

О насущном вопросе: как перевести из дБм в дБ? (часть 3, заключительная)

Операции с дБм и дБ при расчете бюджета линии связи и при измерении потери в ОВ

Пример 1. Расчет бюджета линии связи

Можно доказать, что при расчете бюджета радиолинии, атмосферно оптической или волоконно-оптической линии связи нет смысла переводить величины из дБм в дБВт и наоборот – итоговый результат от этого не изменится. Рассмотрим это на примере расчета бюджета мощности волоконно-оптической линии связи. В этом же примере покажем отличие дБм от дБ.

Вычисление бюджета линии связи выполняется инженером при проектировании ВОЛС, радиорелейной или спутниковой линии связи. Методика расчета одна и та же, различие только в видах источников усиления сигнала и потерь. Например, в радиолинии необходимо учитывать коэффициент усиления приемной и передающей антенны, потери в антенно-фидерном тракте, потери мощности при распространении электромагнитной волны в свободном пространстве и др. В ВОЛС причины потерь иные – собственные потери ОВ, вследствие поглощения, рассеяния, излучения света, потери на коннекторах, потери на сварных соединениях, потери в сплиттере и др. Поскольку данный расчет бюджета мы будем проводить с целью пояснения отличия дБм от дБ, для простоты вычислений мы будем учитывать только потери в ОВ, на коннекторах и на сварных соединениях. В результате расчет бюджета оптической линии связи будем производить с учетом следующих параметров:

- максимальная мощность на выходе источника излучения $P_{tr}=32$ мВт;
- минимальная допустимая мощность на входе фотоприемника $P_{rec}=3$ мкВт;
- потери в ОВ $a_{ов} = 39,6$ дБ;
- потери на коннекторах $a_{кон}=1,8$ дБ;
- потери на сварных соединениях $a_{св}=1,4$ дБ;
- сигнал усиливается в оптическом усилителе на $G=8$ дБ.

Сначала переведем значения мощности на выходе источника и на входе фотоприемника из абсолютных величин в относительные логарифмические величины дБм с помощью формулы (2.1), которую мы приводили [во второй части](#):

$$A_{tr} = 10 \lg \frac{32 \cdot 10^{-3}}{1 \cdot 10^{-3}} = 15.1 \text{ дБм},$$

$$A_{rec} = 10 \lg \frac{3 \cdot 10^{-6}}{1 \cdot 10^{-3}} = -25.2 \text{ дБм},$$

и в дБВт с помощью формулы (2.2) (см. [вторую часть](#))

$$A'_{tr} = 10 \lg \frac{32 \cdot 10^{-3}}{1} = -14.9 \text{ дБВт},$$

$$A'_{rec} = 10 \lg \frac{3 \cdot 10^{-6}}{1} = -55.2 \text{ дБВт}.$$

Оптический бюджет $\mathcal{E}$ определяется как разность уровней мощности передатчика и чувствительности приемника:

$$\mathcal{E}_{[дБ]} = A_{tr} - A_{rec}$$

Составим уравнение энергетического баланса:

$$\mathcal{E}_{[дБ]} + G_{[дБ]} = \alpha_{ОВ [дБ]} + \alpha_{кон [дБ]} + \alpha_{св [дБ]}$$

рассматриваемая линия связи будет работать с заданным коэффициентом ошибок при условии

$$A_{tr [дБм]} - A_{rec [дБм]} + G_{[дБ]} - \alpha_{ОВ [дБ]} - \alpha_{кон [дБ]} - \alpha_{св [дБ]} \geq 0. \quad (3.1)$$

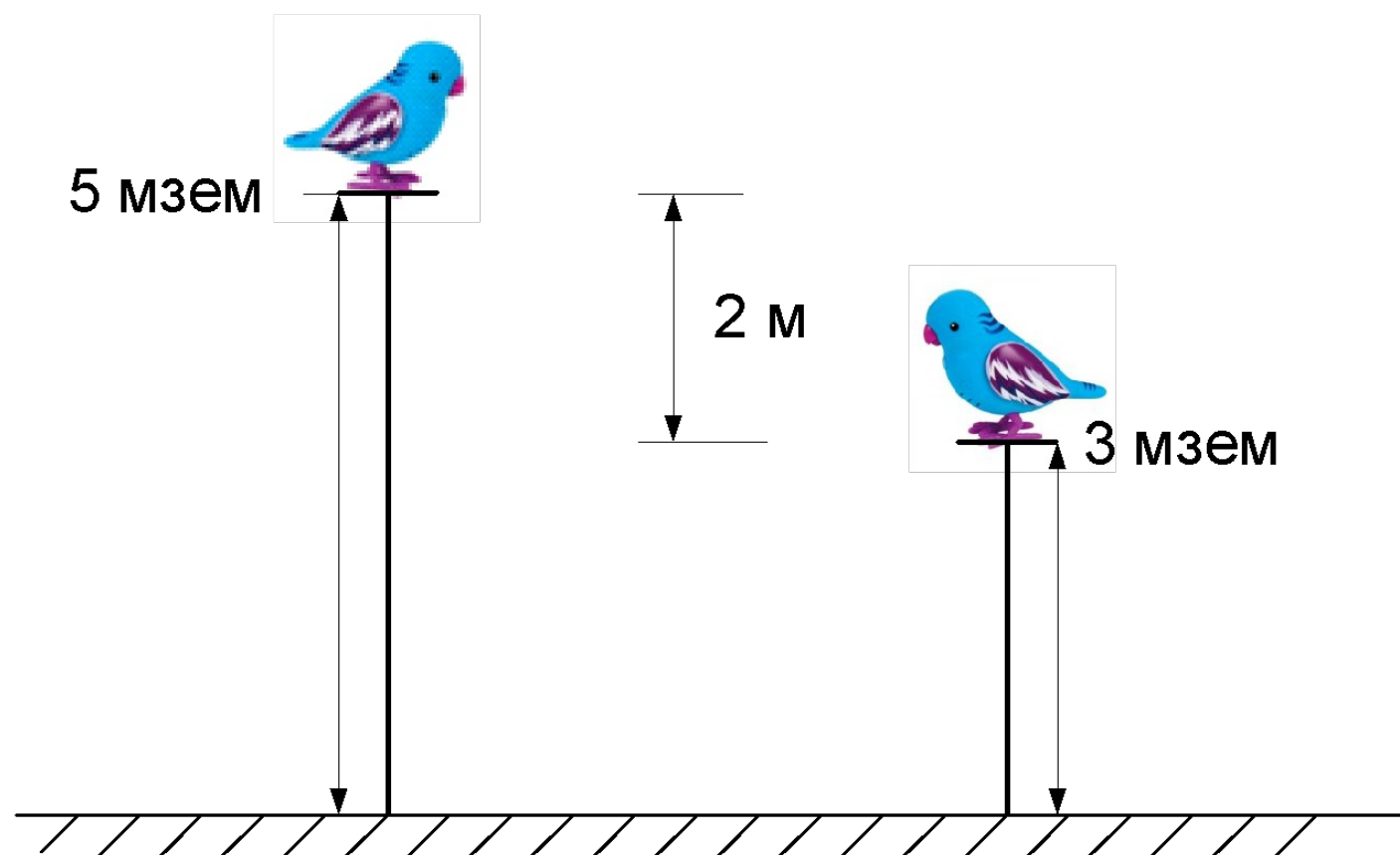
На этом этапе обычно все люди начинают переводить дБм в дБ, чтобы выполнить сложение. На самом деле переводить здесь ничего не надо, поскольку разность уровней сигнала $A_{tr} - A_{rec}$ уже само по себе дает нам величину в дБ. Напомним еще раз, что в дБ мы выражаем потери или величину усиления сигнала, в дБм – уровень мощности сигнала. Поэтому если мы вычитаем из дБм децибелы, то в результате получим дБм, например:

$$A_{tr [дБм]} - \alpha_{ОВ [дБ]} = A_{sig1 [дБм]},$$

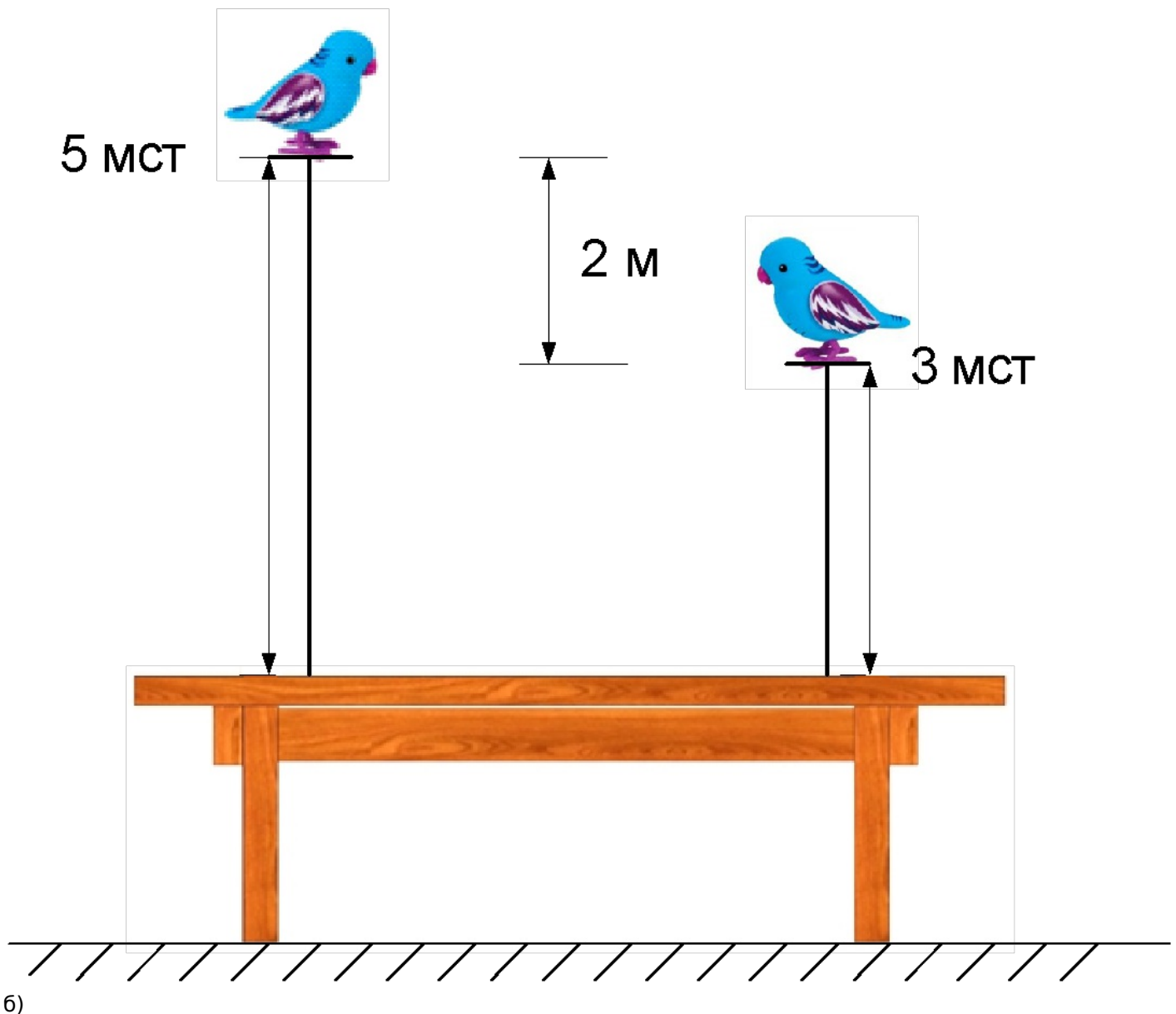
Аналогично, складывая дБм с децибелами, получим дБм

$$A_{tr [дБм]} + G_{[дБ]} = A_{sig2 [дБм]}.$$

Чтобы проще было это понять, рассмотрим следующий пример. Предположим, что 1 птица сидит на жерди, на высоте относительно земли 5 метров (рис 4а). Данное значение мы принимаем относительно поверхности земли, поэтому условимся его обозначать "мзем". Это относительное значение можно сопоставить с дБм, при которых мощность задается относительной опорной в 1 мВт. Предположим, что 2 птица сидит относительно поверхности земли на высоте 3 метра, соответственно значение – 3 мзем. Первая птица сидит выше второй на 2 метра или можно также сказать, что 2 птица сидит ниже первой на 2 метра. Данную уже не относительную величину разности высот можно сопоставить с дБ. Очевидно, что высоту второй птицы можно определить, вычитая из 5 мзем 2 метра, и мы получим 3 мзем. Таким образом, мы получили результат 3 мзем, из которого следует, что 2 птица сидит на высоте 3 метра относительно поверхности земли. Вычитая из относительной величины мзем абсолютную величину 2 м, мы получаем в итоге относительную величину мзем.



a)



б)

Рис. 4 К пояснению величин дБм и дБВт

На результат не влияет, относительно какого опорного уровня мы задаем величины, будь то земля или стол, (по аналогии с дБм и дБВт – мощность 1 мВт или 1 Вт соответственно). Высоту относительно стола условимся обозначать "мст". Это относительное значение можно сопоставить с дБВт. 1 птица сидит относительно поверхности стола на высоте 5 мст, 2 птица – 3 мст. Опорный уровень высоту в данном случае не поверхность земли, а стол, однако разность в высоте между птицами как было 2 м, так и осталось (рис. 4б).

Стоит отметить, что складывать дБм с дБм бессмысленно, получится произведение мощностей. Записать данный результат в дБ уже нельзя

$$A_{sig1 [дБм]} + A_{sig2 [дБм]} = 10 \lg \left(\frac{P_{sig1 [Вт]}}{P_0 = 1 мВт} \cdot \frac{P_{sig2 [Вт]}}{P_0 = 1 мВт} \right).$$

Вернемся к нашему примеру определения бюджета линии связи. Подставляя в формулу (3.1) наши численные значения уровня сигнала в дБм получим

$$15.1_{[дБм]} - (-22.5)_{[дБм]} + 8_{[дБ]} - 39.6_{[дБ]} - 1.8_{[дБ]} - 1.4_{[дБ]} = 5.5 \text{ дБ}$$

Подставляя уровень сигнала в дБВт

$$-14.9_{[дБВт]} - (-55.2)_{[дБВт]} + 8_{[дБ]} - 39.6_{[дБ]} - 1.8_{[дБ]} - 1.4_{[дБ]} = 5.5 \text{ дБ}$$

Таким образом, нет смысла переводить уровень сигнала из дБм в дБВт и наоборот – результат от этого не изменится. Также мы уяснили, нет смысла переводить значения из дБм в дБ – эти единицы измерения имеют разный физический смысл.

Если же вы все-таки решите переводить из дБм в дБВт, можно использовать следующую упрощенную формулу

$$A_{[дБВт]} = A_{[дБм]} - 30,$$

Пример 2. Измерение потери в ОВ

Оптические тестеры способны измерять мощность оптического сигнала в абсолютных единицах Вт и относительных единицах дБм. Если мы будем записывать результаты измерения в Вт, то для вычисления потерь в ОВ нам необходимо воспользоваться следующей формулой

$$\alpha_{ОВ [дБ]} = 10 \lg \left(\frac{P_1 [Вт]}{P_2 [Вт]} \right), \quad (3.2)$$

где P_1 и P_2 – мощности сигнала соответственно на входе и выходе ОВ, выраженные в Вт, мВт (мВт, милливатт) или мкВт (мкВт, микроватт).

В случае, когда измеритель оптического излучения выдает нам значение мощности сигнала в логарифмических единицах, то есть в дБм, то вычисление значения потерь в ОВ значительно упрощается

$$\alpha_{ОВ [дБ]} = A_1 [дБм] - A_2 [дБм], \quad (3.3)$$

Рассчитаем вносимые потери ОВ длиной 1 км, уложенного в катушке. Убедимся, что вычисление потерь с помощью формулы (3.3) обеспечит такой же результат, что и вычисление потерь с помощью формулы (3.2). Соответственно подключаем источник излучения с одного конца ОВ, измеритель оптической мощности с другого. На рис. 5 приведены показания измерителя оптической мощности в дБм и мкВт на выходе данной катушки. Далее для вычисления потерь в катушке необходимо определить мощность сигнала, который был на входе ОВ. Подключим измеритель к источнику с помощью 2-х метрового оптического патчкорда и запишем получившиеся значения (рис 6).



a)



б)

Рис. 5 Измерение мощности сигнала на выходе катушки: а) уровень сигнала в дБм; б) мощность сигнала в мкВт

[О насущном вопросе: как перевести из дБм в дБ? (часть 3, заключительная)]

а)



б)

Рис. 6 Измерение мощности сигнала на выходе источника: а) уровень сигнала в дБм; б) мощность сигнала в мкВт

Подставляя значения мощности сигнала в Вт в формулу (3.2) получим следующее значение потерь

$$\alpha_{ОВ} = 10 \lg \left(\frac{394.3 \cdot 10^{-6} \text{ [Вт]}}{337 \cdot 10^{-6} \text{ [Вт]}} \right) = 0.7 \text{ дБ}$$

Подставляя значения уровня мощности в дБм в формулу (3.3)

[\[О насущном вопросе: как перевести из дБм в дБ? \(часть 3, заключительная\)\]](#)

Таким образом, вычисления потерь в дБм дают такой же результат, как и вычисления в мкВт, однако с вычислительной точки зрения дБм гораздо удобнее.

Заключение

В отличие от дБ, которые характеризуют потери (во сколько раз уменьшается мощность оптического сигнала) или усиление (во сколько раз увеличивается мощность оптического сигнала), дБм показывают уровень мощности сигнала, относительно опорной мощности равной 1 мВт. Нет смысла переводить значения из дБм в дБ – эти единицы измерения имеют разный физический смысл. При расчете энергетического бюджета линии связи нет смысла переводить уровень сигнала из дБм в дБВт и наоборот – результат от этого не изменится.