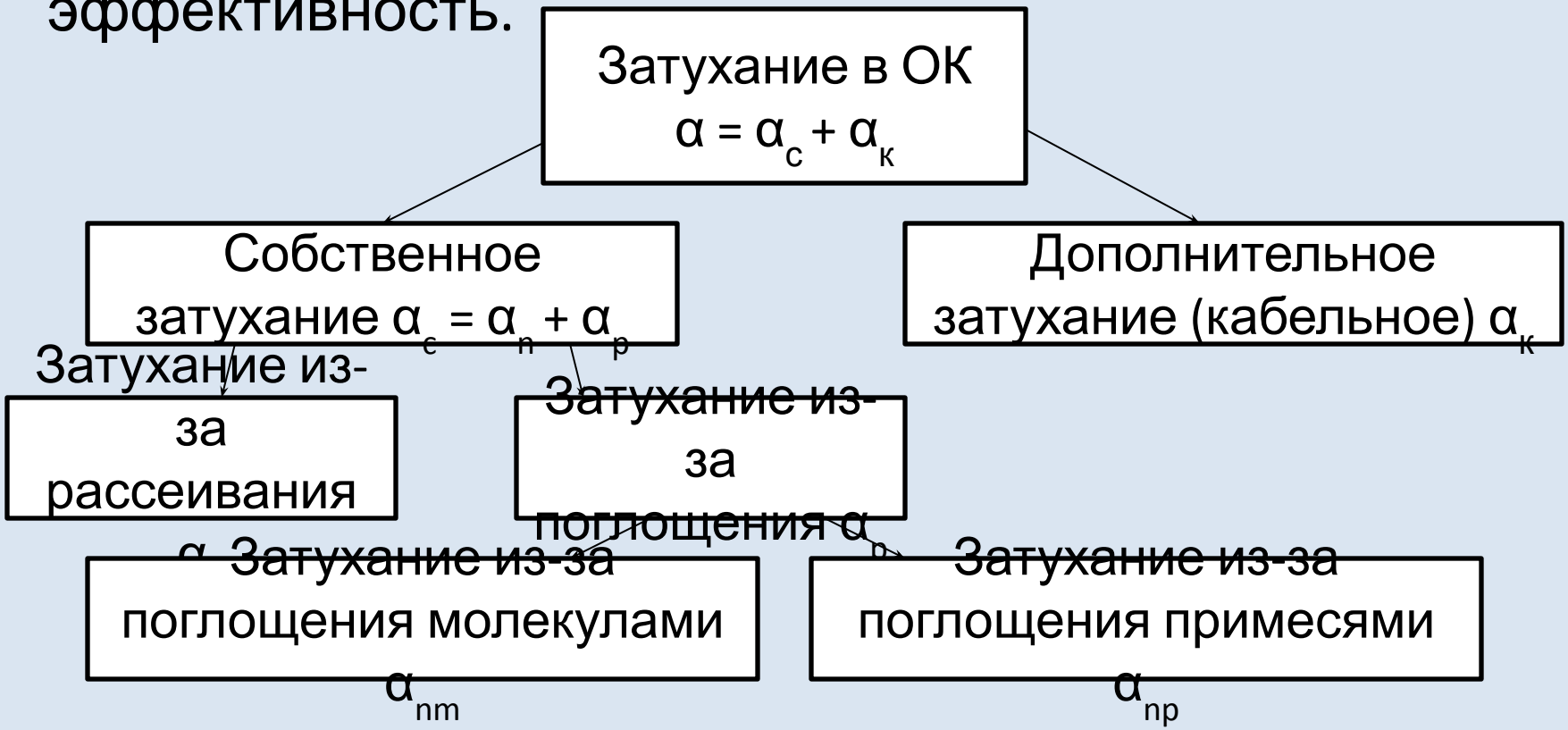
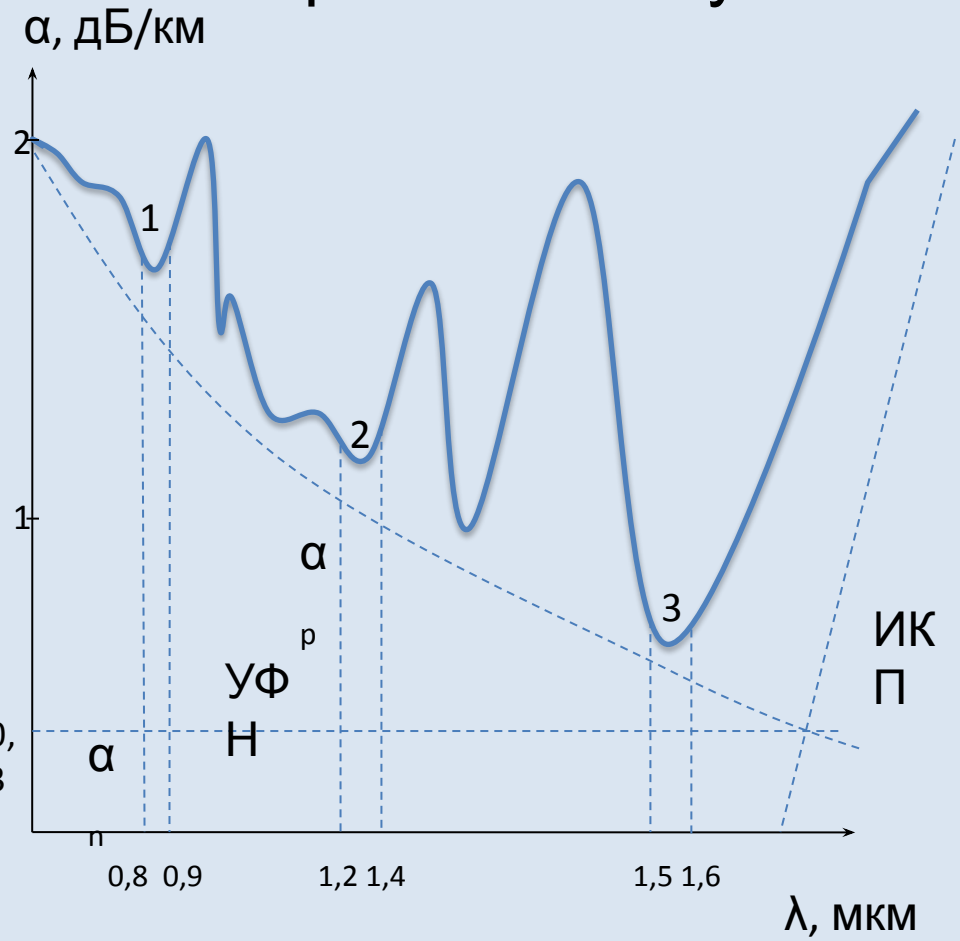
Ослабление сигнала в волоконных световодах

- Важнейшим параметром ВС являются потери и, соответственно, ослабление сигнала. Они определяют дальность передачи по ОК и его эффективность.



Потери на поглощение существенно зависят от чистоты материала и при наличии посторонних примесей могут быть значительными



I окно прозрачности

II окно прозрачности

III окно прозрачности

I – λ = 0,85мкм, α=3дБ/км

II – λ = 1,3 мкм, α=0,7дБ/км

0,34-0,36 дБ/км - ООВ

III – λ = 1,55мкм,

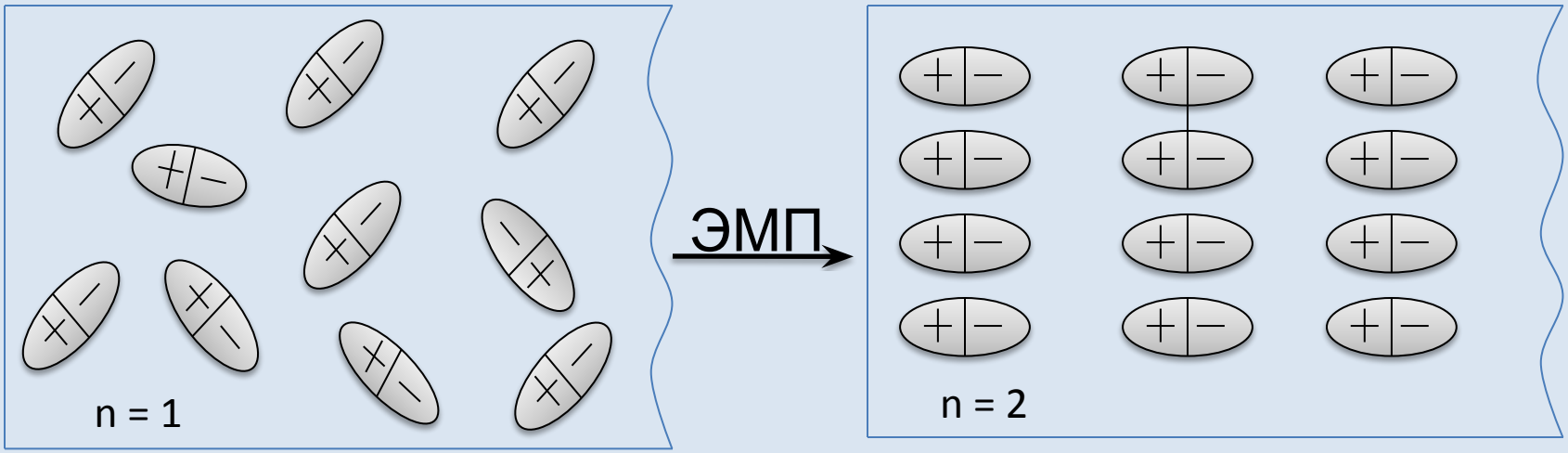
α=0,22дБ/км - ООВ

IV - λ = 1,565 - 1,620мкм

V – λ = 1,350 - 1,450мкм

Ослабление за счет поглощения в инфракрасном диапазоне обусловлено собственным резонансным поглощением в УФ- и ИК-областях.

Ультрафиолетовое поглощение определяет затухание в рабочем диапазоне длин волн и связано с потерями на диэлектрическую поляризацию, линейно растет с частотой и существенно зависит от свойств материала световодах (tg β). Это так называемое собственное поглощение кварца, механизм возникновения которого свя3ан с поведением диэлектрика в электрическом поле

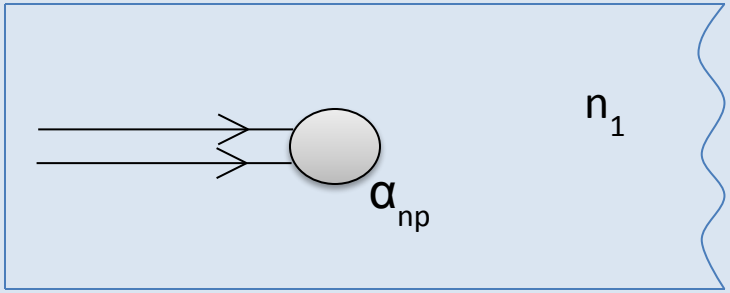


$$\alpha_n = 8{,}69 * \frac{\pi n_1 tg\beta}{\lambda}, \ дБ/км$$

где n_1 – показатель преломления сердцевины ОВ

tg β – тангенс угла диэлектрических потерь материала сердцевины, принимающий значения в диапазоне $2*10^{-11} \div 10^{-12}$

λ – длина волны, км (10^{-9})



Рэлеевское рассеивание обусловлено существованием мелкомасштабных (по сравнению с длиной волны излучения) флуктуации плотности или химического состава веществ. Эти флуктуации являются следствием неравновесных состояний, возникаю-щих в волокне в момент стеклования.Рэлеевское рассеивание обратно четвертой степени длины волны и характерно для неоднородностей, размеры которых менее длины волны, а расстояние между которыми достаточно велико, чтобы явление взаимодействия были исключены.

Примесное поглощение для разных стекол изменяется. В качестве примесей обычно рассматривают ионы металлов и гидроксогрупп OH^-. Пики поглощения за счет ионов металлов очень широкие.

Другой существенной в отношении поглощения примесью является вода, присутствующая в виде ионов OH^-. На содержание ионов OH^- в стекле влияет процесс его изготовления. Ей соответствуют ярко выраженный максимум поглощения в районе длины волны 1480 нм. Он присутствует всегда, поэтому область спектра в районе этого пика практически не используется. В настоящее время изготавливаемое ОВ становится на столько чистым (99,9999%), что наличие примесей перестает быть главенствующим фактором затухания в ОВ.

С увеличением показателя преломления эти потери увели-чиваются, а с ростом длины волны – уменьшаются.

$$\alpha_p = 4{,}34 * \frac{8\pi^3 (n_1^2 - 1)}{3\lambda^4} * k\chi T 10^3, \quad дБ/км$$

k = 1.38*10^{23} Дж/К – постоянная Больцмана,

T = 1500 К – температура перехода стекла в твердую фазу

X = 8,1*10^{-11} м^2/н - коэффициент сжимаемости для кварца

λ - в м! (*10^{-6})

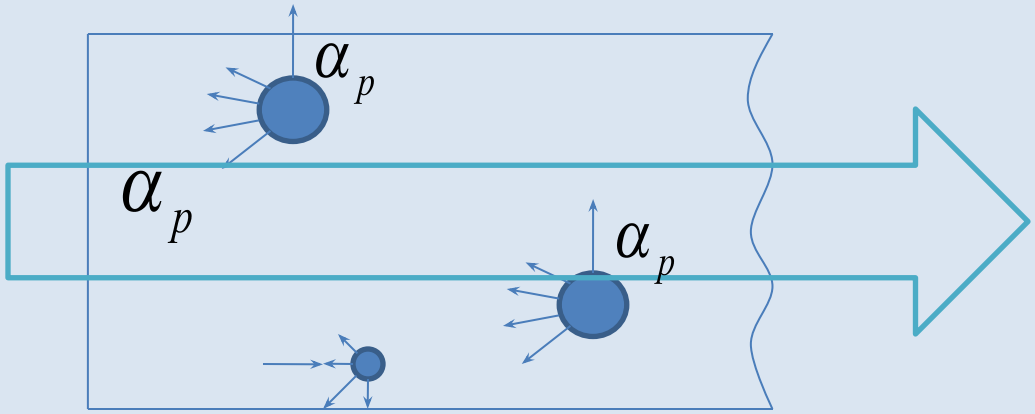
Кроме флуктуации плотности существенными являются также флуктуации концентрации окислов, которые добавляют в стекло для повышения показателя прелом-ления . Неоднородность концентрации создает большие флуктуации.

Суммарные потери на Гэлеевском рассеивании зависят от длины волны по закону λ^{-4} и количественно могут быть оценены по формуле:

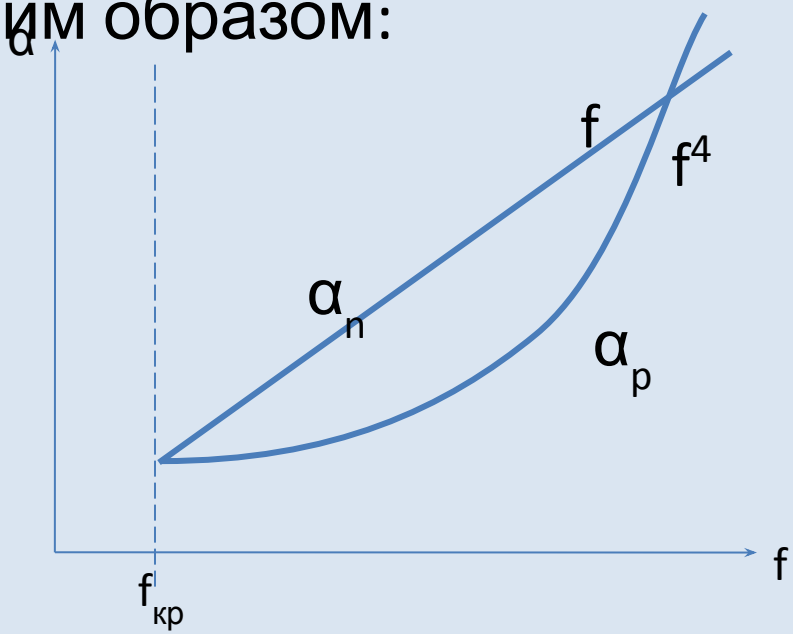
$$\alpha_p = \frac{k_p}{\lambda^4}, \qquad дБ/км$$

где kp – коэффициент рассеивания, для кварца 0,8 ÷1,0 ((мкм^4*дБ)/км)

λ – длина волны, мкм



Графически α_n и α_p можно представить следующим образом:



Дополнительные потери в ОК (или колебательные) обусловлены деформацией ОВ в процессе изготовления кабелей, скруткой, изгибами волокон, а также технологическими неоднородностями в процессе изготовления волокон.

Они состоят из суммы семи коэффициентов затухания:

$$\alpha_{каб} = \sum_{i=1}^{7} \alpha_i$$

α_1 – затухание из-за приложения к ОВ термомеханических воздействий в процессе изготовления кабелей обусловлено различием коэффициентов удлинения стекол сердцевины и оболочки α<0,1 дБ/км;

α_2 – вследствие температурной зависимости коэффициента преломления материала ОВ ;

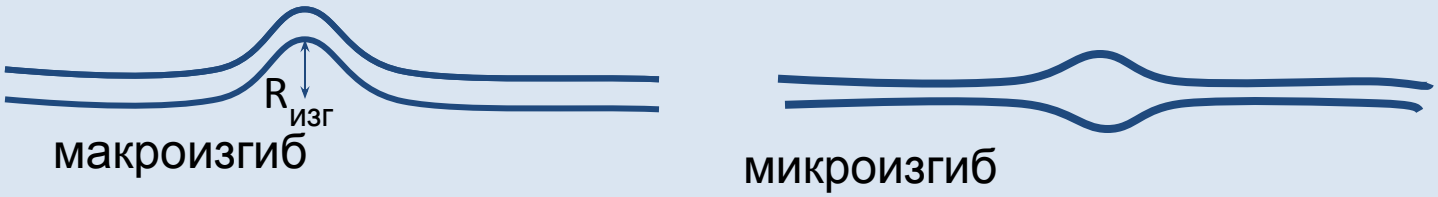
α_3 - вызывается микроизгибами ОВ т.е. из-за локального нарушения прямолинейности ОВ;

$$\alpha_3 < (0{,}001 \div 0{,}1) дБ$$

α_4 – возникает вследствие нарушения прямолинейности ОВ (скрутка, прокладка или макроизгибы);

$$\alpha_4 < (0{,}5 \div 1) дБ/км$$

$R_{изг} \geq 20Д$



α_5 - возникает вследствии кручения ОВ относительно его оси(осевые напряжения скручивания);

α_6 – возникает вследствие неравномерности покрывания ОВ

α_7 – возникает вследствие потерь в защитной оболочке ОВ

$$\alpha_7 < 0{,}1 \div 0{,}3 \text{ дБ/км}$$

Следует учитывать потери на соединение ОВ т.е. при монтаже).

При соблюдении норм технологического процесса изготовления доминируют потери на микроизгибы. Потери на макроизгибах и в защитных оболочках сравнительно невелики. В целом $\alpha_{доп} = 0{,}1 \div 0{,}7$дБ