

# Определение оптимального запаса фреона для рефрижераторных терминалов

**И.А. Русинов**

*Государственная морская академия имени адмирала С.О.Макарова,  
кафедра управления транспортными системами и логистики*

**Аннотация.** В работе рассмотрены проблемы управления ресурсами рефрижераторного терминала. Разработана методика расчета оптимального запаса фреона, обеспечивающего с заданной надежностью бесперебойную работу терминала. Приведенные методы могут быть отнесены к производственным задачам различных сфер деятельности, затрагивающим необходимость определения оптимальных запасов.

**Abstract.** The paper considers the problems of management of refrigerator terminals' resources. The methods of calculation of freon optimal stock providing undisturbed terminal operation have been worked out. The given methods can be referred to any production tasks concerning the calculation of optimal resources.

## 1. Введение

Очевидно, что при стохастическом характере многих хозяйственных процессов чем больше задействовано ресурсов, тем выше устойчивость работы системы. Однако безусловное следование этому принципу влечет избыточность производственных мощностей, т.е. простои. Естественно, возникает вопрос о разумном балансе интересов между предприятием и клиентурой.

Причина обращения к вопросу оптимизации запасов фреона кроется не только в том, что этот рефрижератор необходим для стабильного производственного процесса на рефрижераторном терминале, но и в том, что органическое вещество, каковым по сути является газ фреон, представляет определенную опасность для жизнедеятельности персонала и окружающей среды. Поэтому нежелателен как его дефицит, так и хранение излишков.

## 2. Объекты исследования

Формализация задачи требует, прежде всего, условиться в определении понятия "потребность" в газе фреон. Потребность во фреоне представляет собой общее (по всей совокупности разных отправителей) количество газа (исчисляемое в литрах), расходуемого на заправку и дозаправку неисправных рефрижераторных контейнеров. С математической точки зрения, в соответствии с центральной предельной теоремой теории вероятностей, потребность во фреоне может быть расценена как непрерывная случайная величина, распределенная по нормальному закону с параметрами  $m$  и  $\sigma$ .

## 3. Разработка модели

Существо вопроса позволяет сделать предположение о том, что количество неисправных контейнеров зависит от численности всех контейнеров и от их качества (старые или новые). Анализ статистики показал, что доля неисправных контейнеров в общем потоке колеблется от 0,02 до 0,04. Первое соответствует тому обстоятельству, что большинство работающих контейнеров – новые (оптимистическая оценка). Второе – тому, что контейнеры старые (пессимистическая оценка). Оба эти качества подвержены влиянию времени: старые заменяются на новые, а новые устаревают, причем все это происходит в непрерывном производственном цикле. Поэтому при прогнозировании данных на перспективу целесообразно, отправляясь от информации о распределении потока рефрижераторных контейнеров, учитывать оба коэффициента для получения нижней и верхней границ диапазона возможных значений. В таком случае их разность определит величину размаха, а в качестве оценки математического ожидания может выступить среднее значение.

В основу расчетов положено распределение случаев заливок фреоном (в единицах), установленное на базе данных контейнерного потока за 2005 г. на рефрижераторном терминале Санкт-Петербурга (табл. 1). В целях большей эффективности управленческих решений отдельные месяцы целесообразно объединить по технологическим периодам.

Такой подход удобен для управления, поскольку очерчивает пользователю весь круг вопросов (емкость склада и запас фреона), относящийся к данному временному периоду, конкретизирует сроки административных мероприятий.

Таблица 1. Количество заправок фреоном на рефрижераторном терминале Санкт-Петербурга в 2005 г.

Месяцы	Янв	Фев	Март	Апр	Май	Июнь	Июль	Авг	Сен	Окт	Ноя	Дек
Пессимистическая оценка	27	28	35	40	33	30	23	20	20	28	32	50
Оптимистическая оценка	20	21	26	30	25	22	17	15	15	21	24	37
Периоды	I		II		III		IV		V		VI	
Пессимистическая оценка	55		75		63		63		60		50	
Оптимистическая оценка	41		56		47		47		45		37	

Другим исходным положением задачи является следующее: точная стоимостная оценка дефицита и излишков практически невозможна, особенно в части излишков. Если дефицит чреват потерей груза, что можно выразить в денежном отношении как разовое событие (без учета риска потери клиентуры), то излишки опасного вещества влекут, помимо "омертвленного" капитала, и другие последствия, которые не поддаются строгому количественному исчислению. Поэтому для решения задачи используется заданный уровень показателя обслуживания (вероятность дефицита). Это обстоятельство также говорит о пользе введения технологических периодов, так как следующие друг за другом месяцы отличаются не только по характеру спроса (потребностей на заправку фреоном), но и весьма существенно по уровню показателя обслуживания, который устанавливается в соответствии с технологическими нормативами, различающимися в сезонном аспекте, т.е. учитывающими погодные условия.

Содержание задачи состоит в том, чтобы для каждого технологического периода создать минимально необходимый запас фреона, обеспечивающий защиту от дефицита с заданным уровнем показателя обслуживания. Стоимостные издержки в явном виде не учитываются. Периодичность проверок состояния запасов может быть установлена административным путем. Поскольку решение осуществляется для каждого отдельного технологического периода, то уместно назначить проверки, а, следовательно, и подачу заказа на фреон на момент, предшествующий началу планируемого периода и отстоящий от него на то количество суток, которое требуется на выполнение заказа. При этом наличный запас на момент проверки естественно считать равным нулю. В условиях рассматриваемого примера время доставки приближенно составляет 4 суток. Поэтому заказы следует приурочить к 25/26 февраля, 27 апреля, 27 июня, 27 сентября, 27 ноября и 28 декабря.

Уровень показателя обслуживания – вероятность дефицита – связывается с допустимым по каждому месяцу временем отсутствия фреона для заправки контейнера:

- I, II: январь – апрель – до 3-х суток;
- III, IV: май – сентябрь – до 3-х часов;
- V: октябрь, ноябрь – до 6-ти часов;
- VI: декабрь – до 3-х суток.

Представляется целесообразным определить вероятность дефицита как долю принятого допустимого норматива времени отсутствия фреона (т.е. времени ожидания контейнером заправки) в общей предельной продолжительности пребывания контейнера на терминале (в данном примере 6 суток).

По описанию этой задаче более всего соответствует модель с постоянным уровнем запасов.

Модель в общем виде имеет следующий вид.

Максимальный уровень запасов определяется по формуле:

$$M = B + \bar{S}_d (L + R),$$

где:

$B$  – резервный (страховой) запас;

$\bar{S}_d$  – средний спрос в сутки (среднее число заправок фреоном в сутки);

$L$  – время доставки заказа (в данном примере - 4 сут.);

$R$  – периодичность проверок.

Размер заказа

$$q = \begin{cases} M - I, & \text{если } L \leq R; \\ M - I - q_0, & \text{если } L > R; \end{cases}$$

где  $I$  – размер наличного запаса в момент проверки (в единицах);  $q_0$  – заказанное количество (в единицах).

В конкретных условиях рассматриваемой задачи  $I = 0$  (так как вопрос решается заново для каждого технологического периода); тогда размер заказа  $q = M$ .

Уровень  $M$ , в свою очередь, является минимальным уровнем запасов, при котором

обеспечивается определенная защита от дефицита и выполняется принятый план периодических проверок и заказов.

В представленной постановке модель, будучи по сути статической, т.е. решая вопрос об одноразовом заказе на технологический период, тем не менее отражает динамику процесса в годовом разрезе.

**Пример расчета. I период: январь, февраль**

$$m_{\text{пессим}} = 55; m_{\text{оптим}} = 41; m = 48; \text{размах } \tilde{R} = 14; \sigma = 1/6\tilde{R} \approx 2,33.$$

Пусть вероятность дефицита  $P_{\text{деф}} = 16\%$ , тогда уровень качества обслуживания = 84 %;

$$P_{\text{деф}} = t_{\text{деф}} / T;$$

$t_{\text{деф}} = P_{\text{деф}} \cdot T = 0,16 \cdot 6 \text{ (сут.)} \approx 23 \text{ (часа)}$  – время отсутствия фреона в пределах допустимого (до 3-х суток).

Вероятность того, что сбыт превысит  $M = B + \bar{S}_d (L + R)$  можно рассматривать как вероятность дефицита при данном уровне резервного запаса. Размер резервного запаса устанавливается на основании распределения сбыва за промежуток  $L + R$ .

$$P_{\text{деф.}} = 1 - P(X < x) = 1 - F(x)$$

Поскольку случайная величина сбыва (т.е. потребности во фреоне) распределена по нормальному закону, то

$$F(x) = \Phi^*((x - m)/\sigma), \text{ где } \Phi^*(x) = 1/\sqrt{2\pi} \int_{-\infty}^x e^{-t^2/2} dt \quad \text{– нормальная функция распределения.}$$

$F(x) = 0,84$ ; по таблице распределения вероятностей:

$$(x - m)/\sigma = 1; x = m + \sigma = 48 / 60 * 4 + 48 + 2,33 = 53,53;$$

$M = 53,53 \text{ (ед.заправок)}; B = 2,33 \text{ (ед.заправок)}$ .

С уменьшением вероятности дефицита, т.е. с увеличением уровня качества обслуживания, увеличивается  $M$ . Пусть уровень качества обслуживания = 98 %;  $P_{\text{деф}} = 2\%$ ;

$$\Phi^*((x - m)/\sigma) = 0,98; (x - m)/\sigma = 2,1;$$

$M = 56,09 \text{ (ед.заправок)}; B = 4,89 \text{ (ед.заправок)}$ .

Принятие рационального решения остается за пользователем.

Пусть принят уровень качества обслуживания, равный 84 %. Тогда  $M$  – минимально необходимый размер запаса (что в данной задаче адекватно партии заказа на 1-й технологический период), равный 53,53 (ед. заправок).

Определим объем фреона в литрах. Полная заправка требует 5 литров, дозаправка – 3 литра. Анализ статистических данных выявил "вес" дозаправок, равный 1/3. Тогда ожидаемый размер заправки  $\approx 4,33$  л; объем фреона составит  $\approx 232$  л.

Объем, равный 268 л, соответствует наиболее осторожной, "перестраховочной" политике заказов.

Ниже в таблице приводятся результаты расчетов на год:

Таблица 2. Результаты расчетов на год

№ периода	Уровень качества обслуживания	Вероятность дефицита	Время ожидания фреона	Оптимальный объем фреона	Резервный (страховой) запас
I: январь, февраль	84 %	16 %	23 часа	232 л – 268 л 47 бал – 54 бал	10 л – 12 л 2 бал – 3 бал
II: март, апрель	84 %	16 %	23 часа	319 л – 368 л 64 бал – 74 бал	14 л – 16 л 3 бал – 4 бал
III: май, июнь	98 %	2 %	3 часа	290 л – 335 л 58 бал – 67 бал	29 л – 33 л 6 бал – 7 бал
IV: июль, август, сентябрь	98 %	2 %	3 часа	273 л – 316 л 55 бал – 64 бал	24 л – 28 л 5 бал – 6 бал
V: октябрь, ноябрь	96 %	4 %	6 часов	262 л – 302 л 53 бал – 61 бал	19 л – 22 л 4 бал – 5 бал

VI: декабрь	84 %	16 %	23 часа	222 л – 257 л 45 бал – 52 бал	9 л – 11 л 2 бал – 3 бал
-------------	------	------	---------	----------------------------------	-----------------------------

Перестраховочная политика запасов практически исключает возможность дефицита, особенно для III, IV, V периодов (с мая по ноябрь), уровень качества обслуживания которых составляет 98 %, 98 %, 96 % соответственно.

Периоды VI, I, II (декабрь – апрель) имеют вероятность дефицита, равную 16 %. Чтобы окончательно обезопасить процесс от экстраординарного случая нехватки фреона, предлагается принять во внимание следующее: при вероятности дефицита 16 % недостаток фреона (если он вообще будет иметь место) может выясниться не ранее, чем за 5 суток до конца технологического периода. Поэтому с учетом допустимого времени ожидания (23 часа) следует произвести проверку оставшегося запаса фреона, и, в случае необходимости, подать заказ на следующий период не в установленные сроки – 28 декабря, 25/26 февраля, 27 апреля, а несколько раньше, а именно: 23 декабря, 20/21 февраля, 22 апреля.

Если заказ на III период (май, июнь) будет подан 22 апреля, и часть его израсходуется еще до начала мая, т.е. в самом конце апреля, то эта недостающая часть будет покрыта "перестраховочным" запасом III периода, рассчитанном при очень высоком уровне качества обслуживания (98 %). Приведенное соображение подчеркивает динамические черты представленной модели.

#### 4. Заключение

Применение научных методов в практической деятельности основано, прежде всего, на отслеживании факторов, оказывающих воздействие на течение хозяйственного процесса, анализе причин отрицательных явлений и отыскании путей их устранения, а также в выявлении возможностей усиления положительных тенденций, но следует отметить что успешное применение оптимизационных методов на практике невозможно без инициативной и четкой работы управленческого персонала, в ведении которого находятся отслеживание и обновление информации, строгое соблюдение режима подачи заказов на восполнение запасов фреона, рациональное использование излишков складских площадей.

Изложенный материал разработан на примере рефрижераторного терминала морского порта Санкт-Петербург. Однако приведенные методы могут быть отнесены к производственным задачам различных сфер деятельности, затрагивающим необходимость определения оптимальных запасов.

#### Литература

- Вепринская Т.А.** Количественное обоснование определения пороговых значений характеристик эффективности транспортных услуг при взаимодействии флота и порта. *Санкт-Петербург, ГМА им. адмирала С.О.Макарова. Сб. тезисов докладов научно-технической конференции, 2 с., 1997.*
- Вепринская Т.А.** Модель оптимизации ресурсов тоннажа на регулярных линиях. *Рукопись депонирована в ЦБНТИ ММФ, № 178 МФ - Д82, 1982.*
- Вепринская Т.А.** Применение теории запасов для оптимизации парка контейнеров в портах контейнерной линии. *В сб.: Современные проблемы управления материальными запасами и их роль в повышении эффективности общественного производства. Рукопись депонирована в ЦНИИ ТЭИМСе, № 10 (120), 6 с., 1981.*
- Ветренко Л.Д.** Управление работой морского порта. *СПб., Транспорт, 79 с., 1995.*