

## Задачи второго тура Олимпиады «Инфотелеком-2021»

### Секция «Оптоэлектронные технологии (фотоника) в инфокоммуникациях»

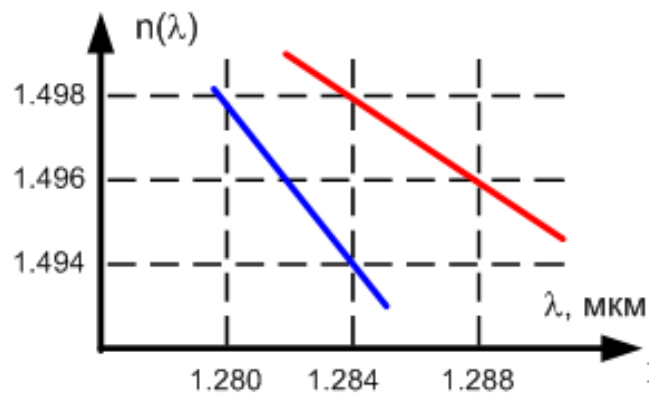
#### Уровень 1

1. При подключении к волокну измерительных источников излучения с мощностью 1.8 мВт и разными длинами волн  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$  мощность сигнала на выходе составила  $-13$  и  $-8$  дБм соответственно. Коэффициент затухания на длине волны  $\lambda_1$  равен 3.1 дБ/км. Найдите коэффициент затухания на длине волны  $\lambda_2$ .

2. Длина волны отсечки некоторого волокна со ступенчатым профилем показателя преломления равна 0.89 мкм. Найдите примерное число направляемых мод на длинах волн 0.65 мкм и 1.55 мкм.

#### Уровень 2

3. Зависимость показателей преломления сердцевины и оболочки ступенчатого многомодового оптического волокна показана на рисунке. Рабочая длина волны составляет 1284 нм. Определите, можно ли ввести в это волокно через торец излучение из воды ( $n = 1.33$ ) и из воздуха под углом  $60^\circ$ ?



4. Хроматическая дисперсия одномодового волокна длиной 133 км на длине волны 1322 нм составляет 21.8 пс/(нм\*км), при этом уширение импульса равно 1.3 нс. Найти хроматическую дисперсию на длине волны 1550 нм, если уширение импульса на этой длине волны составляет 0.92 нс. Считать, что ширина полосы излучения в единицах частоты для длин волн 1322 и 1550 нм одинаковы.

### Уровень 3

5. В таблице представлены параметры двух оптических волокон. Сравните волокна по всем известным видам дисперсии на длине волны 1550 нм. Объясните свои ответы. Если по какому-то виду дисперсии сравнение провести невозможно, укажите, каких данных Вам не хватает для ответа.

Параметр	Волокно 1	Волокно 2
Затухание на длине волны 1550 нм, дБ/км	0.22	0.24
Затухание на длине волны 1310 нм, дБ/км	0.48	0.5
Эксцентриситет сердцевина/оболочка, мкм	$\leq 1.5$	$\leq 1.2$
Длина волны отсечки, нм	1420	1450
Длина волны нулевой дисперсии, нм	1575	1560
Наклон нулевой дисперсии, пс/нм <sup>2</sup> *км	0.091	0.092

6. Волоконно-оптическая линия состоит из стандартного волокна длиной 115 км и компенсатора дисперсии (длина компенсирующего волокна 18 км. Хроматическая дисперсия в стандартном волокне равна 22 пс/(нм\*км), в компенсирующем –105 пс/(нм\*км). Найти максимальную ширину спектра источника излучения, при которой линия сможет работать со скоростью передачи 5 Гбит/с (ширину спектра сигнала, передаваемого с заданной скоростью считать равной 10 ГГц) без установки регенератора? Рабочая длина волны 1550 нм. Считать, что используется линейное кодирование RZ-50.

## Задачи от компании ООО «Т8 НТЦ»

1) Оцените максимальную дальность передачи в CWDM линии при следующих параметрах: мощность передатчика +5 дБм, чувствительность приемника -30 дБм, рабочая длина волны 1310 нм, волокно SSMF (G.652). Затухание волокна  $\alpha_{1310} \approx 0,35 \dots 0,4$  дБ/км.

2) Оцените максимальную дальность передачи сигнала в следующей линии: передатчик (длина волны 1550 нм, мощность 0 дБм), волокно SSMF (G.652) ( $\alpha_{1550} \approx 0,2$  дБ/км), эрбиевый усилитель (шум-фактор  $nf=6$  дБ), компенсатор хроматической дисперсии, приемник (требуемое OSNR 12 дБ).

3) Оцените OSNR на выходе из линии, состоящей из N одинаковых пролетов волокна с потерями  $\alpha$  [дБ/км] длины L [км] каждый. Входная мощность во все пролеты одинакова и равна p [дБм]. Шум-фактор усилителей  $nf$  [дБ].

4) Эффект ВКР усиления можно описать уравнением  $dI_s/dt = g_R I_s I_p$ , где  $I_s, I_p$  - функции зависимости интенсивности сигнала и накачки от координаты,  $g_R$  – коэффициент ВКР – усиления. Получите выражение для  $g_{ON/OFF}$  ВКР-усилителя – отношение мощности на выходе линии при включенной и выключенной накачке. Длина линии L [км], затухание на длинах волн сигнала и накачки  $\alpha_s$  и  $\alpha_p$  [дБ/км], мощность встречной накачки в точке ввода  $P_{p,0}$  [дБм]. Используйте приближение неистощающейся накачки.

5) В простейшем случае нелинейные эффекты в длинной линии без компенсации дисперсии при использовании транспондера с когерентным форматом модуляции могут быть описаны с помощью GN-модели, основные положения которой следующие: 1) нелинейные искажения ведут себя как нелинейный интерференционный Гауссов шум, мощность которого пропорциональна кубу мощности сигнала  $P_{nl} = \eta P_s^3$  2) Нелинейный шум аддитивно складывается с шумом ASE усилителей линии, что позволяет ввести понятие полного OSNR  $OSNR_{BER} = 1/(OSNR_{ASE}^{-1} + OSNR_{NL}^{-1})$ , где  $OSNR_{NL} = P_s/P_{nl}$ ,  $OSNR_{ASE} = P_s/P_{ASE}$ . Найдите значение оптимальной входной мощности в линию по критерию а) максимального запаса по OSNR б) наилучшего качества сигнала. Мощность шума ASE и коэффициент нелинейности  $\eta$  считайте известными.

#### **Задание от компании НТЦ «АРГУС»**

Какая ширина канала в битах необходима для передачи речи? Обоснуйте.