

**Использование одиночного несущего канала  
в проектах разгрузки местной линии**

Mr. G. Moumoulidis, OTE



**UNION INTERNATIONALE DES TELECOMMUNICATIONS  
INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION  
UNION INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES**





## 1. Введение

До этого мы рассматривали простые применения, где дополнительные емкости предназначались для обеспечения ежедневно предоставляемых услуг, когда существующие емкости полностью исчерпаны, а именно, когда спрос достиг существующих емкостей.

Проблема расширения емкости немного изменяется. Предположим, что нам следует временно установить одиночный несущий канал для предоставления услуг, когда существующие емкости исчерпаны. Это означает, что вместо расширения существующего кабеля, что требует больших расходов, мы начнем установку одиночного несущего канала (ОНК) на существующем оборудовании (одна кабельная пара может предоставить две линии: физическую линию и несущий канал). Когда количество установленных ОНК становится достаточно большим, экономичнее убрать их и расширить существующий кабель.

Таким образом, установка нового кабеля, что требует больших расходов, отменяется на нескольких лет, пока суммарного спроса достигнет ниво когда установка ОНК не более экономична.

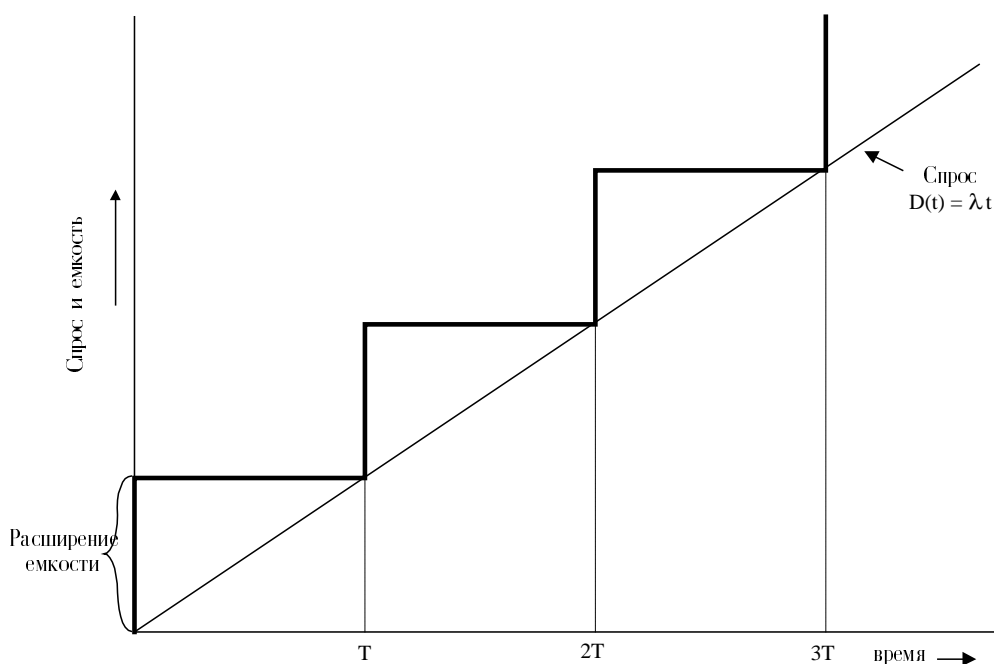
## 2. Экономическая оценка

Мы принимаем линейную модель спроса, а именно, рост спроса остается постоянным во времени.

$$D(t) = \lambda t \quad (1)$$

где  $D(t)$  - спрос во времени и  $\lambda$  - годовой рост спроса.

Когда спрос достигает емкости кабеля, по кабельной альтернативе новые услуги предоставляются, добавлением новых кабельных пар. Рис.1 описывает спрос (наклонная линия) и этапы расширения емкости (пунктирная линия). Эти скачки связаны с оптимальным временем расширения. Период последовательного расширения обозначается  $T$  и принимается постоянным.



Рассматривая эти линии, мы можем прийти к заключению, что во время расширения возможные емкости очень сильно связаны со спросом. Это замечание важно, т.к. оно говорит нам о том, что в некоторые годы значительные инвестиции остаются неэффективными.

Сейчас мы рассчитаем случай установки ОНК для абонентских услуг, когда нет свободных пар.

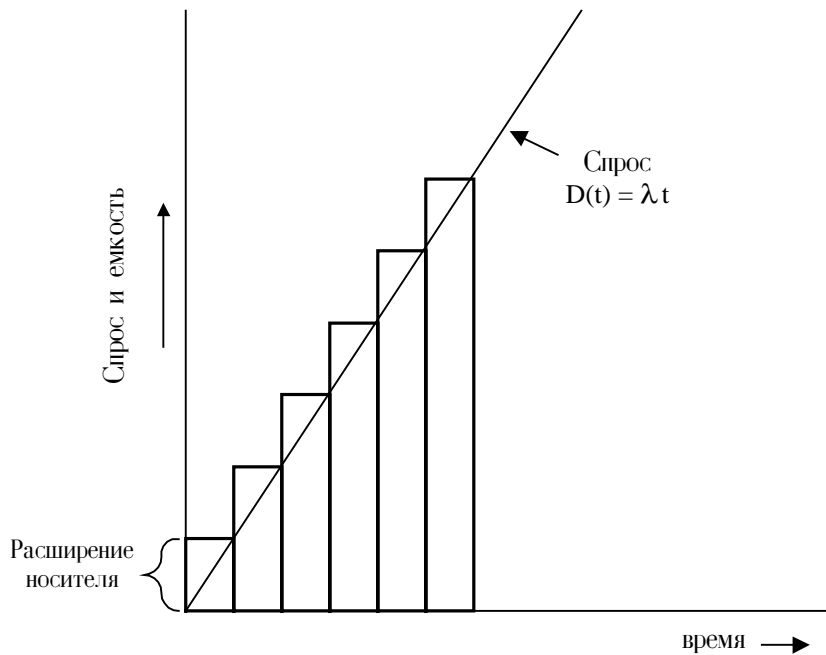


Рис. 2 : Установка ОНК во времени отвечает спросу

Мы видим, что годовое развитие ОНК на этом графике похоже на наклонную линию, которая идет примерно по линии спроса. В этом случае уже нет неэффективных емкостей.

Вышеупомянутый факт не означает, что экономичнее устанавливать ОНК и отменить укладку кабеля. Этими простыми средствами, в момент времени с низким общим спросом, может быть более экономичнее предоставить услуги использованием ОНК. Когда спрос возрастает ОНК будет убираться и должен добавляться новый кабель. В каждом случае стратегические действия предпринимаются в зависимости от стоимости ОНК и укладки кабеля, также как от роста спроса.

Стоимость расходов в настоящее время для ОНК оценивается следующим образом:

Принимаем, что  $\Gamma$ , это общая стоимость одного ОНК. Пусть  $\gamma$  будет

$$\gamma = i\Gamma \tag{2}$$

Постоянная  $\gamma$  приблизительно описывает годовые расходы на ОНК. Это приближение не включает все расходы на установку и демонтаж.

Стоимость расходов в настоящее время на ОНК определяется на  $t$  лет спроса и примерно равняется:

$$(PW)_{SCC} = \int_0^t \lambda t \gamma e^{-rt} dt \tag{3}$$

Сейчас мы хотим рассмотреть случай, когда ввод отвечает спросу и примерно определяется до времени  $T$ , затем мы убираем ОНК и расширяем кабели добавляя одиночные пары. На рис.3 изображен этот проект.

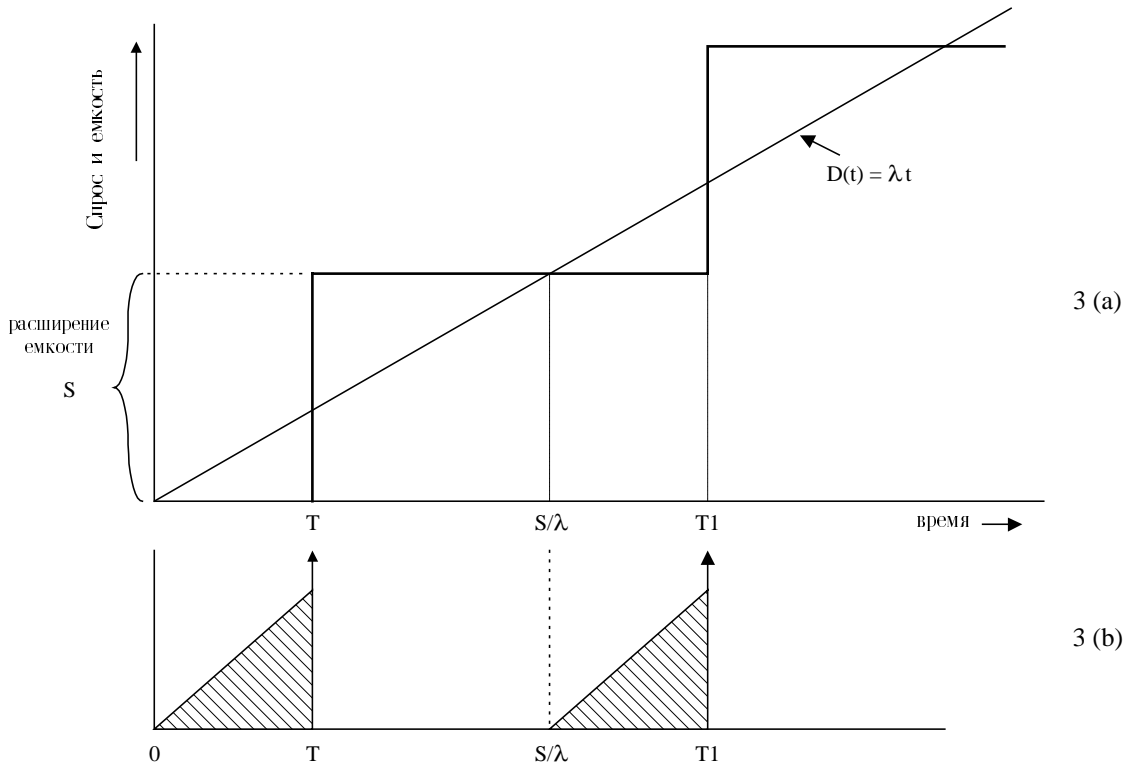


Рис. 3

Рис 3 (b) описывает поток наличности, и мы можем видеть, что расходы состоят из двух компонентов. Один дискретный во времени, представленный стрелками, направленными вверх, и определяющий те расходы, которые должны производиться расширением емкостей, и один продолжительный, представленный треугольниками. Это дает стоимость использования ОНК на  $T$  лет. Стоимость в настоящее время  $W$  неограниченных расходов равняется

$$PW = \int_0^T \gamma \lambda t e^{-rt} dt + C(S)e^{-rT} + PW_F e^{-rs/\lambda} \quad (4)$$

$W_F$  - это стоимость в настоящее время неограниченного последовательного расширения во время  $S/\lambda$ , когда устанавливается новый ОНК (рис 3b) и добавляется новая пара, и  $C(S)$  - стоимость  $S$ -парного кабеля. в случае, когда все эти расширения производятся при одинаковой емкости и количестве ОНК,  $W_F = W$ . Таким образом мы получаем

$$PW = \frac{\int_0^T \gamma \lambda t e^{-rt} dt + C(S)e^{-rT}}{1 - e^{-rs/\lambda}} \quad (5)$$

$W$  - это функция от  $T$  и  $S$ , минимум которой может быть найден, когда

$$\frac{\partial W(T,S)}{\partial T} = 0, \quad \frac{\partial W(T,S)}{\partial S} = 0 \quad (6)$$

Эта алгебраическая система предоставляет оптимальную оценку для  $S$  и  $T$ .

Когда

- $T = 0$  оптимальная стратегия кабельной альтернативы;
- $T = \infty$  рекомендуется установка ОНК на длительное время;
- $0 < T < \infty$  мы временно используем ОНК в течение  $T$  лет, главным образом во время интервала  $(0-T)$  всего нового спроса исполняется от ОНК. В момент времени  $T$ , мы удаляем ОНК и мы устанавливаем нового кабеля из  $S$  пар. Оборудование достаточно эффективно до момента времени  $S/\lambda$ .

Полученная стоимость кабеля является линейной функцией от мощности  $S$

$$C(S) = A + BS \quad (7)$$

производные от равенства (5) получены

$$\gamma \lambda T = r(A + BS) \quad (8)$$

$$\left( e^{rs/\lambda} - 1 \right) = \frac{\gamma}{rB} \left( e^{rT} - 1 \right) \quad (9)$$

Детали вычислений не приводятся. Эта система не имеет точного решения. Решение может быть получено численными методами. Вышеупомянутая система может быть записана далее как

$$T = G + HS \quad (10)$$

$$S = Y\lambda [Z \cdot (e^{rT} - 1) + 1] \quad (11)$$

где

$$G = \frac{rA}{\gamma\lambda}, \quad H = \frac{rB}{\gamma\lambda}, \quad \gamma = \frac{\lambda}{r} \quad \text{and} \quad Z = \frac{\gamma}{rB}$$

В этой форме система может легко решаться итерационным методом, а именно, получая первоначальные значения  $S_0$  для емкости, из равенства (9) мы подсчитываем  $T$ , которое может подставляться в равенство (10). Затем могут быть найдены оптимальные величины для  $S$ . Этого добиваются, снова используя равенство (9) для новой оценки  $T$ . Если следовать этой процедуре после нескольких итераций будет найдено решение. Если две последовательные оценки для  $S(S_k, S_{k+1})$  находятся внутри предопределенного отношения точностью  $\epsilon$ .

$$|I - S_k|S_{k+1}| < \epsilon$$

тогда решение  $S = S_k \cdot T$  получается из равенства (9). Этот алгоритм убедительно доказал быстрое схождение. Подставляя суммарно в равенство (3), мы получаем ценность в настоящее время  $W$ .

$$PW = \left\{ \frac{\lambda \gamma}{r} \left[ \frac{1}{r} \left( 1 - e^{-rT} \right) - T e^{-rT} \right] + (A + BS) e^{-rT} \right\} / \left( 1 - e^{-rT} \right)$$

### 3. Применение

Для того, чтобы предоставить услуги в области, где использованы существующие кабельные пары имеется две альтернативы: *Альтернатива А* - увеличение емкости кабелей, тогда как *альтернатива В* - удовлетворить спрос временным использованием ОНК, а затем добавить новые кабели.

Данные

1.	<b>Кабель</b>	
	- базисная стоимость	70.0 MU/km
	- добавочная стоимость	4.9 MU/па p/km
	- стоимость укладки и стыковки	100.0 MU/km
	- стоимость изготовления траншей	550.0 MU/km
	- срок службы кабеля	35 лет
	- стоимость эксплуатации и техобслуживания	2 %
	- остаточная стоимость	--
	- абонент - 3 км от местной АТС	
2.	<b>Одиночный несущий канал</b>	
	- покупная стоимость	30.0 MU/ит
	- стоимость установки	8.0 MU/ит
	- срок службы	15 лет
	- стоимость эксплуатации и техобслуживания	5 %
	- остаточная стоимость	--
	- банковский процент	10 %
	рост спроса	10 абонентов в год

где MU, условная денежная единица

Подсчет фактора стоимости в настоящее время

- **Кабель**

$$\mu_c = 1 + \frac{1}{(1+i)^{T_c} - 1} + \frac{U_c}{i} = 1 + \frac{1}{(1.1)^{40} - 1} + \frac{0.02}{0.1} = 1.24$$

$$\hat{\mu}_c = 1 + \frac{1}{(1+i)^{T_c} - 1} = 1.04$$

- **Одиночный несущий канал**

$$\mu_s = 1 + \frac{1}{(1+i)^{T_s} - 1} + \frac{U_s}{i} = 1 + \frac{1}{1.1^{15} - 1} + \frac{0.05}{0.1} = 1.81$$

$$\hat{\mu}_s = 1 + \frac{1}{(1+i)^{T_s} - 1} = 1.31$$

Подсчет стоимости в настоящее время для неограниченной замены

- кабель

Стоимость:

- Базисная стоимость на километр  $a = 70 \cdot \mu_c + (100 + 550) \hat{\mu}_c = 763 \text{ MU} / \text{km}$
- Добавочная стоимость на километр  $b = 4.9 \cdot \mu_c = 6.08 \text{ MU} / \text{km} / \text{pair}$
- Общая базисная стоимость для полной длины  $A = a\lambda = 763.3 = 2289 \text{ MU}$
- Общая добавочная стоимость для полной длины  
 $B = b\lambda = 6.08 \cdot 3 = 18.24 \text{ MU} / \text{pair}$

- ОНК:

Общая стоимость  $\Gamma$  для ОНК

$$\Gamma = 30\mu_{\text{сcc}} + 8 \cdot \hat{\mu}_{\text{сcc}} = 30 \cdot 1.81 + 8 \cdot 1.31 = 64.8 \text{ MU} / \text{штук}$$

и  $\gamma = i\Gamma = 0.1 \cdot 64.8 = 6.5 \text{ MU} / \text{штук} / \text{год}.$

Альтернатива А

Оптимальное расширение емкости определяется

$$S = \frac{\lambda}{r} \lambda m [1 + p + \sqrt{2p}]$$

$$p = Ar / B\lambda = 1.19$$

$$S = \frac{10}{0.095} \lambda m [1 + 1.19 + \sqrt{2 \cdot 1.19}] = 140 \approx 150$$

Для стоимости расходов в настоящее время мы получаем

$$PW_A = \frac{A + BS}{1 - e^{-rs/\lambda}} = \frac{2289 + 150 \cdot 18.24}{1 - e^{-0.095 \cdot 150 / 10}} = 6616 \text{ MU}$$

Альтернатива В

$$G = \frac{rA}{\gamma\lambda} = 3.45, \quad H = \frac{rB}{\gamma\lambda} = 0.0266$$

$$Y = \frac{\lambda}{r} = 104.9, \quad z = \frac{\gamma}{rB} = 3.75$$



Подсчет  $T$  и  $S$  приведены в следующей таблице, принимая первоначальное значение  $S$  мы находим результаты для альтернативы  $A$ . Кроме того, в этой таблице отражены данные о стоимости расходов в настоящее время.

Номер итерации	Время $T$	Емкость $S$
0	7.44	150
1	7.85	165
2	8.03	172
3	8.09	175
4	8.13	176
5	8.14 $\approx$ 8	176 $\approx$ 200
Eq (11) $PW_B = 5956 MU$		

Для *альтернативы B*, применяя временной интервал (0-8) мы получаем спрос на устанавливаемый ОНК. В конце этого периода все ОНК будут заменяться и будет уложен кабель на 200 пар. Сравнивая стоимость в настоящее время *альтернатив A и B* мы заключаем, что *альтернатива B* (временная установка ОНК) более экономична.

Получаемая экономия

$$\text{Экономия} = PW_A - PW_B = 6616 - 5956 = 660 MU$$

и в процентах  $100 (660 / 5956) = 11 \%$ .

Как видно, достигаемая экономия значительна (11 %).

### Литература

1. John Freidenfelds: Capacity Expansion, North Holland, 1983.
2. W.L. G. Koontz: Economic Evaluation of Subscriber Pair Gain System Applications, BSTJ, April 1978.
3. John Freidenfelds: A Simple Model for Studying Feeder Capacity Expansion, BSTJ, April 1978.
4. G. Moumoulidis: Planning of Transmission Media, ITU Workshop Type Seminar in Sofia, 1984.