

Дополнительные потери в оптическом волокне обусловлены деформацией оптического волокна в процессе изготовления, скруткой, изгибами волокон и т.д. При этом потери на микроизгибе могут изменяться в пределах (0,01-0,1) дБ, затухание кабеля, выше которого волокно признается несоответствующим эксплуатационным нормам и признается неисправным, с учетом дополнительных потерь равно:

$$\alpha_k = \alpha_c + \alpha_{don} \quad (4.12)$$

Дополнительное затухание за счет излучения при микроизгибах для одномодовых световодов рассчитывается по формуле:

$$a_{micro} = 2 \cdot 10^{-4} \frac{k \cdot a \cdot \omega_0^6}{b^6 \cdot \Delta^3 \cdot \lambda^4}, \text{дБ/км}, \quad (4.13)$$

где k – коэффициент, зависящий от длины и амплитуды микроизгибов, $k = 10 - 15$, примем $k = 10$;

a – радиус сердечника стекловолокна, мкм (a равен 5);

λ – длина волны, мкм;

b – диаметр оболочки, мкм (b равен 125);

ω_0 – радиус поля моды, 6,68 мкм;

Δ – относительная разность показателей преломления 0,00207

$$a_{micro,55} = 2 \cdot 10^{-4} \frac{10 \cdot 5 \cdot 6,68^6}{125^6 \cdot 0,00207^3 \cdot 1,55^4} = 0,045 \text{дБ/км},$$

$$a_{micro,31} = 2 \cdot 10^{-4} \frac{10 \cdot 5 \cdot 6,68^6}{125^6 \cdot 0,00207^3 \cdot 1,31^4} = 0,0091 \text{дБ/км}$$

$$a_{macro} = \frac{26 \cdot 10^{-3} \cdot a}{\Delta \cdot d \cdot \left[1 + \left(\frac{s}{\pi \cdot d} \right)^2 \right]}, \text{дБ/км} \quad (4.14)$$

где a – радиус сердечника, 5 мкм

Δ – относительная разность показателей преломления 0,00207

d – диаметр скрутки, $d = 18$ мм;

s – шаг скрутки, мм.

Отношение s/d называется параметром устойчивости скрутки, который в оптических кабелях находится в пределах 12 – 30, принимаем s/d равное 30.

$$a_{macro} = \frac{26 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^{-6}}{0,00207 \cdot 18 \cdot 10^{-3} \cdot \left[1 + \left(\frac{30}{3,14} \right)^2 \right]} = 0,000037 \text{дБ/км}$$

4.6 Расчет дисперсии оптических волокон

В световодах при передаче импульсов после прохождения некоторого расстояния импульсы искажаются, расширяются и наступает момент, когда соседние импульсы перекрывают друг друга. Это явление называется дисперсией.

Дисперсия возникает по двум причинам : некогерентность источника излучения и появление спектра $\Delta\lambda$, существование большого числа мод.

Первая называется хроматической (частотной) дисперсией, которая делится на материальную и волноводную. Материальная дисперсия обусловлена зависимостью коэффициента преломления материала световода от длины волны. Второй вид дисперсии носит название модовой, которая отсутствует в одномодовых световодах. В одномодовых световодах проявляется материальная и волноводная дисперсии, которые рассчитываются по формулам :

$$\tau_m = \Delta\lambda \cdot M(\lambda), \quad (4.16)$$

$$\tau_g = \Delta\lambda \cdot B(\lambda), \quad (4.17)$$

где $\Delta\lambda$ - ширина спектра источника излучения лазера, равная 0,2 нм;

$M(\lambda)$ -удельная дисперсия материала;

$B(\lambda)$ -удельная волновая дисперсия.

$M(\lambda)$ и $B(\lambda)$ определяются из графика зависимости этих дисперсий от длины волны, который приведен на рисунке 4.1

Для $\lambda = 1550$ нм:

$$M(\lambda) = -24 \text{ пс}/(\text{км} \cdot \text{нм});$$

$$B(\lambda) = 6 \text{ пс}/(\text{км} \cdot \text{нм}).$$

Для $\lambda = 1310$ нм:

$$M(\lambda) = -9 \text{ пс}/(\text{км} \cdot \text{нм});$$

$$B(\lambda) = 5,5 \text{ пс}/(\text{км} \cdot \text{нм}).$$

Таким образом, значение хроматической дисперсии на $\lambda = 1550$ нм:

$$D(\lambda) = |M(\lambda) + B(\lambda)|$$

$$D(\lambda) = |-24 + 6| = 18 \text{ пс}/(\text{км} \cdot \text{нм}).$$

Значение хроматической дисперсии на $\lambda = 1310$ нм:

$$D(\lambda) = |-9 + 5,5| = 3,5 \text{ пс}/(\text{км} \cdot \text{нм}).$$

Определим по формуле результирующее значение дисперсии для одномодового оптического волокна:

$$\tau_{рез} = \Delta\lambda \cdot D(\lambda)$$

$$\tau_{\partial\lambda_{д.55}} = 0,2 \cdot 18 = 3,6 \text{ пс}/\text{км}$$

Расчет амортизационных отчислений производится в таблице 6.4.

Таблица 6.4 – Расчет амортизационных отчислений

Виды основных производственных фондов	Стоимость основных производственных фондов, тыс. руб.	Нормы амортизации на полное восстановление, %	Амортизационные отчисления, тыс. руб.
Отчисления на оборудование ЛАЦ	4467,2	9,96	444,9
Отчисления на линейные сооружения	25542,9	6,7	1711,3
Итого	30010,1	-	2156,2

Прочие расходы определяются в размере 10% от суммы рассчитанных ранее затрат.

Результаты расчета всех затрат на производство услуг связи сведем в таблице 6.5.

Таблица 6.5-Годовые затраты на производство услуг связи

Наименование статей затрат	Сумма затрат тыс. руб. в год	Структура затрат в % к итогу
Годовой фонд оплаты труда	8370	58,2
Отчисления на социальные нужды	2511	17,3
Затраты на материалы и запчасти	67	0,4
Затраты на электроэнергию	65,9	0,3
Амортизационные отчисления	2156,2	14,8
Прочие расходы	1317	9
Всего по смете:	14487,1	100

6.4 Расчет основных экономических показателей

В заключение произведем расчет экономических показателей, которые характеризуют обоснованность построения данной линии связи.

Удельные капитальные затраты показывают величину капитальных затрат в расчете на один канал или один канал – километр. Расчет этого показателя необходим при определении сравнительной эффективности нескольких вариантов строительства участков первичной сети. Расчет удельных капитальных затрат можно производить по следующим формулам: