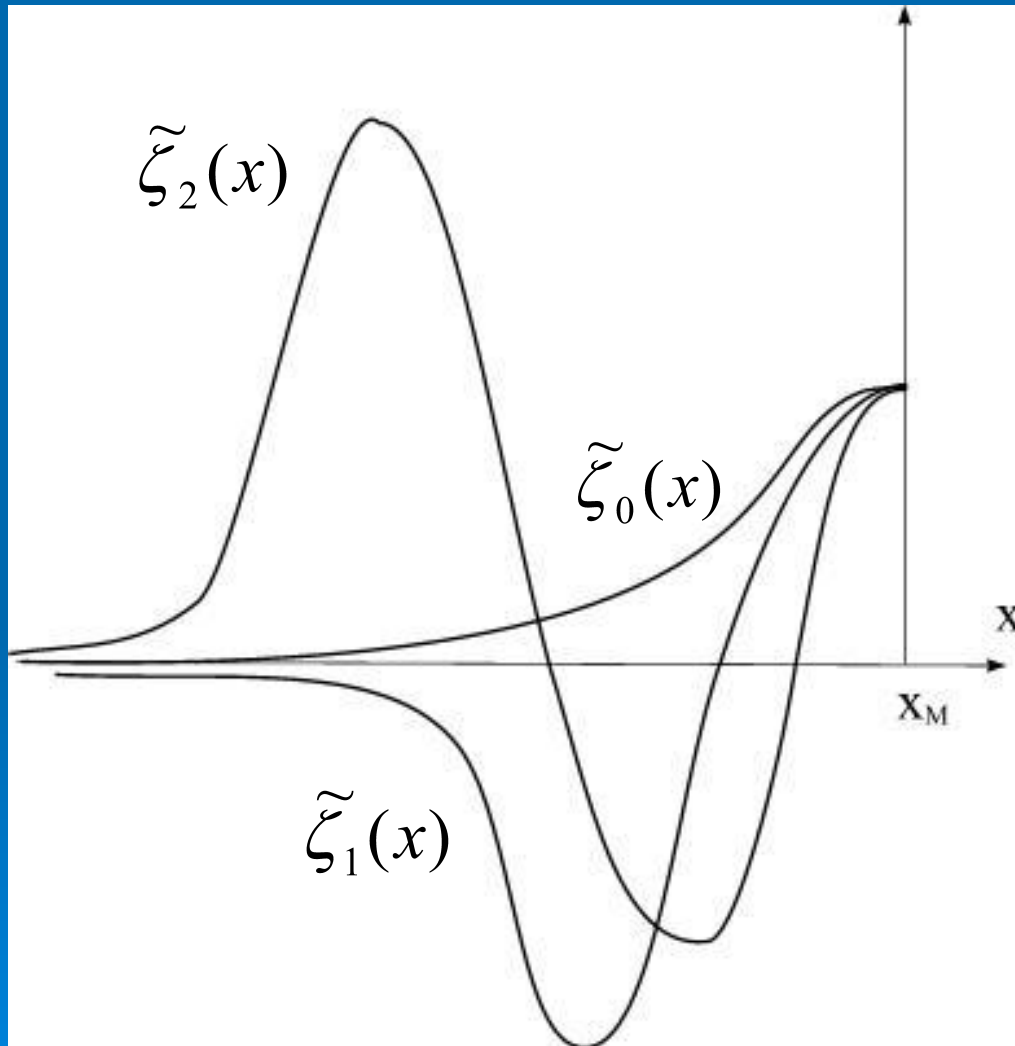


$$V_{AM} = 1000 \text{ км/с}, V_{SW} = 200 \text{ км/с}, V_{AW} = 50 \text{ км/с}.$$

Отношение

$$\delta_W = V_{SW} / V_{AM} \ll 1$$

# Решение в магнитосфере



*Собственные моды:*

$$\tilde{\zeta} = \tilde{\zeta}_n(x).$$

*Собственные*

*частоты:*

$$\omega = \omega_n(k_y, k_z) = \omega_{nmN},$$

$$\omega_n \geq k_t V_{AM}.$$

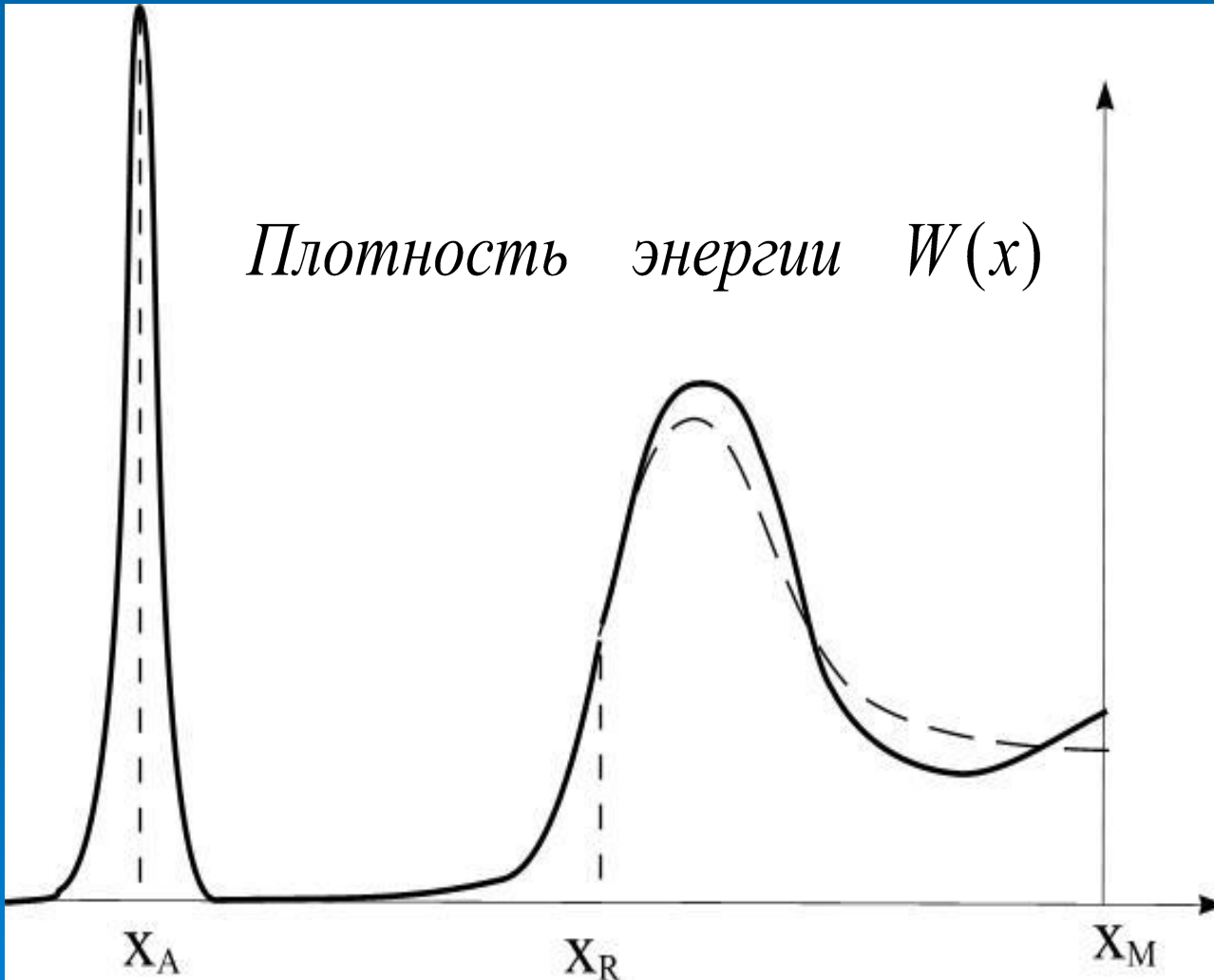
*Групповое время*

*пробега  $\tau_{gn}$ ,*

$$\omega_n \sim \pi n / \tau_{gn}$$



# Альфвеновский резонанс



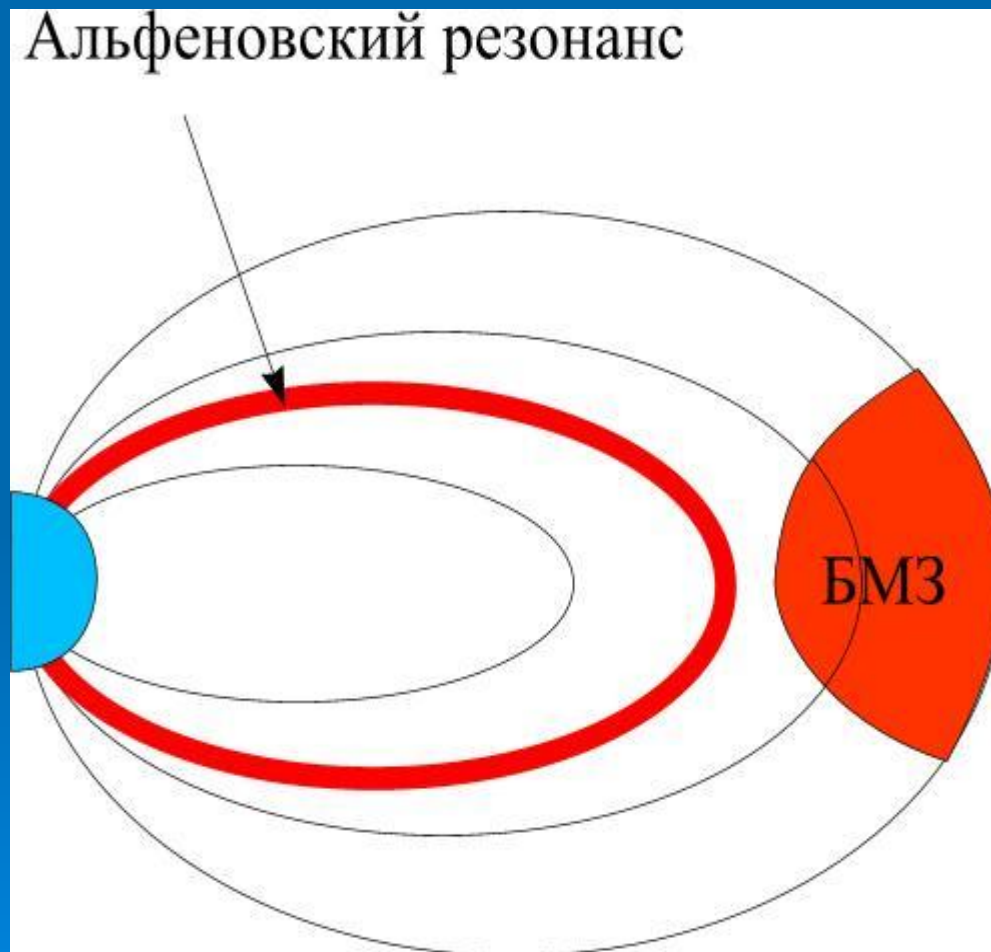
Параметр  
проникновения

$$\delta_A \ll 1$$

Декремент

$$\gamma_A \ll \omega_n$$

# Альфвеновский резонанс в реальной магнитосфере



# Собственные моды магнитосферного волновода

- Собственные моды и собственные частоты:

$$\tilde{\xi} = \tilde{\xi}_n(x), \quad \omega = \omega_n - i\nu_n,$$

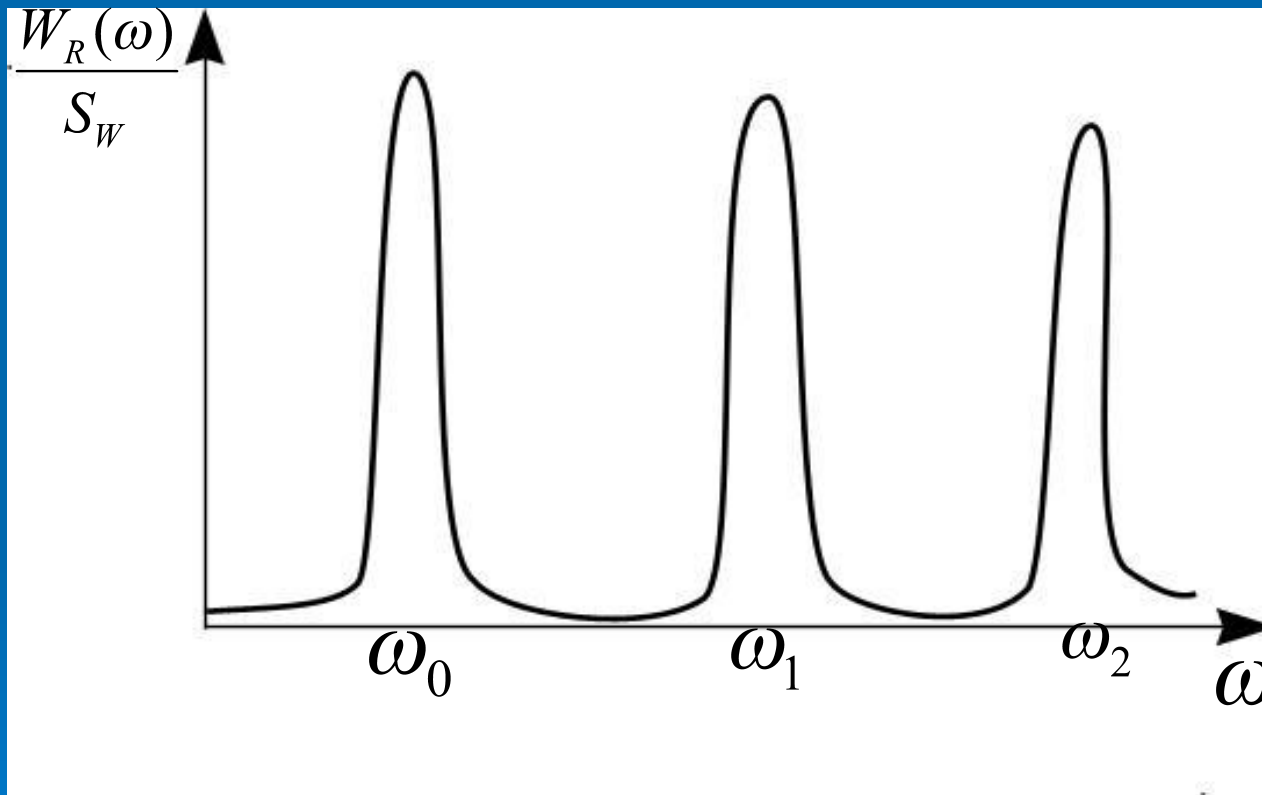
$$\nu_n = \nu_{An} + \nu_{Wn}, \quad \nu_{An} = \delta_A / \tau_{gn}, \quad \nu_{Wn} = \delta_W / \tau_{gn}$$

Баланс энергии:

$$S_{out} = 2\nu_{Wn} W_{Rn}, \quad Q_A = 2\nu_{An} W_{Rn},$$

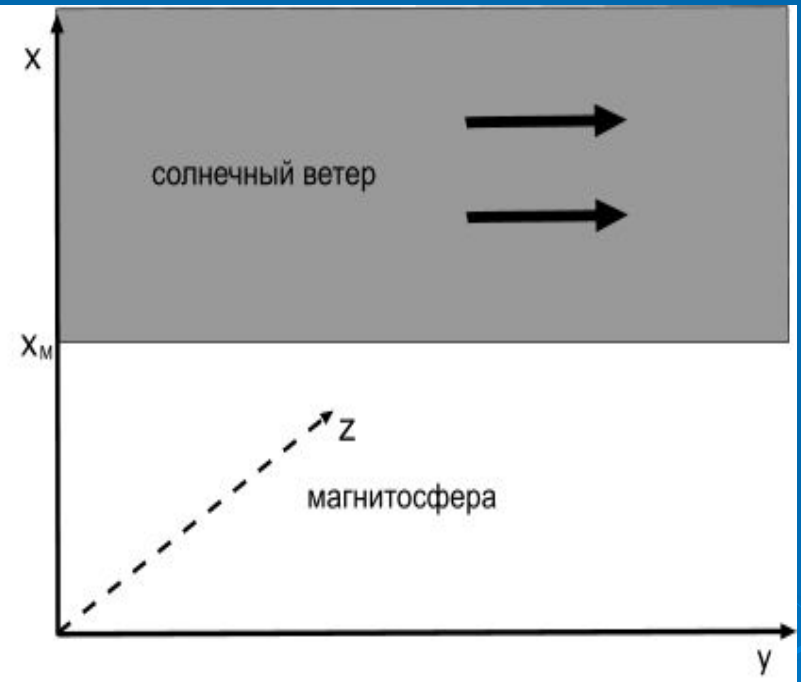
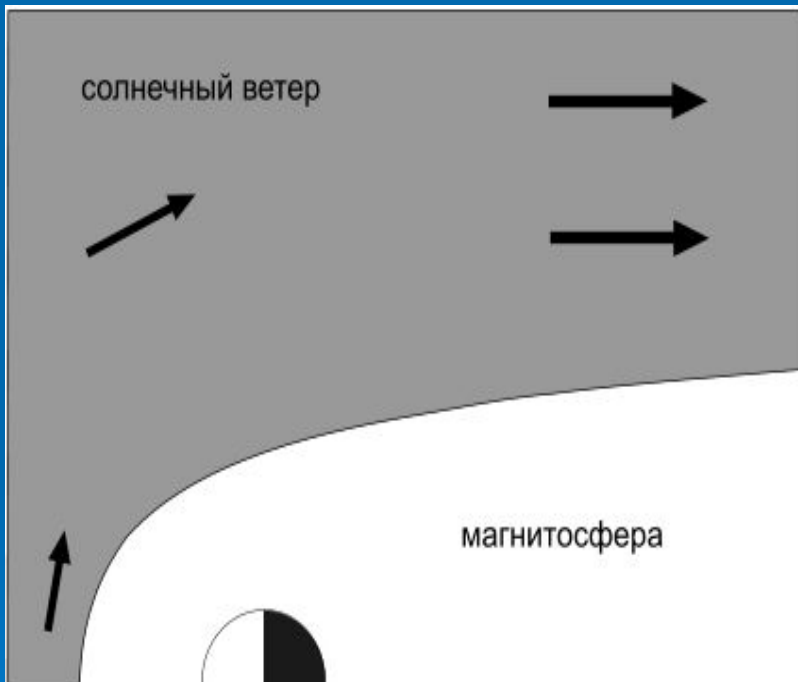
$$\frac{dW_{Rn}}{dt} = -(S_{out} + Q_A) = -2\nu_n W_{Rn}.$$

# Возбуждение магнитосферного волновода



$$\frac{W_R(\omega)}{S_W} = \frac{2\nu_{Wn}}{(\omega - \omega_n)^2 + \nu_n^2}$$

# Фланговая область магнитосферы



# Неустойчивость Кельвина - Гельмгольца.

- В простых моделях среды в виде двух однородных полупространств неустойчивость имеет место когда параметр

$$\omega_W = k_t V_S$$

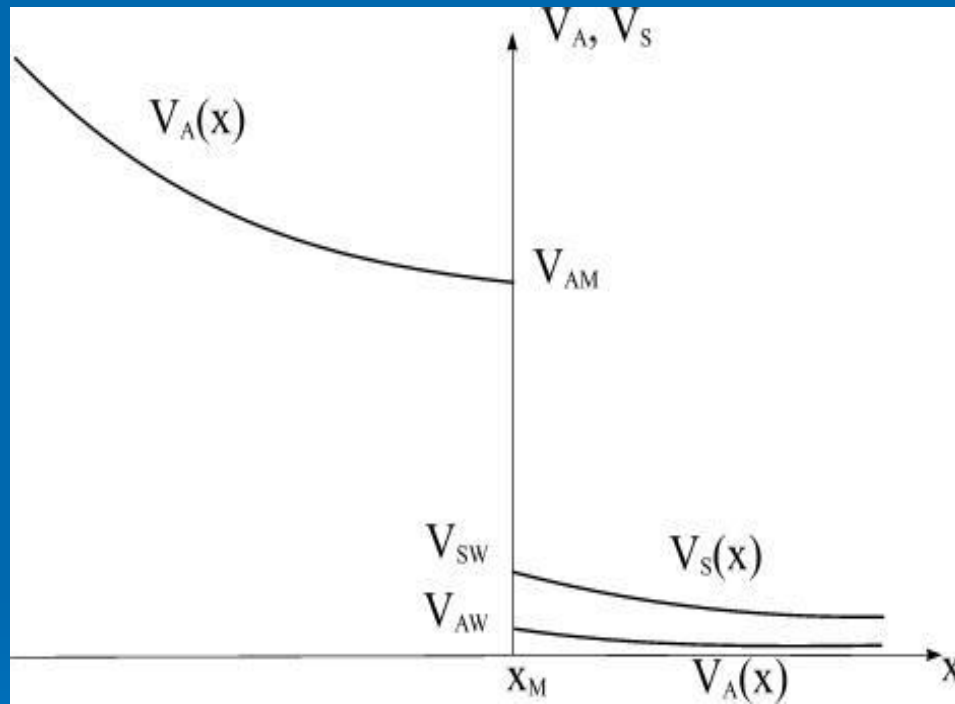
превышает некоторое критическое значение:

$$\omega_W > \omega_c$$

При этом инкремент неустойчивости растет монотонно с ростом этого превышения

$$\gamma \sim (\omega_W - \omega_c)^{1/2}$$

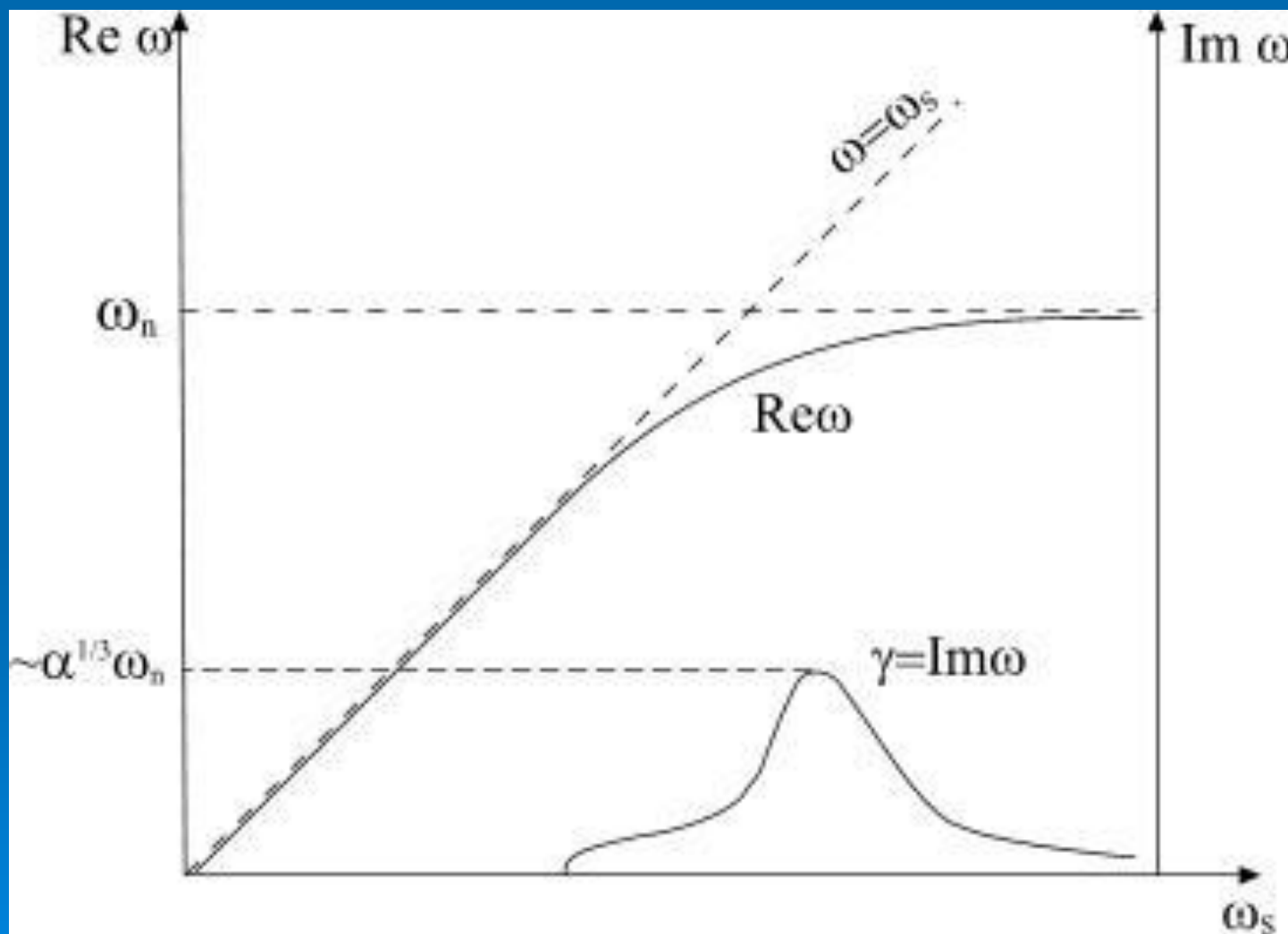
# Основные параметры среды



$$V_{AM} = 400 \text{ км/с}, V_{SW} = 50 \text{ км/с}, .$$

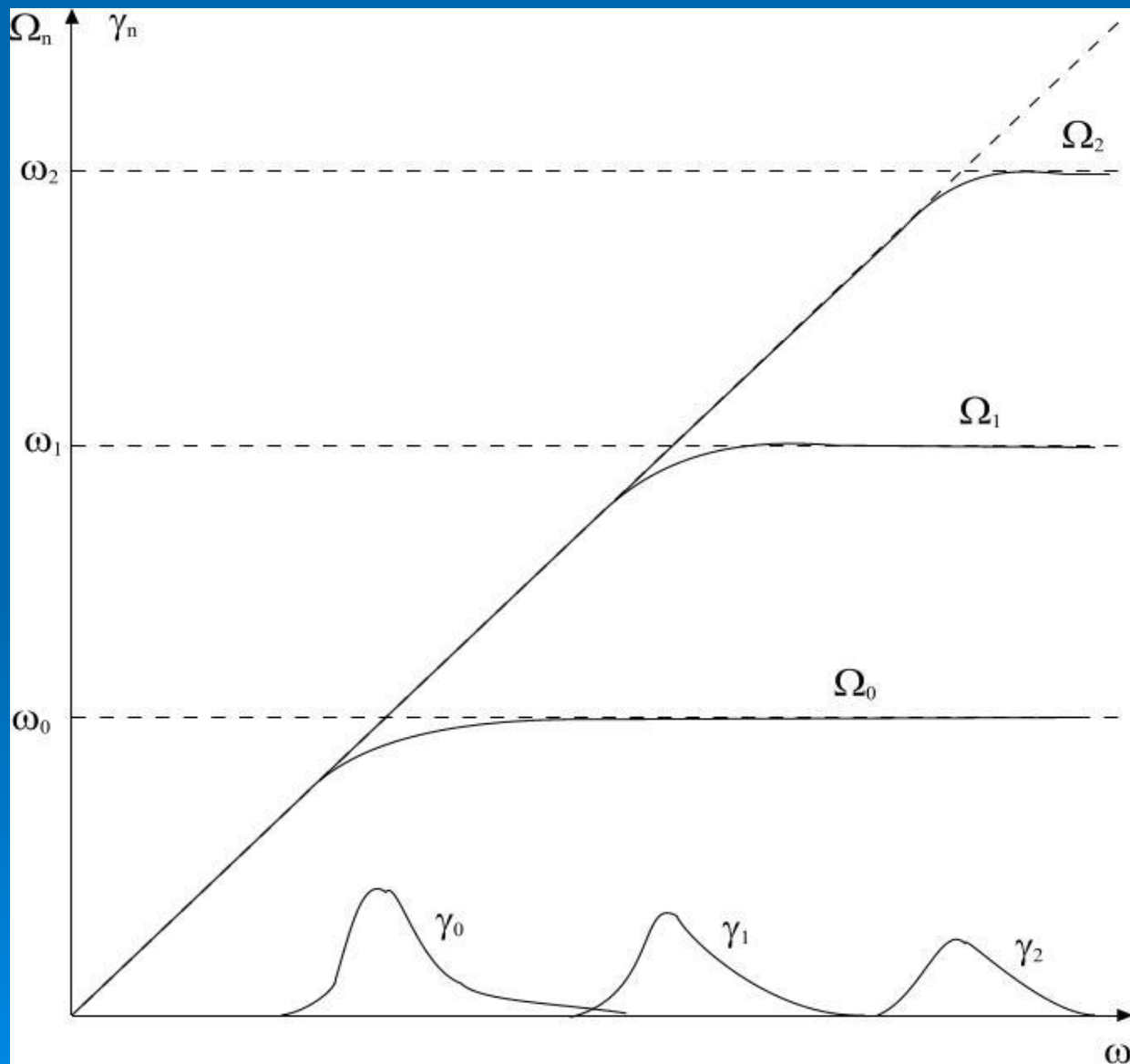
$$\delta_W = V_{SW} / V_{AM} \ll 1$$

# Возбуждение собственной моды

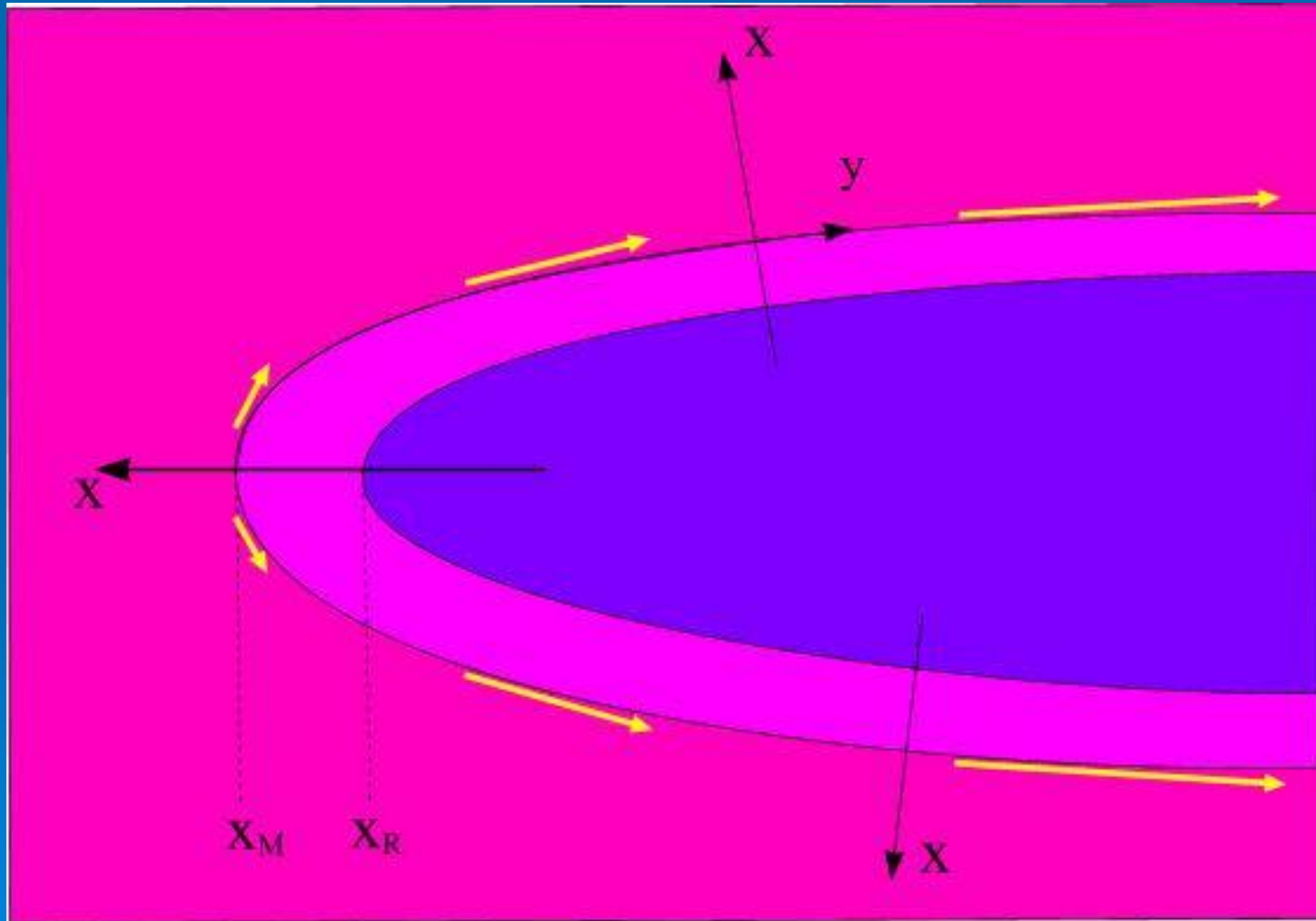




# Общая картина неустойчивости



# Азимутальное изменение собственной моды



# Глобальная эволюция возмущения

$$\omega = \omega_n(k_y, k_z, y),$$

$$k_y = k_{yn}(\omega, k_z, y),$$

$$k_{yn}^2 = \frac{\omega^2}{V_{AM}^2(y)} - k_z^2(y) - \lambda_n \left[ \frac{\omega^2}{V_{AM}^2(y) l_M(y)} \right]^{1/3},$$

$$k_y^2 = \frac{\omega^2}{V_A^2} - k_z^2 - k_x^2.$$

# Глобальная эволюция возмущения

$$\frac{\partial W(\omega, y, t)}{\partial t} + v_g(\omega, y) \frac{\partial W(\omega, y, t)}{\partial y} = 2\gamma(\omega, y)W(\omega, y, t) + S(\omega, y)$$

*Лобовая область*

$$\frac{\partial W}{\partial t} = 0, \quad \frac{\partial W}{\partial y} \approx 0, \quad \gamma(\omega, y) = -v_A(\omega),$$

$$0 = -2v_A(\omega)W + S(\omega), \quad W = \frac{S(\omega)}{2v_A(\omega)}$$

*Фланги*

$$\frac{\partial W}{\partial t} = 0, \quad \gamma W \gg S,$$

$$v_g(\omega, y) \frac{\partial W(\omega, y)}{\partial y} = 2\gamma(\omega, y)W(\omega, y),$$

$$W(\omega, y) = W(\omega, y_0) \exp \left[ 2 \int_{y_0}^y \frac{\gamma(\omega, y')}{v_g(\omega, y')} dy' \right] = W(\omega, y_0) \exp \left[ 2 \int_{t_0}^t \gamma(\omega, t') dt' \right],$$

$$dt = \frac{dy}{v_g(\omega, y)}$$

Спасибо  
за  
внимание!

