

АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЕМКОСТИ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ СКЛАДОВ

Б. В. ШАБАНОВ

(Куйбышев)

Постановка задачи: имеется завод W_1 , изготавливающий в n -м промежутке времени определенный продукт в количестве x_n , и завод W_2 , продолжающий обработку этого продукта в этот же промежуток времени в количестве y_n . Как x_n , так и y_n подвержены случайным колебаниям. Вместе с тем колебания в процессе производства одного завода частично воздействуют на другой завод. Чтобы избежать или смягчить это воздействие, необходимо создать промежуточный склад емкостью E , точнее, надо принять решение о строительстве склада для промежуточного продукта. Оптимальная величина E находится из сопоставления стоимостных и эксплуатационных затрат по складу с потерями от неиспользования производственных мощностей W_1 и W_2 . Однако применительно к созданию промежуточных складов между смежными видами транспорта, на примере которых мы остановимся ниже, очень трудно оценить потери от неиспользования производственных мощностей предприятий, поставляющих товарную продукцию, и ее потребителей. Поэтому будем сопоставлять стоимостные и эксплуатационные затраты по подвижному составу транспортных средств за время их стоянок в пунктах обработки, т. е. стоимостные потери от неиспользования провозной способности транспорта, с одной стороны, и по складской емкости при варьировании ее значениями — с другой. В настоящем примере используются водный транспорт, который завозит мазут на нефтебазу, и железная дорога, по которой продукт доставляется потребителю. Введем обозначения: λ_ϕ — частота прибытия грузовых судов на базу (1,13 ед./сутки); $\lambda_{жк}$ — частота прибытия порожних железнодорожных поездов из 25 цистерн (7,1 ед./сутки); Q_ϕ — грузоподъемность одного судна (8,1 тыс. т); $Q_{жк}$ — грузоподъемность одной подачи (1,1 тыс. т); t_ϕ — продолжительность обработки одного судна (0,9 суток); $t_{жк}$ — продолжительность погрузки одной подачи (0,144 суток); Π_ϕ — приведенные затраты по одному судну в сутки (2130 руб.); $\Pi_{жк}$ — приведенные затраты на одну подачу в сутки (200 руб.); Π_e — приведенные затраты на 1 тыс. м³ емкости в сутки (4,1 руб.).

Нефтегрузы, прибывающие на перевалочную базу, обязательно проходят через ее склады. Если к моменту поступления очередной партии топлива свободной емкости на базе нет, то суда простаивают. Из-за отсутствия запаса топлива на базе железнодорожный состав простаивает до тех пор, пока база не накопит необходимого количества груза. Наивыгоднейшая в экономическом отношении емкость нефтебазы должна находиться из условия равенства приведенных затрат по подвижному составу водного и железнодорожного транспорта за время его стоянок под обработкой, в том числе из-за отсутствия свободной емкости или необходимой партии груза, и приведенных затрат по стационарной емкости.

Для аналитического решения задачи назовем единой транспортирующей линией весь комплекс, состоящий из водной A_1 и железнодорожной A_2 линий и резервуарного парка E . При этом условия задачи состоят в следующем [1]: 1) единая транспортирующая линия находится в рабочем состоянии, когда одновременно происходит процесс выгрузки судна и погрузки железнодорожных цистерн; 2) судовая транспортирующая линия работает, когда идет выгрузка судов; 3) железнодорожная линия работает, когда идет погрузка вагонов-цистерн; 4) моменты окончания выгрузки судна будут соответствовать моментам начала «технологических стоянок» судовой линии; 5) для железнодорожной линии моменты окончания погрузки групп вагонов будут соответствовать моментам начала стоянок A_2 .

Для определения частоты наступления a_1 и a_2 и средней продолжительности этих стоянок $1/c_1$ и $1/c_2$ можно использовать выражения

$$a_1 = (l - \lambda_\phi t_\phi) / l t_\phi^n,$$

$$a_2 = (l - \lambda_{жк} t_{жк}) / l t_{жк}^n,$$

$$c_1 = l t_\phi^n - t_\phi,$$

$$c_2 = l t_{жк}^n - t_{жк},$$

(1)

где l — число причалов или железнодорожных эстакад; $t_{\Phi}^{\text{н}}$, $t_{\text{ж}}^{\text{н}}$ — обратные величины λ_{Φ} и $\lambda_{\text{ж}}$. Вероятность простоя единой транспортирующей линии за T суток по [2] составляет

$$\Pi = P_2 + \delta P_1, \quad (2)$$

где P_2 — вероятность простоя линии A_2 , равная частному от деления (a_2/c_2) на $(1 + a_1/c_1 + a_2/c_2)$; P_1 — вероятность простоя линии A_1 , равная частному от деления (a_1/c_1) на $(1 + a_1/c_1 + a_2/c_2)$; δ — условная вероятность того, что единая линия не работает из-за стоянок линии A_1 .

Для подсчета δ необходимо раскрыть ее «неопределенность» типа $\delta = f(y) / \varphi(y) = 0/0$,

$$\delta = \frac{\lambda - 1}{\lambda \exp \theta \frac{\lambda - 1}{\lambda + 1} - 1} \quad \text{при} \quad \lambda = \frac{a_2 c_1}{a_1 c_2} = 1, \quad (3)$$

$$\theta = \frac{2E a_1 c_2}{a_1 + a_2}.$$

Воспользовавшись правилом Лопиталя, можно, приняв $\lambda - 1 = y$, записать

$$\delta(y) = \lim_{y \rightarrow 0} \delta(y) = \lim_{y \rightarrow 0} \frac{f(y)}{\varphi(y)} = \lim_{y \rightarrow 0} \frac{f'(y)}{\varphi'(y)}, \quad (4)$$

$$\delta = \frac{y'}{\left[(y+1) \exp \frac{\theta y}{y+2} - 1 \right]'} = \frac{2,73}{1 + \frac{E a_1 c_2}{a_1 + a_2}}.$$

Так как искомая величина оптимальной емкости промежуточного склада находится из условия равенства приведенных затрат по транспортным средствам за время их стоянок и по резервуарной емкости за весь период T , можно на основании (1), (2) и (4) выразить

$$\frac{2,73 \lambda_{\Phi} \Pi_{\Phi} T (P_1/2 + t_{\Phi})}{1 + \frac{E a c_2}{a_1 + a_2}} + \frac{\lambda_{\text{ж}} \Pi_{\text{ж}} T (P_2/2 + t_{\text{ж}})}{1} = E \Pi_{\Sigma} T. \quad (5)$$

После преобразований и подстановки значений компонентов в (5) имеем: $4,1 E^2 - 38 OE - 7034 = 0$, откуда находим, что $E = 111,5$ тыс.м³. Однако пас-считанная таким образом потребная емкость перевалочной нефтебазы не учитывает той дополнительной емкости, которая необходима для выполнения внутрибазовых технологических операций с нефтяными грузами (отстой, подогрев и т. д.). Доля дополнительной емкости достигает 40% общей суммарной емкости нефтебазы и определяется

$$E' = \frac{G_{\text{нал}} t_{\text{т.о.}}}{0,95 \gamma_i}, \quad (6)$$

где $G_{\text{нал}}$ — пропускная способность железнодорожных эстакад или причалов по перевалке нефтегрузов, тыс. т/сутки; $t_{\text{т.о.}}$ — продолжительность внутрибазовых технологических операций на отстой, обезвоживание и подогрев груза, сутки; γ_i — удельный вес груза. Следовательно, в общем виде суммарную потребную емкость перевалочной нефтебазы можно представить в виде

$$\Sigma E = \gamma' (E + E'), \quad (7)$$

где γ' — коэффициент, учитывающий ассортимент нефтегрузов (для темных — 1,1, для светлых — 1,3, для масел — 1,4).

На основе рассмотренной методики были выполнены расчеты потребной емкости для мазута по ряду перевалочных водно-железнодорожных нефтебаз и разработаны предложения об увеличении емкостей. В результате снизились технологические стоянки флота с 7240 до 1000 тыс. тоннажесуток, что дало дополнительной прибыли

на сумму 1,0 млн. руб. За счет такой прибыли дополнительные капиталовложения в строительство емкостей окупаются за 1,5 года. Предложенная методика расчета и пример, основанный на реальных исходных данных, дают наглядное представление об относительно простом и точном способе технико-экономических обоснований потребности емкостей промежуточных складов различного назначения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Б. В. Шабанов. Зависимость технологических стоянок средств транспорта от емкости нефтебаз. В сб. Организация перевозок и эксплуатация речного флота. М., 1967 (Гр. Центр. НИИ экономики и эксплуатации водного транспорта. Вып. 48).
2. Б. А. Севостьянов. Задача о влиянии емкости бункеров на среднее время простоя автоматической линии станков. Теория вероятностей и ее применения, 1962, т. VII, вып. 4.

Поступила в редакцию
22 IX 1970
