

УДК 338.58

Б.Н. Гудков

ФГБВОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России», Химки,
email: b.gudkov@amchs.ru

ВЫБОР НАИБОЛЕЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ФОРМ ДОСТАВКИ МАТЕРИАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Ключевые слова: материальный ресурс, варианты поставки, издержки потребителя, склад.

Рассматривается задача выбора вариантов снабжения материальными ресурсами аварийно-спасательной службы субъекта Российской Федерации или муниципального аварийно-спасательного формирования при организации и проведении работ при ликвидации чрезвычайных ситуаций различного характера. Предлагаемый подход основан на формировании математической модели по определению величины издержек потребителя и центрального склада поставщика. Автором предложен критерий выбора складской или транзитной форм поставки материального ресурса. Кроме того, рассмотрены варианты определения вариантов поставки при разнородном характере ресурса и подходы определения соотношения форм поставки при использовании складского и транзитного варианта снабжения.

B.N. Gudkov

Civil Defence Academy EMERCOM of Russia, Khimki, email: b.gudkov@amchs.ru

THE CHOICE OF THE MOST RATIONAL FORMS OF DELIVERY OF MATERIAL RESOURCES IN THE AFTERMATH OF EMERGENCIES

Keywords: material resource, delivery options, consumer costs, warehouse.

The problem of choosing options for the supply of material resources to the emergency rescue service of a constituent entity of the Russian Federation or a municipal emergency rescue formation in the organization and conduct of work in the liquidation of emergency situations of various types is considered. The proposed approach is based on the formation of a mathematical model to determine the cost of the consumer and the central warehouse of the supplier. The author proposes a criterion for choosing warehouse or transit forms of delivery of a material resource. In addition, options for determining supply options with a heterogeneous nature of the resource and approaches for determining the ratio of supply forms when using a warehouse and transit supply option are considered.

Мероприятия по ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций (ЧС) природного и техногенного характера в современных условиях характеризуются большой ресурсоемкостью и динамичностью их проведения, что в свою очередь увеличивает требования к организации снабжения необходимыми ресурсами формирований реализующих мероприятия по ликвидации последствий ЧС. В зависимости от характеристик ресурсов, объема и частоты потребности в них, поставка может осуществляться непосредственно от производителя (или поставляющей организации – поставщика) к спасательным формированиям (потребителям). Такой способ поставки в научной литературе называют транзитной формой поставки. В некоторых условиях обстановки материальные средства, применяемые к ликвидации последствий

ЧС требуют аккумуляции в местах хранения (на складах) для их дальнейшего использования потребителями. Такой способ поставки получил название – складская форма поставки. [1]

Преимущество транзитной формы снабжения состоит в установлении прямых хозяйственных связей между поставщиками и потребителями, в результате чего уменьшаются затраты, связанные со снабжением (т. е. погрузочно-разгрузочные и транспортные затраты), ускоряется процесс снабжения (материальные ресурсы с заводов-поставщиков поступают непосредственно на склад потребителя, минуя промежуточные базы и склады сбытовых и снабженческих организаций), отпадает необходимость в строительстве дополнительных складов и баз, сокращаются складские операции, улучшается использование

транспортных средств. Следовательно, развитие прямых производственных связей потребителей с поставщиками по важнейшим видам материалов и прикреплению потребителей к ним на длительный период является одной из главных задач – организации материально-технического снабжения предприятия. Такая задача математически может быть выражена в виде транспортной задачи и ее модификаций.

Отмеченные преимущества показывают, что транзитная форма снабжения более выгодна экономически. Этим объясняется то, что около 75% материалов доставляется транзитом.

Выбор формы снабжения в значительной мере определяется соотношением объема поставки и транзитной нормы – минимального количества материалов, которое может быть отгружено в один адрес (потребителю) одновременно. Транзитная форма снабжения может быть принята в том случае, когда объем поставки не меньше установленной транзитной нормы, в противном случае целесообразно использовать складскую форму снабжения. Объясняется это следующим.

Транзитная норма принята равной 62 тонны (она соответствует вместимости железнодорожного вагона). Зачастую это превышает квартальную, полугодовую, а иногда и годовую потребность в материале. Например, если в ходе проведения спасательной операции по ликвидации последствий разлива нефтепродуктов требуется 10-20 тонн абсорбентов, то при реализации варианта доставки по транзитной форме запасы в районе проведения превысят общую потребность в указанном материале. Это приведет к образованию сверхнормативных запасов абсорбента у спасательного формирования и, следовательно, к омертвлению, как материальных ресурсов, так и денежных средств, вложенных в запасы. Таким образом, очевидно, что если общая потребность в материальных средствах той или иной номенклатуры ниже транзитной нормы, то складская форма более эффективна. Следует отметить, что указанная норма в 62 тонны не единственный показатель, так как объем зависит от вида транспорта использу-

ющегося для доставки материальных средств. Складская форма снабжения позволяет ограничить создание сверхнормативных запасов. Потребители в этом случае получают со склада (места хранения) материальные средства в требуемом объеме и исключается омертвление средств.

Цель исследования

На основе оценки издержек потребителя ресурса и централизованного склада (ЦС) поставщика ресурсов сформировать модель минимизации издержек, выработать критерий выбора варианта поставки материального ресурса и рассмотреть пример определения объема потребления материального ресурса, при котором складская форма снабжения будет более эффективна по сравнению с транзитной.

Материал и методы исследования

Размер нормы поставки является важным для выбора формы поставки, но не единственным учитываемым показателем. Для выбора формы поставки материальных средств по нескольким показателям целесообразно использовать экономико-математические модели, реализующие решение оптимизационных задач по минимизации издержек на организацию снабжения. Рассмотрим один из возможных вариантов построения такой модели. [2]

Предположим, что несколько потребителей (в этом качестве могут выступать аварийно-спасательная служба субъекта Российской Федерации или муниципальное аварийно-спасательное формирование) имеют потребность в каком-либо материальном ресурсе. Количество потребителей обозначим как n , потребляемый ресурс является одинаковым для всех потребителей и в единицу времени составляет (как правило это год, квартал или месяц) составляет $F_j, j = 1, \dots, n$. Еще одним условием построения модели обозначим источник материального ресурса: поставщиком может быть предприятие-изготовитель ресурса либо ЦС организации-поставщика ресурса. В формируемой модели источник ресурса один для всех потребителей, а поставка каждому потребителю осуществляется своим поставщиком.

Организация поставки может осуществляться транзитным и складским способом. Затраты на доставку единицы ресурса для складской формы (r_j) и для транзитной формы (m_j) известны, являются комплексными и обусловлены спецификой формы снабжения [3].

Затраты r_j и m_j рассчитываются на основе известных математических моделей оптимизации запасов, формируемых для соответствующей формы поставки.

В состав исходных данных для формируемой модели затрат ЦС необходимо внести еще ряд показателей [1,3]:

F – складской оборот;

g – постоянные расходы, не зависящие от складского оборота;

h – удельные затраты, прямо пропорциональные складскому обороту;

$S(F)$ – запас ЦС как функция от объема складского оборота;

c – расходы на содержание единицы запаса на ЦС.

Необходимо уточнить, что g не зависит от F , а h прямо-пропорциональны складскому обороту (F). Кроме того, запас ЦС является функцией от складского оборота.

Таким образом, целевая функция формируемой модели примет вид: $Z(j_1, j_2, \dots, j_k)$ и будет представлять собой суммарные затраты на снабжение n потребителей ресурсом, которые очевидно должны быть линейны. Количество потребителей, обеспечивающихся по складской форме k ($0 \leq k \leq n$), т.е. $(j_1, j_2, \dots, j_k)$ некоторое сочетание из n потребителей, которые обеспечиваются материальным ресурсом по складской форме. Соответственно остальные потребители обеспечиваются по транзитной форме поставки. Объем складского оборота будет определяться по формуле

$$1F = \sum_{s=1}^k F_{j_s}.$$

Затраты потребителей, обеспечивающихся по складской форме будут определяться выражением

$$1C_{CK} = \sum_{s=1}^k F_{j_s} r_{j_s},$$

а суммарные затраты потребителей по транзитной форме поставки будут определяться выражением

$$C_{TP} = \sum_{j \neq j_1, j_2, \dots, j_k}^n F_{j_s} m_{j_s}.$$

Отдельно рассмотрим затраты ЦС, определяемые выражением

$$C_{ЦС} = g + hF + cS(F).$$

В результате сложив рассмотренные выше затраты потребителей складской и транзитной форм поставки, а также затраты ЦС получим итоговые затраты, т.е. целевую функцию нашей модели

$$\begin{aligned} Z(j_1, j_2, \dots, j_k) &= C_{TP} + C_{CK} + C_{ЦС} = \\ &= \sum_{s=1}^k F_{j_s} r_{j_s} + \sum_{j \neq j_1, j_2, \dots, j_k}^n F_{j_s} m_{j_s} + \\ &+ [g + hF + cS(F)] \rightarrow \min. \end{aligned} \quad (1)$$

В случае линейности функции запасов ЦС $S(F) = aF + b$, мы можем упростить целевую функцию и привести ее к виду

$$\begin{aligned} 1Z(j_1, j_2, \dots, j_k) &= \\ &= \sum_{s=1}^k (r_{j_s} + ac + h) F_{j_s} + \\ &+ \sum_{j \neq j_1, j_2, \dots, j_k}^n F_{j_s} m_{j_s}. \end{aligned} \quad (2)$$

Анализ выражения (2) позволяет сформулировать критерий выбора формы поставки. При выполнении условия

$$r_k + ac + h \geq m_k \quad (3)$$

используется транзитная форма поставки, а при выполнении условия

$$r_k + ac + h < m_k \quad (4)$$

поставку материального ресурса целесообразно осуществлять по складской форме.

Оценка эффективности форм снабжения при выборе варианта поставки материального ресурса спасательным формированием является сложной задачей зависящей от множества факторов. В первую очередь это расстояние от поставщика до потребителя. Кроме того, на выбор форм поставки влияет показатель – потребление ресурса в единицу времени.

Результаты исследования и их обсуждение

Рациональная организация поставки ресурса, исходя из оценки потребления ресурса в единицу времени и расстояния от центрального склада (производителя) до спасательных формирований, потребляющих ресурс, позволяет (потребителя) основана на определении максимальной величины потребления ресурса в единицу времени, до значения которой складская форма остается эффективной для потребителя.

Решение задачи формирования рационального варианта поставки возможно на основе математической модели, для построения которой должны быть известны зависимости между:

- величиной потребления ресурса в единицу времени и затратами;
- расстоянием от производителя до потребителя и затратами.

Обозначим величину затрат любого потребителя на единицу ресурса как удельные затраты, имеющие различные функциональные зависимости [4]. Для транзитной формы:

$$m(x, y) = g_1 + c_1 \left(a_1 + \frac{b_1}{x} \right) + (a_2 y + b_2),$$

для складской формы:

$$r(z) = g_2 + a_3 z + b_3,$$

где x – суточная потребность в материале;

y – расстояние от потребителя до производителя;

c_1 – затраты на содержание потребителем единицы запасов в единицу времени;

$$c_1 \left(a_1 + \frac{b_1}{x} \right) – \text{затраты на содержание}$$

запасов потребителем;

$a_2 y + b_2$ – затраты на перевозку материалов от производителя к потребителю (линейная функция от расстояния);

g_1 – прочие удельные затраты при транзитной форме снабжения;

z – расстояние от потребителя до ЦС;

$a_3 z + b_3$ – затраты на перевозку материалов с ЦС к потребителю (линейная функция от расстояния);

g_2 – прочие удельные затраты при складской форме снабжения.

Исходя из установленного ограничения (3,4) на использование складской

или транзитной форм поставки ресурса, определим области их экономического использования:

$$x \leq x_0 \text{ и } x \geq x_0,$$

где

$$x_0 = \frac{b_1 c_1}{(a_3 z + b_3) - (a_2 y + b_2) + (a c - a_1 c_1) + (g_2 - g_1 + h)}. \quad (5)$$

Границу эффективного применения той или иной формы снабжения принято обозначать как норму эффективного использования складской формы поставки [5].

В выражении (5) знаменатель дроби представляет собой дополнительную удельную величину затрат, которая возникает при переходе границы x_0 , т.е. при переходе с транзитной формы на складскую:

$$(a_3 z + b_3) - (a_2 y + b_2).$$

В числителе выражения 13 стоит значение постоянных затрат на содержание запасов в единицу времени при использовании транзитной формы доставки ресурса.

Кроме затрат на содержание, на определение величины x_0 влияет и расстояние (т.е. издержки на доставку). Этот показатель является основой для дифференцирования нормы эффективного применения складской формы поставки, при условии равенства всех остальных условий.

Обращаясь к выражению (5) можно определить расстояние, при котором экономически эффективнее использовать складскую форму, рассчитывая ее как функцию от объема потребления ресурса в сутки.

Очевидно, что если ресурс однородный, то расчеты области эффективного использования складской или транзитной форм доставки проводится по каждому виду ресурса. Условно-постоянные затраты ЦС при этом распределяются по видам ресурса пропорционально обороту каждого их видов ресурса.

В случае если разные ресурсы предполагают использование обеих форм снабжения возникает задача определения наиболее эффективного соотношения объемов поставок по разным формам. В самом простом варианте, при известных значениях, установленных

для данного потребителя, нормативов запаса ресурса для транзитной (А) и складской (В) форм доставки, задается в днях. Кроме того, обозначив, что V_3 – объем в тоннах (т) (величина запаса материальных средств который возможно разместить одномоментно на складских площадях), D – тонн в день (т/день) (величина материального ресурса, необходимого или расходуемого потребителем в день), можно определить выражение для расчёта величины V_3 [6]

$$V_3 = k_{\text{п}} S_{\text{скл}} d_{\text{ед}},$$

где $S_{\text{скл}}$ – площадь склада на которой возможно разместить (хранить) запас материального ресурса (м^2);

$d_{\text{ед}}$ – количество материального ресурса, размещаемого на одном квадратном метре складской площади (т/ м^2);

$k_{\text{п}}$ – коэффициент полезного использования площади склада, который рассчитывается как отношение всей площади склада к занимаемой материальным ресурсом.

Относительная величина запаса, хранящегося на складской площади потребителя, одновременно может быть представлена отношением V_3/D .

Представленные исходные данные позволяют определить объем транзитных и складских поставок (x и y соответственно), которые гарантированно обеспечивают одновременное хранение на складской площади объема V_3 (в тоннах) или V_3/D (в относительных единицах).

Эта задача сводится к решению системы уравнений:

$$Ax + By = V_3,$$

$$x + y = D.$$

Решив данную систему и получив значения x и y мы можем определить долю складского снабжения в общем объеме поставок как отношение y / D или выразить эту величину в процентах $y / D \times 100\%$.

Выводы

Таким образом рассмотренный выше подход к определению эффективного варианта доставки материального ресурса или соотношения вариантов доставки при использовании складской или транзитной форм (как правила при использовании различных номенклатур ресурса) позволяет добиться снижения величины затрат при функционировании спасательных формирований в ходе ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. Снижение затрат в свою очередь будет способствовать повышению эффективности функционирования всей системы организации работ спасательного формирования. Очевидно, что предложенный подход позволит обеспечить экономию средств на ликвидацию ЧС без влияния на объемы и качество проведения аварийно-спасательных работ, а в отдельных случаях (при обеспечении качественной и бесперебойной поставки материальных ресурсов) будет способствовать их более качественному и эффективному проведению.

Библиографический список

1. Кузин Б.И., Горбоконь А.А., Тютюкин В.К., Чернова Г.В. Экономико-математические модели в организации и планировании промышленного предприятия: учебное пособие. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1982. 336 с.
2. Фурманков А.Н. Логистический подход к проектированию производственных систем: автореферат дис. ... канд. экон. наук. Санкт-Петербург, 1997. 18 с.
3. Белкин Н.В. Применение научных методов и вычислительной техники в материально-техническом снабжении. М.: [б. и.], 1970. 13 с.
4. Лебедев Е.А., Миротин Л.Б., Покровский А.К. Инновационные процессы в логистике: монография / Под общ. ред. Л. Б. Миротина. М.: Инфра-Инженерия, 2019. 392 с.
5. Шах А.Д., Погостин С.З., Альмаи П.А. Организации, планирование и управление предприятием химической промышленности: учебник / Под ред. Н. П. Федоренко. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Высш. Школа, 1981. 431 с.
6. Негреева В.В., Скобелева Т.В. Исследование по совершенствованию складской деятельности фармацевтической фирмы // Экономика и экологический менеджмент. 2017 № 3. DOI: 10.17586/2310-1172-2017-10-3-20-29.