

Особенности учета транспортной составляющей при расчете размера запаса

Учет транспортной составляющей¹ в задачах по оптимизации закупаемого объема товара состоит, как минимум из двух основных подзадач. Первая относится к оптимизации самой перевозки: по выбору транспортного средства, по перевозчику, по стоимости, времени, дополнительным условиям. Вторая подзадача состоит в правильном учете транспортной составляющей и определения оптимального объема заказа. Из-за наличия дискретности в транспортных составляющих задачи об оптимальном объеме, получить полностью аналитическое решение невозможно. Но, если аппроксимировать транспортную составляющую непрерывной функцией от объема, то приближенная задача может быть решена аналитически. Окончательное решение будет определено по ближайшим значениям дискретизации транспортной составляющей. Таким образом, можно предложить следующую стратегию учета транспортной составляющей:

1. Определение оптимального объема заказа без учета транспортной составляющей y^* (для первоначальной оценки перевозимого объема)
2. Решение первой задачи по оптимизации перевозки для оптимального объема заказа без учета транспортной составляющей с учетом возможного изменения объема перевозки
3. Итерационное определение оптимального объема заказа с учетом транспортной составляющей y_T^* и возможной корректировки решения по оптимизации перевозки

В дальнейшем будем полагать, что задача об оптимизации перевозки решена и имеются все необходимые параметры для решения задачи об оптимизации объема.

¹ Речь идет только о перевозках, без учета транспортировки по трубопроводам и конвейерным линиям

Основной особенностью транспортной составляющей в стоимости товара является её дискретность. Это связано с тем, что перевозки осуществляются дискретными партиями кратными минимальным единицам перевозки, например: бочке, паллете, IBS-контейнеру, железнодорожному или морскому контейнеру, полностью загруженному грузовику, самосвалу, цистерне и т.п. Далее, мы будем различать два различных подхода: перевозка в полностью загруженных контейнерах или фурах² и частичную загрузку автомобиля³, учитывающую то, что остальной объем автомобиля используется другим заказчиком. Для детального рассмотрения введем следующие обозначения:

T_{FTL} Стоимость перевозки одной транспортной единицы (Контейнер, цистерна, и т.п.).

ω_{FTL} Вместимость одной транспортной единицы. Выражается в единицах веса, объема, погонных метрах и других соответствующих задаче параметрах в которых описывается максимальная загрузка.

T Общая стоимость перевозки на транспорте.

Рассмотрим ситуацию с частичной загрузкой LTL. В данном случае дискретными единицами перевозки будут паллеты, коробки, бочки и подобные товарные единицы упаковки. Стоимость перевозки дискретным образом возрастает от некоторого значения $T_{\min}$ до T_{FTL} . Степень дискретизации зависит от конкретного предложения перевозчика и перевозимого товара. Обычно стоимость перевозки может быть представима в виде кусочно-непрерывной функции вида:

$$T = \begin{cases} T_{\min} & \text{если } y \leq \omega_{\min} \\ T_1 & \text{если } \omega_{\min} \leq y \leq \omega_1 \\ T_2 & \text{если } \omega_2 \leq y \leq \omega_2 \\ \dots & \text{если } \dots \\ T_{FTL} & \text{если } \omega_{n-1} \leq y \leq \omega_{FTL} \end{cases}, \quad T_{i-1} < T_i \quad \forall i \in \overline{1, n}. \quad (1)$$

²FCL – Full Container Load, FTL – Full Truck Load, используем FTL для обоих случаев

³ LTL – Less than Truck Load

Для нас важно то, что это возрастающая функция, определенная на интервале от нуля до ω_{FTL} . Таким образом, мы можем аппроксимировать эту функцию линейно или полиномом для того, чтобы сделать её дифференцируемой на интервале определения. Для простейшего случая линейной аппроксимации достаточно задать два параметра $T_{\min}$ и T_{FTL} на области определения, чтобы получить искомую функцию:

$$T = \frac{T_{FTL} - T_{\min}}{\omega_{FTL}} y + T_{\min}. \quad (2)$$

В дальнейшем мы будем использовать именно этот вид функции для расчетов с применением дифференцирования и интегрирования. Для уточнения конкретных значений нам следует подставлять кусочно-непрерывную функцию в окончательный результат.

Рассматривая перевозки больших партий товаров в нескольких контейнерах FTL, мы можем наблюдать ситуацию аналогичную в перевозке с частичной загрузкой. Во первых, это наличие дискретности (целое число контейнеров). Во вторых, возможно наличие некой постоянной величины затрат K_T не зависящей от количества перевозимых контейнеров. Обычно, K_T не велико и соответствует стоимости документального оформления перевозимой партии товара. В отличие от случая частичной загрузки стоимость перевозки партии контейнеров будет линейно зависеть от числа контейнеров в очень широком диапазоне значений. Таким образом, мы можем получить следующую формулу стоимости перевозки n контейнеров (автомобилей, цистерн, вагонов и т.п.):

$$T = K_T + T_{FTL} n. \quad (3)$$

Если известны конкретные данные о стоимости перевозки n и m контейнеров, T_n и T_m соответственно, то K_T и T_{FTL} вычисляются по формулам:

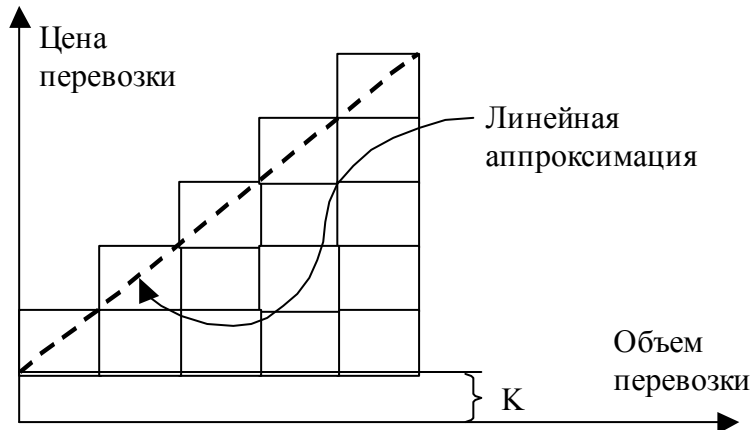
$$K_T = \frac{mT_n - nT_m}{m - n} \quad (4)$$

$$T_{FTL} = \frac{T_m - T_n}{m - n} \quad (5)$$

Аппроксимируем эту функцию линейной функцией от объема и получим:

$$T = K_T + \frac{T_{FTL}}{\omega_{FTL}} y. \quad (6)$$

Вид линейной аппроксимации, изображен на рисунке ниже.



Как и в предыдущем случае, в окончательных расчетах мы должны подставить объемы товара кратные целому числу контейнеров и проверить оптимальность

ближайших значений: $\omega_{FTL} \left[\frac{y}{\omega_{FTL}} \right]$ и $\omega_{FTL} \left(\left[\frac{y}{\omega_{FTL}} \right] + 1 \right)$ - квадратные скобки

означают целую часть числа.

Для примера воспользуемся результатами, полученными в предыдущем сообщении: "Учет НДС в формуле Вильсона". Как было показано, на конечный результат в схеме EOS не влияют параметры, стоящие при первой степени времени и объема. Следовательно, оптимальный размер заказа в рамках EOS, при учете транспортной составляющей будет равен:

1. В случае LTL

$$y_T^* = \sqrt{\frac{2(K + T_{\min})D}{h}} \quad (7)$$

2. В случае нескольких контейнеров

$$y_T^* = \sqrt{\frac{2(K + K_T)D}{h}} \quad (8)$$

Для окончательного определения оптимального объема заказа следует воспользоваться формулой определяющей затраты на период⁴ подставив в неё ближайшие значения объемов кратные объемам перевозки и найти их минимальное значение. Например, если значение y_T^* находится между двумя разными объемами контейнеров: $k \cdot \omega_{FTL} < y_T^* < (k+1) \cdot \omega_{FTL}$, то оптимальный размер заказа может быть определен как

$$y_T^{**} = \begin{cases} k \cdot \omega_{FTL} & \text{if } TCU(k \cdot \omega_{FTL}) < TCU((k+1) \cdot \omega_{FTL}) \\ (k+1) \cdot \omega_{FTL} & \text{if } TCU(k \cdot \omega_{FTL}) > TCU((k+1) \cdot \omega_{FTL}) \end{cases} \quad (9)$$

Для случая LTL оптимальный размер заказа будет определяться аналогичным образом. Отличие будет только в том, что при превышении объема FTL следующий ценовой диапазон начнется с суммарной стоимости $T_{FTL} + T_{\min}$ и, в этом случае, следует учитывать существенное изменение условий задачи по оптимизации перевозки.

⁴ TCU – Total Cost per Unit time (Суммарные затраты в единицу времени)