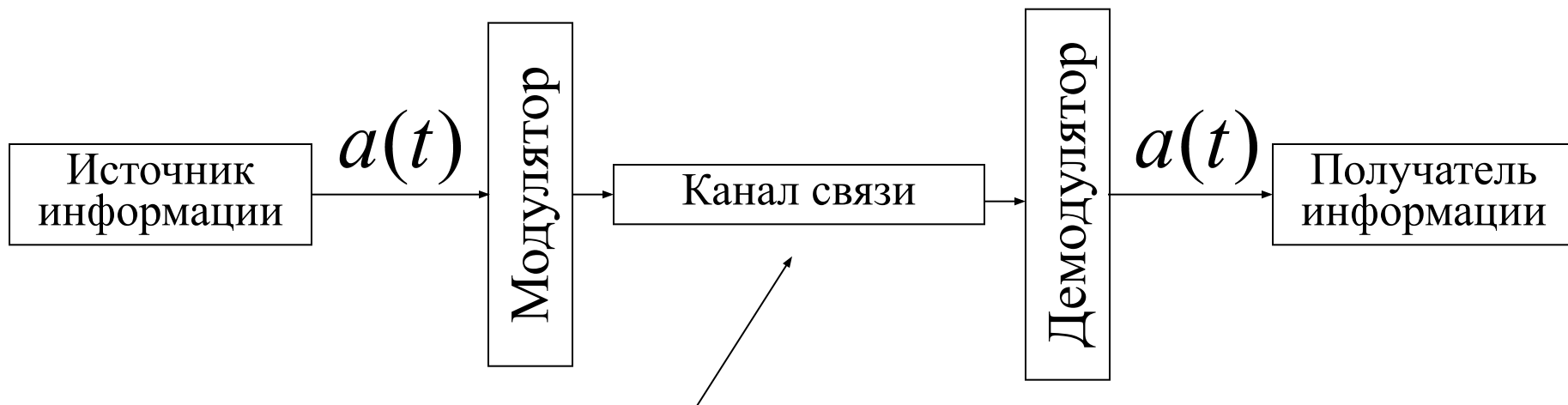


Виды модуляции

Схема передачи информации



$$s(t) = A(t) \cdot \cos[\omega_0 t + \theta(t)]$$

$$A(t) = A_0 + k_{AM} a(t), \quad \theta(t) = \theta_0 = const \quad - \text{АМ}$$

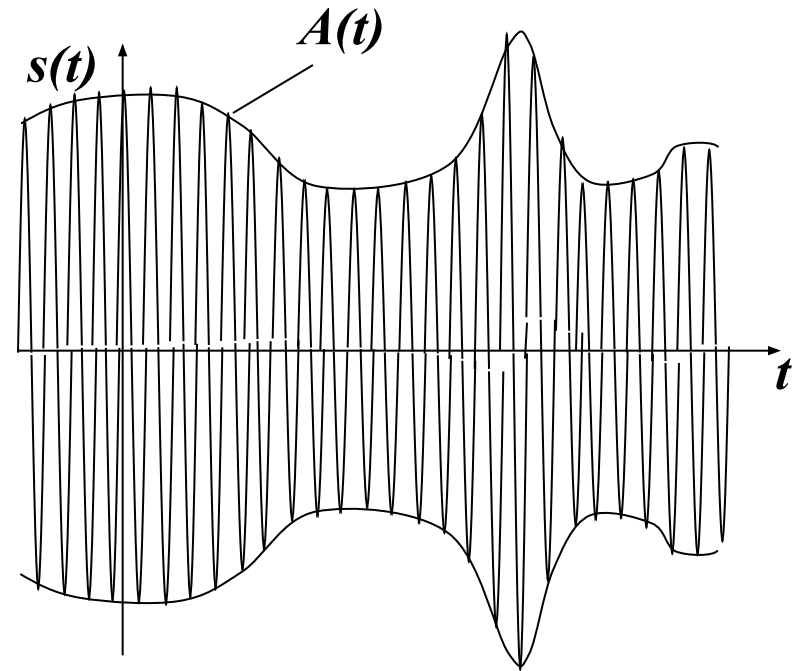
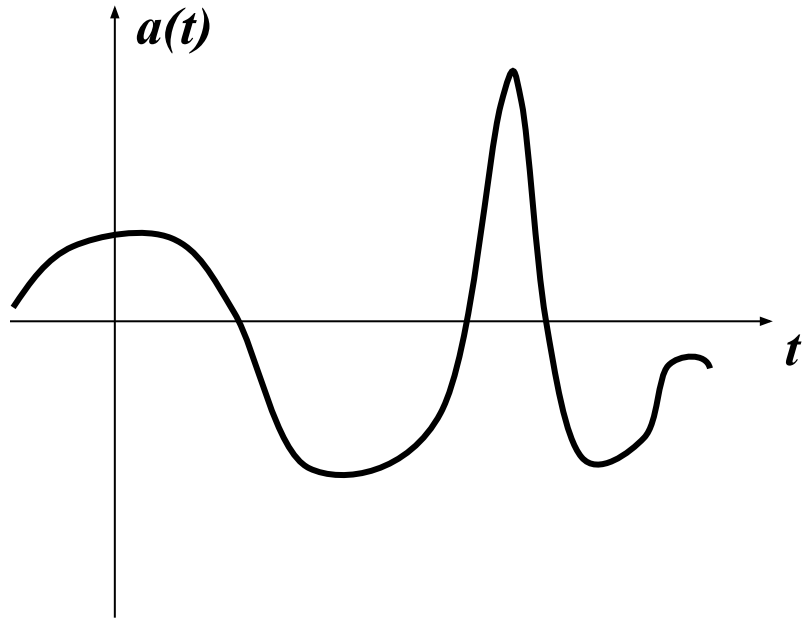
$$\theta(t) = k_{FM} a(t), \quad A(t) = A_0 = const \quad - \text{ФМ}$$

$$\omega(t) = \omega_0 + k_{ЧМ} a(t), \quad A(t) = A_0 = const \quad - \text{ЧМ}$$

угловая
модуляция

Амплитудная модуляция (АМ)

Связь между модулирующей функцией и огибающей АМ- сигнала



Тональная АМ (гармоническая модулирующая функция)

$$a(t) = a_0 \cos(\Omega t + \gamma)$$

$$A(t) = A_0 + \Delta A \cos(\Omega t + \gamma) = A_0 (1 + M \cos(\Omega t + \gamma))$$

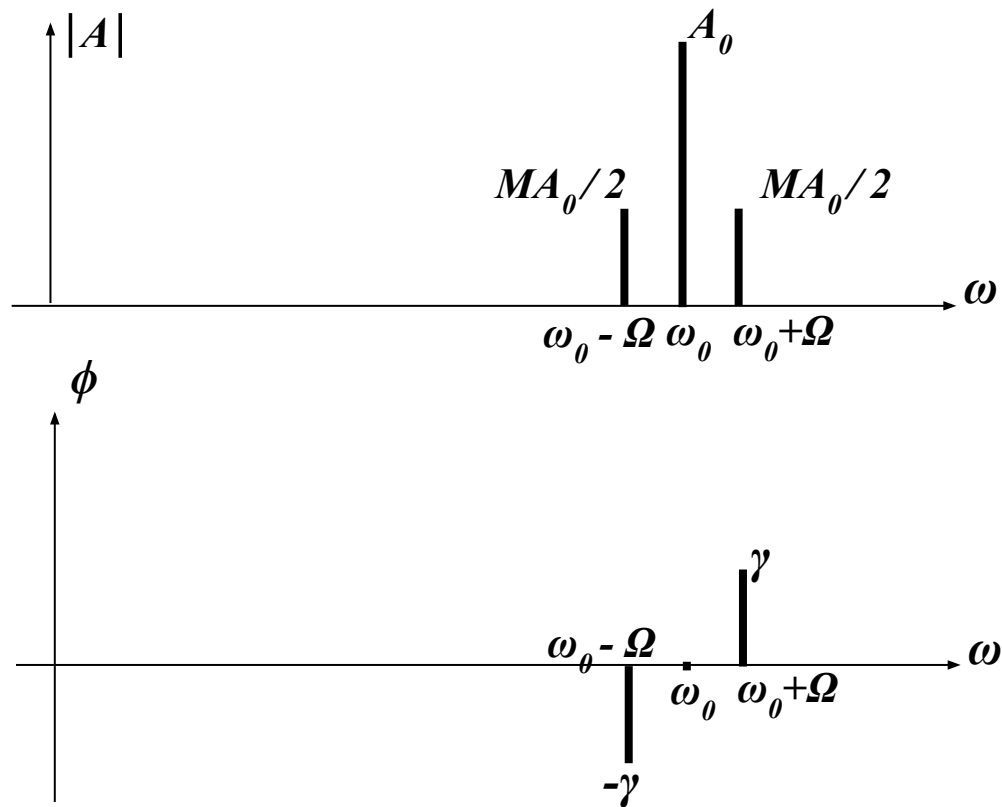
где

$$\Delta A = k_{AM} a_0$$

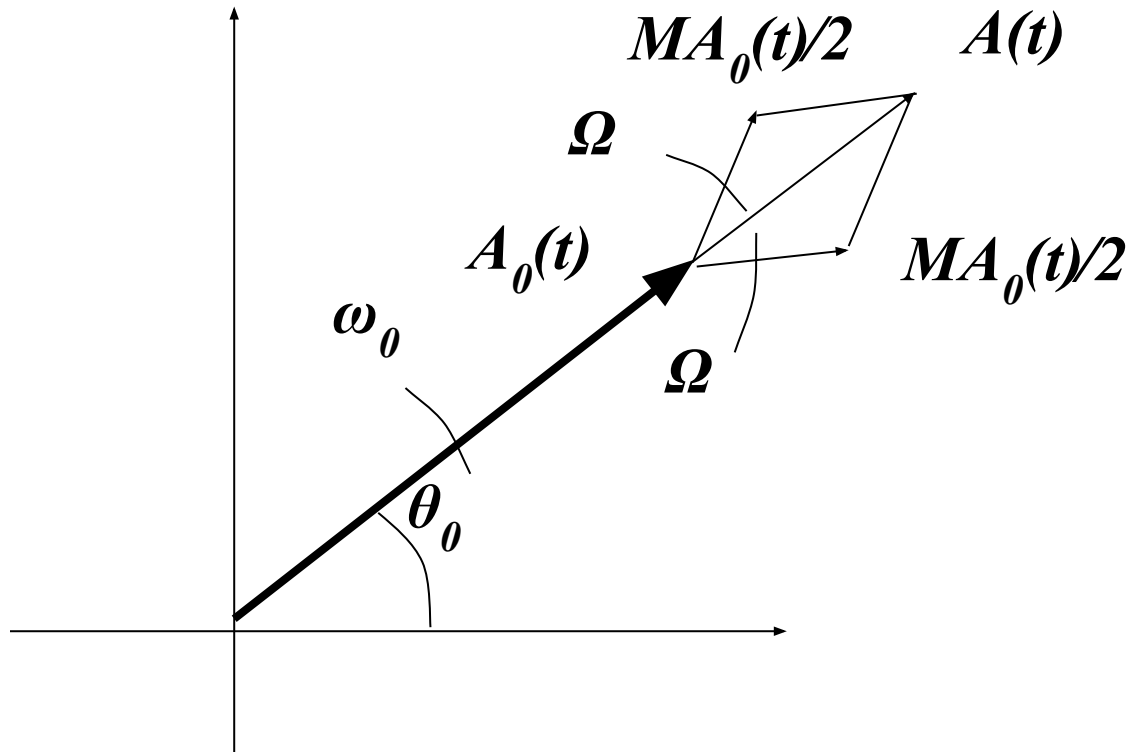
$$M = \frac{\Delta A}{A_0} \quad - \text{ индекс амплитудной модуляции}$$

Спектр сигнала с тональной АМ

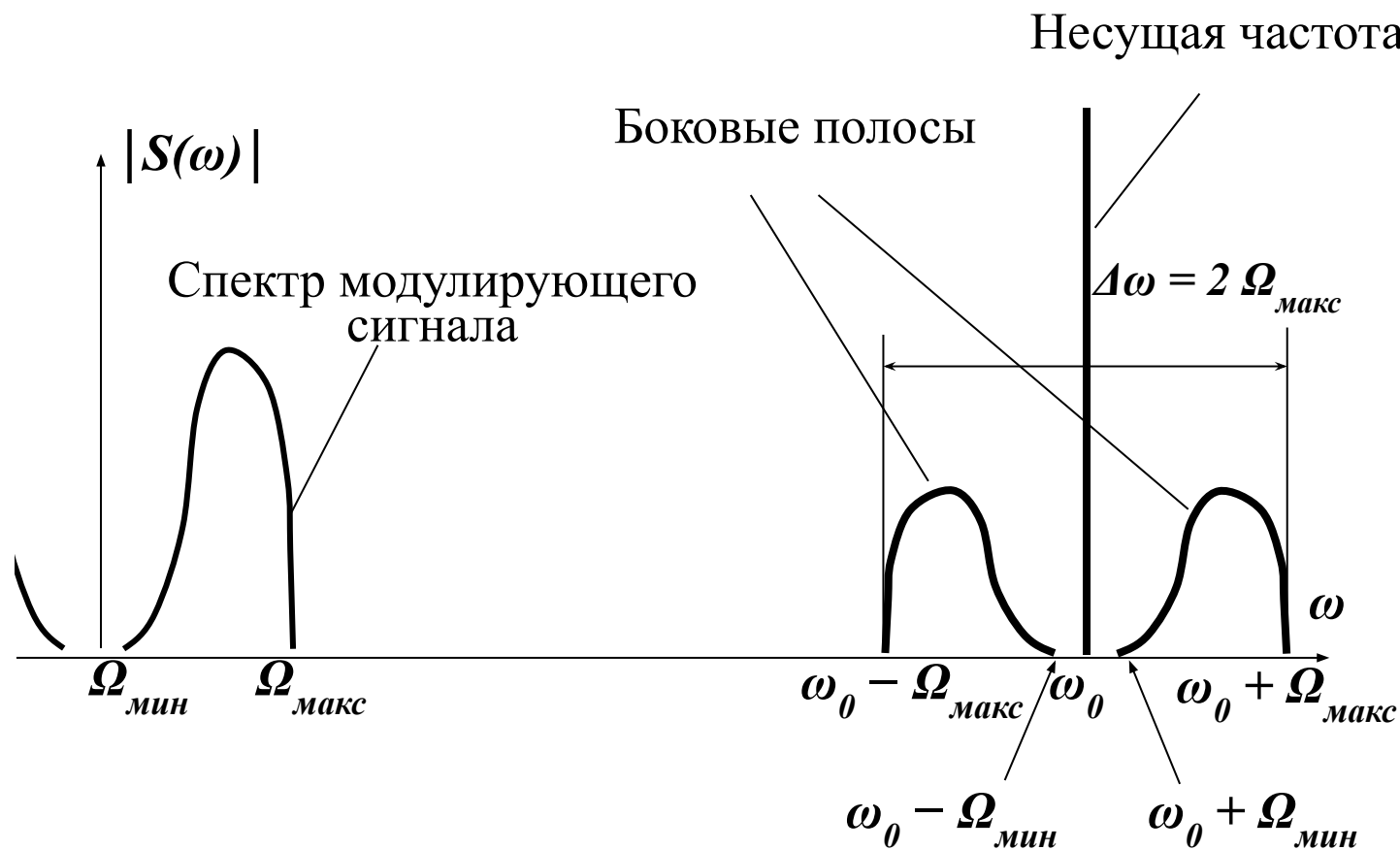
$$\begin{aligned} s(t) &= A_0 [1 + M \cos(\Omega t + \gamma)] \cos(\omega_0 t + \theta_0) = \\ &= A_0 \cos(\omega_0 t + \theta_0) + \frac{1}{2} M A_0 \cos[(\omega_0 + \Omega)t + \theta_0 + \gamma] + \frac{1}{2} M A_0 \cos[(\omega_0 - \Omega)t + \theta_0 - \gamma] \end{aligned}$$



Векторная диаграмма для тональной АМ



Спектр АМ- сигнала в случае произвольной модулирующей функции



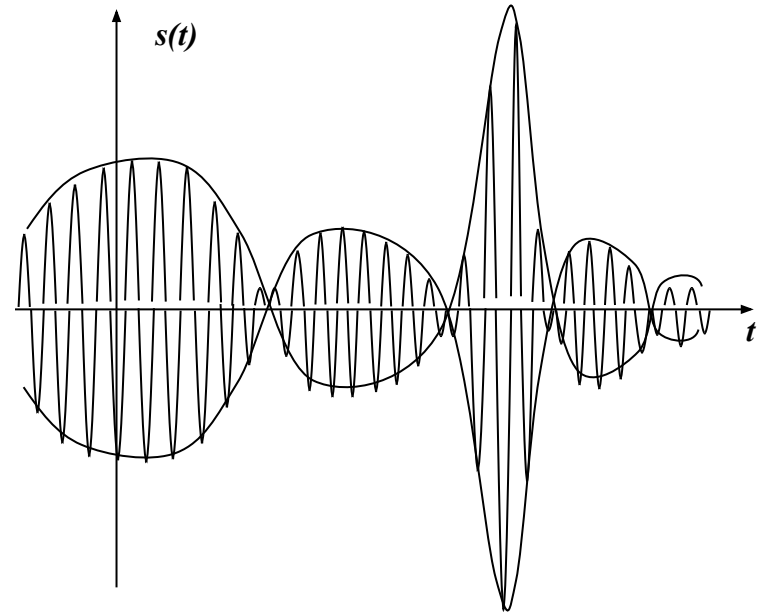
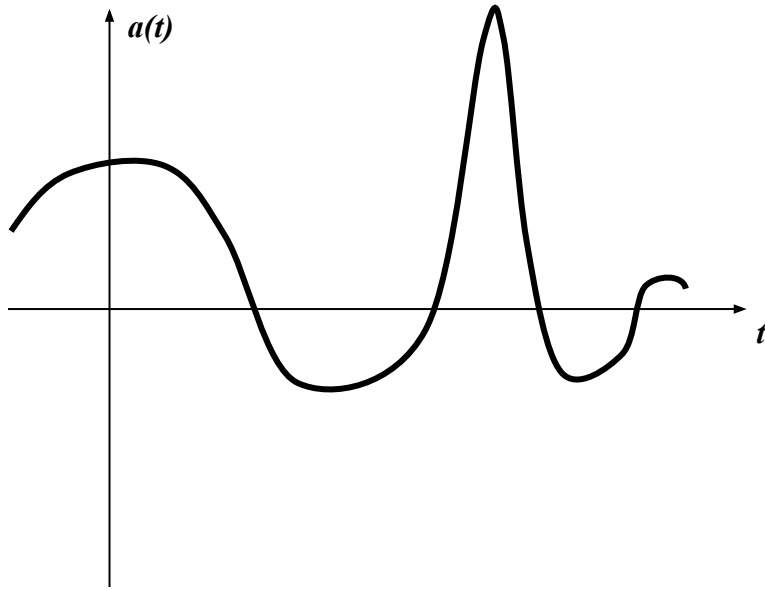
К.п.д. сигнала с тональной АМ

$$\text{к.п.д.} = \frac{\text{средняя мощность боковых полос в спектре сигнала}}{\text{полная средняя мощность сигнала}}$$

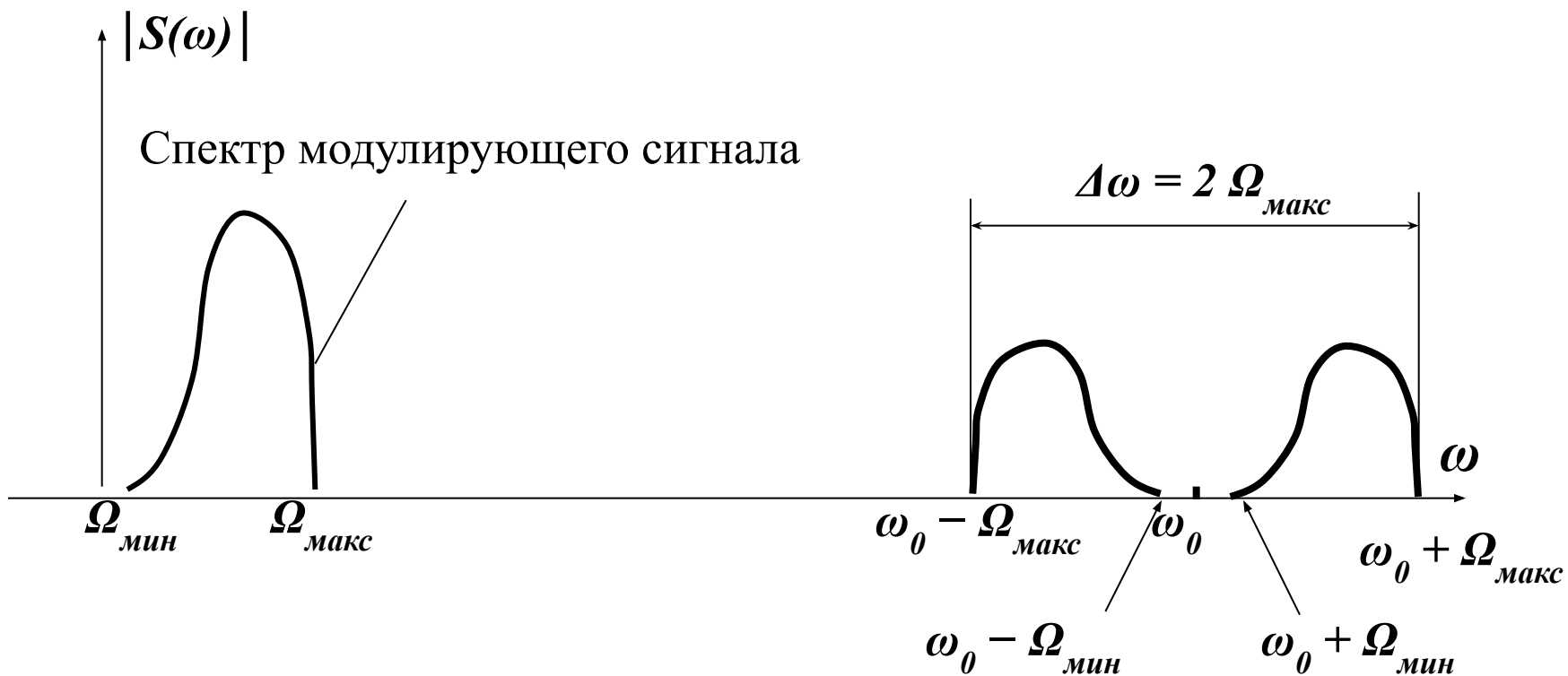
$$\text{к.п.д.} = M^2 / (2 + M^2)$$

Балансная амплитудная модуляция (БАМ)

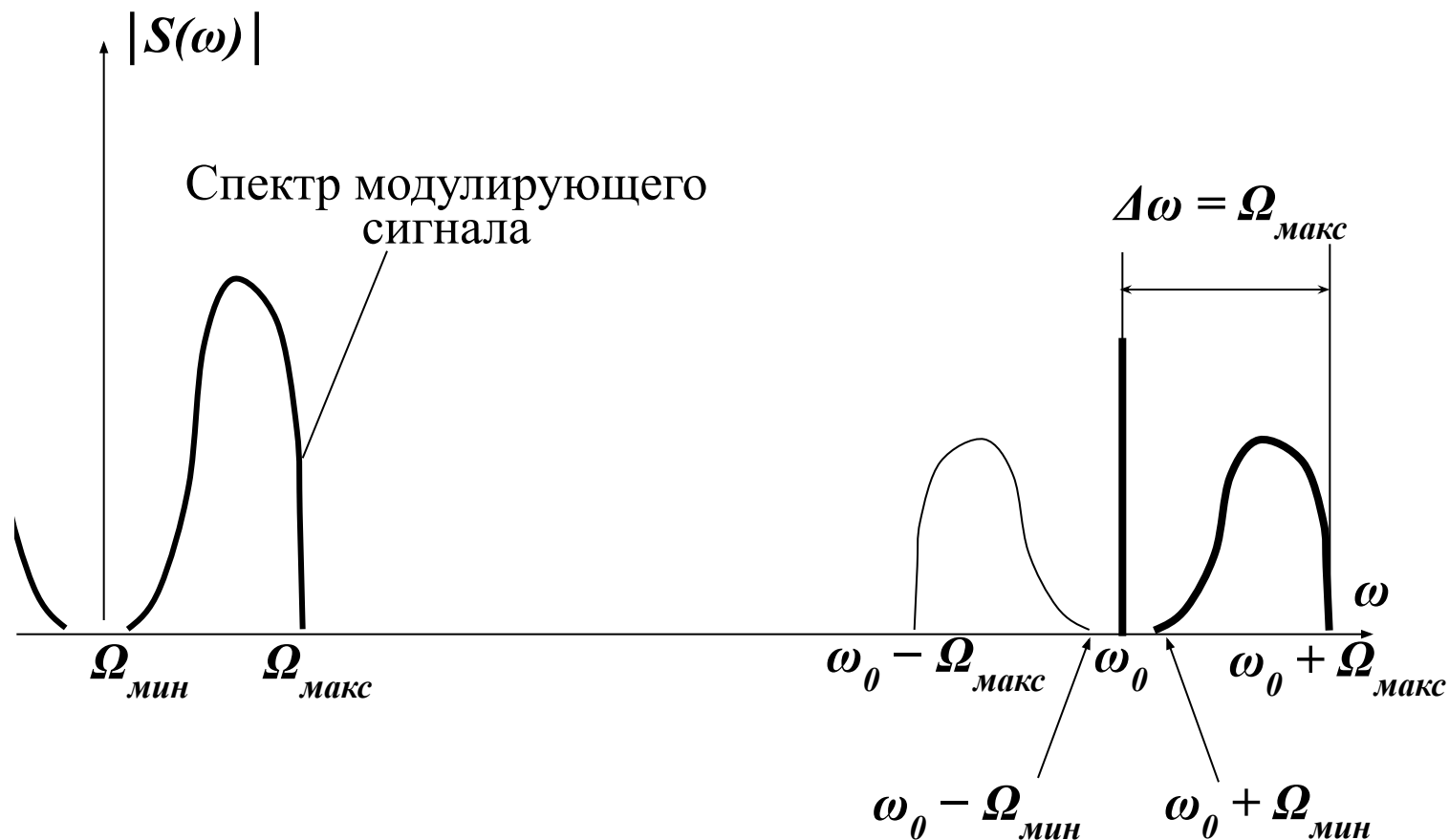
$$A(t) = k_{AM} a(t)$$



Спектр сигнала с БАМ



Амплитудная модуляция с одной боковой полосой (АМ с ОБП)

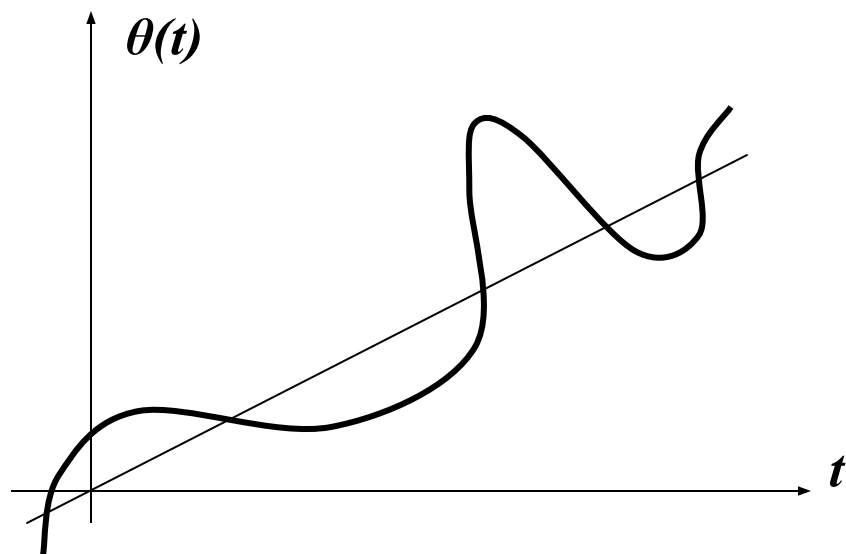
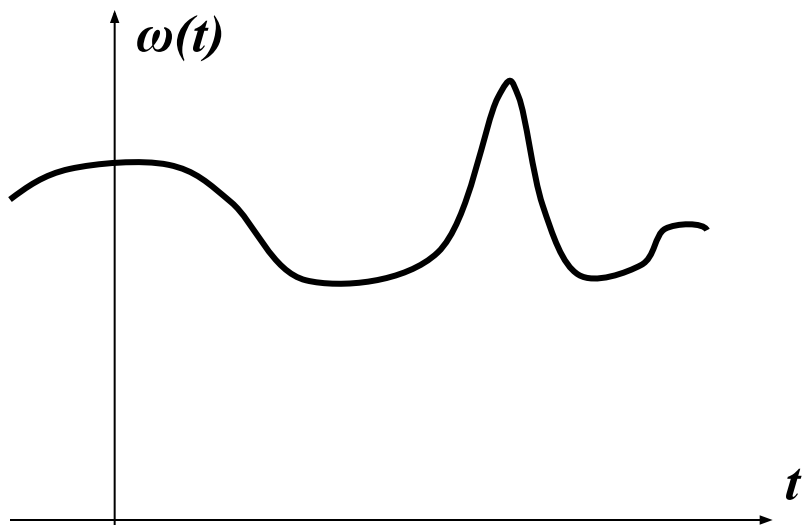
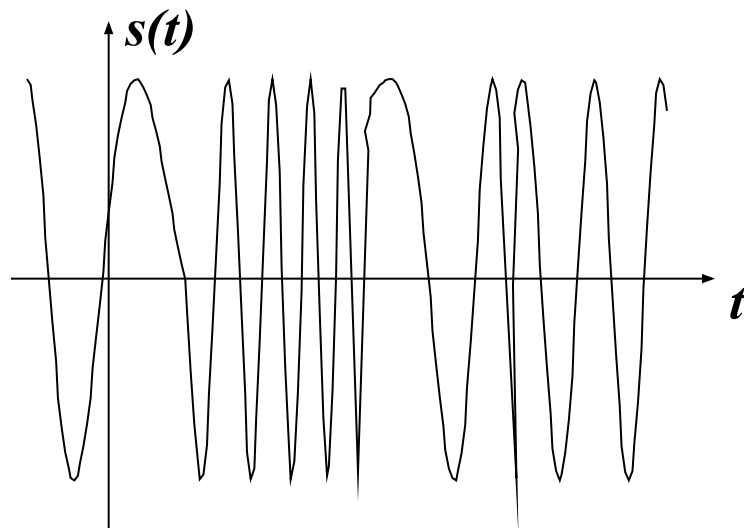
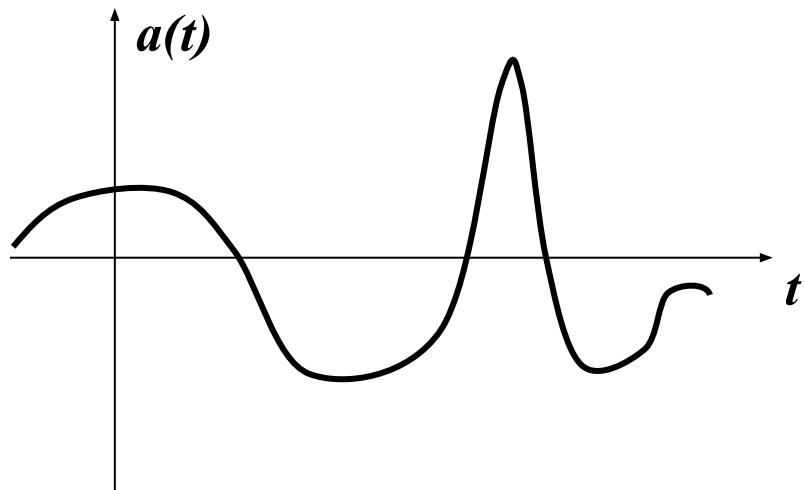


Контрольный вопрос

Найти к.п.д. сигнала с тональной
однополосной амплитудной модуляцией при
индексе модуляции равном M

Угловая модуляция

Связь между модулирующей функцией и параметрами сигналом



Тональная угловая модуляция (гармоническая модулирующая функция)

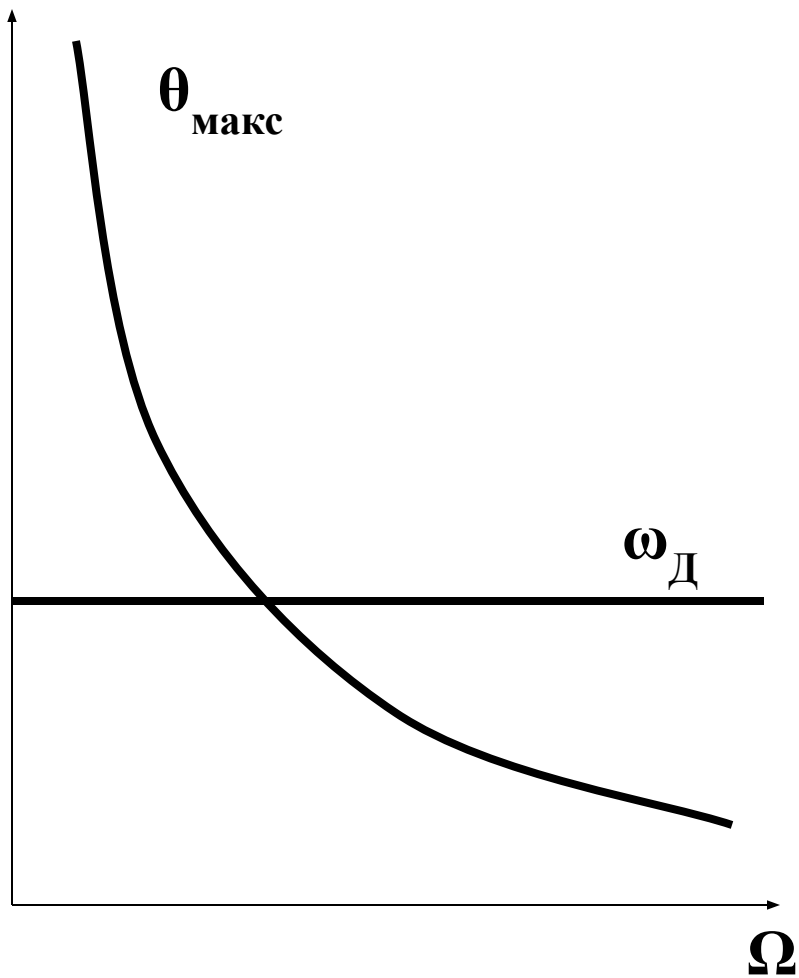
$$a(t) = a_0 \cos(\Omega t + \gamma)$$

$$\omega(t) = \omega_0 + \omega_D \cos(\Omega t + \gamma)$$

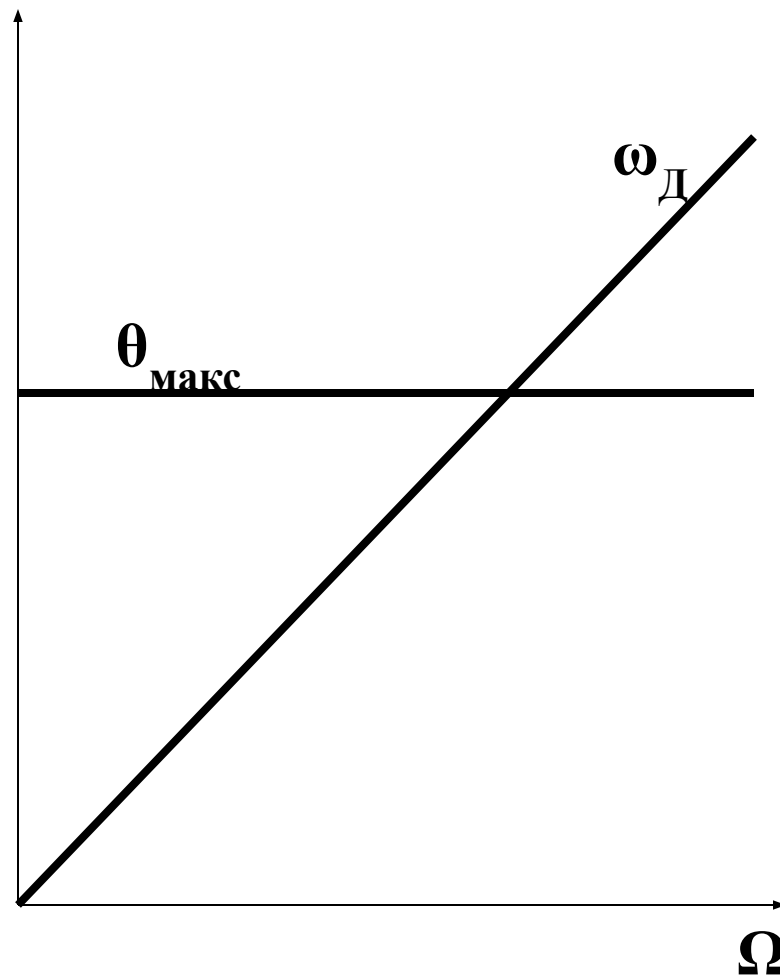
$$\theta(t) = \omega_0 t + \frac{\omega_D}{\Omega} \sin(\Omega t + \gamma) = \omega_0 t + \theta_{\text{макс}} \sin(\Omega t + \gamma)$$

где $\theta_{\text{макс}} = \frac{\omega_D}{\Omega}$

Тональная ЧМ



Тональная ФМ



Спектр сигналов с угловой модуляцией

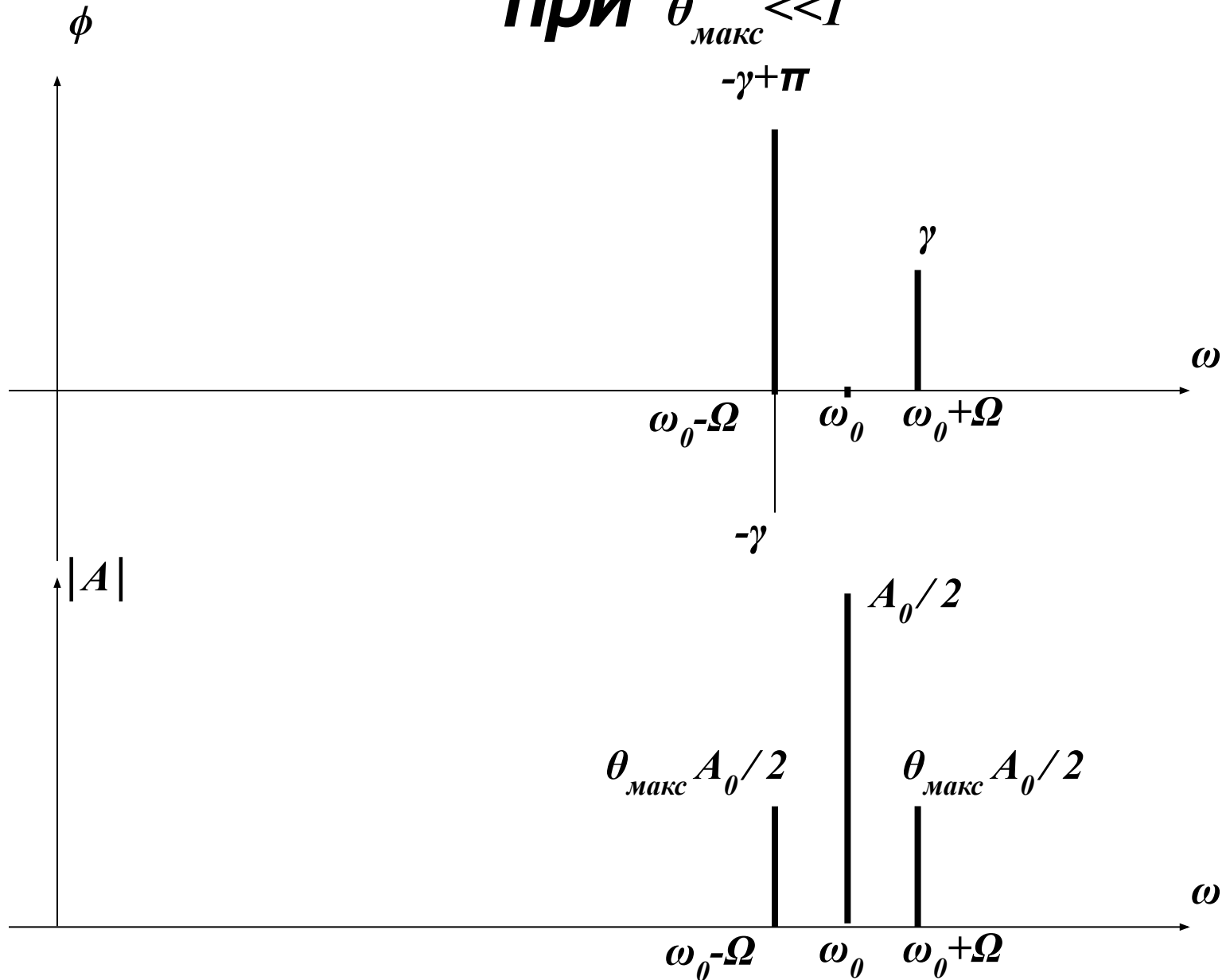
$$\theta(t) = \theta_{\text{макс}} \sin(\Omega t + \gamma)$$

$$s(t) = A_0 \cos \theta(t) \cos \omega_0 t - A_0 \sin \theta(t) \sin \omega_0 t$$

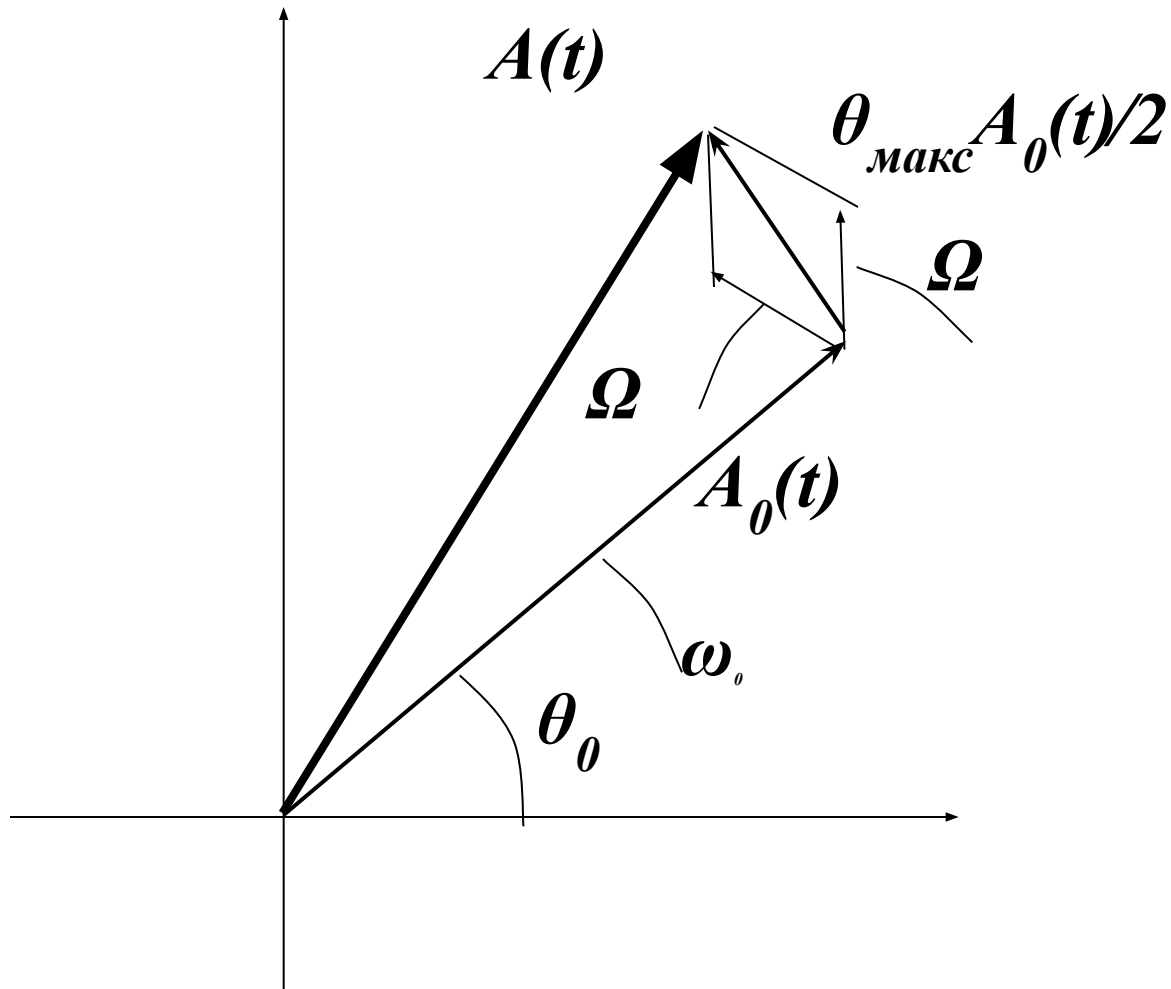
При $\theta_{\text{макс}} \ll 1$

$$s(t) \cong A_0 \left\{ \cos \omega_0 t + \frac{\theta_{\text{макс}}}{2} \cos[(\omega_0 + \Omega)t + \gamma] - \frac{\theta_{\text{макс}}}{2} \cos[(\omega_0 - \Omega)t - \gamma] \right\}$$

Спектр сигналов с угловой модуляцией при $\theta_{\text{макс}} \ll 1$



Векторная диаграмма



Спектр сигналов с угловой модуляцией

$$\theta(t) = \theta_{\text{макс}} \sin(\Omega t + \gamma)$$

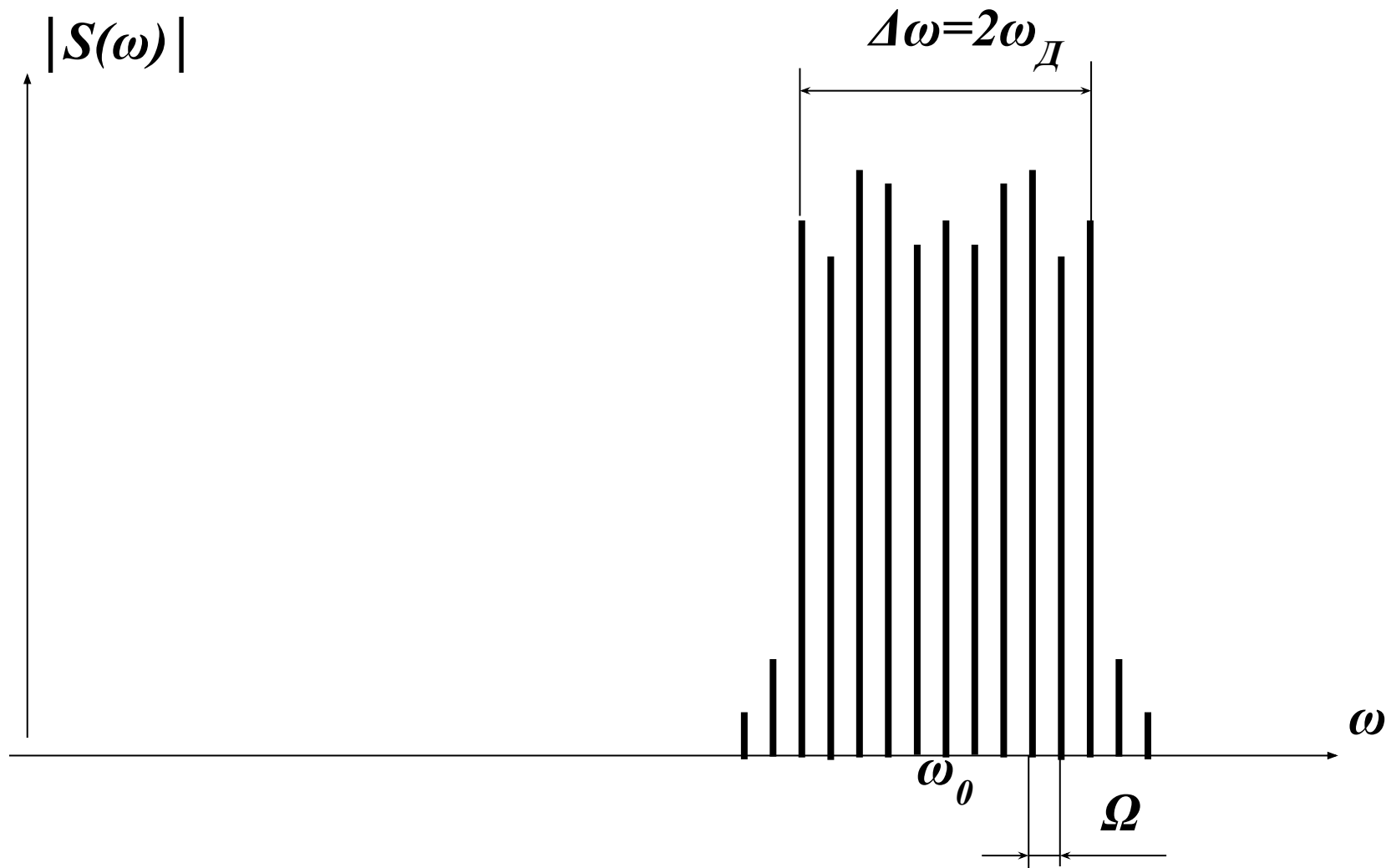
$$s(t) = A_0 \cos \theta(t) \cos \omega_0 t - A_0 \sin \theta(t) \sin \omega_0 t$$

$\theta_{\text{макс}}$ - произвольное

$$s(t) \cong A_0 J_0(\theta_{\text{макс}}) \cos \omega_0 t + \\ + A_0 \sum_{k=1}^N J_k(\theta_{\text{макс}}) \{ \cos[(\omega_0 + k\Omega)t + k\gamma] - \cos[(\omega_0 - k\Omega)t - k\gamma] \}$$

где $N \cong \theta_{\text{макс}}$

Спектр сигналов с угловой модуляцией при произвольном $\theta_{\text{макс}}$



Контрольный вопрос

К какому типу следует отнести этот сигнал (АМ, ЧМ, АМ + ЧМ)?

