

УДК 658.7.001.1

Л. А. СЕРГЕЕВА, А. Р. КУДЛАЕВА

МОДЕЛЬ ОБЕСПЕЧЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ ПРОИЗВОДСТВА ПРОМЫШЛЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

В статье рассматривается оригинальная методика решения задачи обеспечения непрерывности производственного процесса материальными ресурсами с наименьшими затратами в условиях ограниченности в финансовых средствах предприятия, складских помещений для хранения материальных ресурсов, с учетом возможностей поставщиков материальных ресурсов и корректировки плана производства продукции при изменении спроса. *Затраты на приобретение, доставку и хранение материальных ресурсов; число поставок; управление поставками*

ВВЕДЕНИЕ

Задача управления поставками материальных ресурсов имеет большое значение для обеспечения функционирования производственных предприятий в условиях изменяющихся заказов по перечню, количеству и срокам.

1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

Для того чтобы производственный процесс был непрерывным, к конкретному моменту времени должны быть в наличии необходимые материальные ресурсы по ассортименту, по количеству и по качеству. Этого можно достичь либо своевременной поставкой материальных ресурсов к моменту использования их в производственном процессе, либо наличием на промышленном предприятии их запасов. Создание запасов или их отсутствие требуют дополнительных расходов. С одной стороны, запасы на предприятии создают условия бесперебойной работы, снижают транспортно-заготовительные расходы, уменьшают потери, связанные с остановкой производства и с несвоевременной поставкой промышленной продукции заказчиком. Вместе с тем, содержание больших по объему запасов отвлекает из оборота предприятия часть финансовых средств. Это противоречие устраняется разработкой эффективной системы своевременного обеспечения производственного процесса материальными ресурсами [1, 2].

2. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Общеизвестно, что процесс обеспечения предприятия материальными ресурсами состоит из следующих этапов: приобретение – доставка – хранение. При этом затраты предприятия на осуществление каждого этапа будут разными в зависимости от числа поставок, которое зависит от количества материальных ресурсов, момента поставки и периода времени обеспечения производственного процесса. Собственники предприятия заинтересованы в минимальных затратах, получении максимальной прибыли, в увеличении скорости оборота капитала. В реальных условиях в конкретные периоды времени на число поставок влияют такие внутренние факторы, как наличие необходимых денежных средств для приобретения материальных ресурсов, количество имеющихся транспортных средств, размеры складских помещений. К воздействию внешних факторов относятся возможности поставщиков и изменение производственной программы изготовления продукции, которое может составлять 30 – 90% (появляются

и исчезают заказы, меняется их количество, сроки, качественные характеристики и т. п.). Определение числа поставок позволит разрешить противоречие в разнонаправленности расходов на приобретение, доставку, хранение материальных ресурсов. Промышленным предприятиям с точки зрения минимизации затрат на приобретение и транспортировку выгодно приобретать материальные ресурсы сразу (в одну поставку) в начале рассматриваемого периода времени в связи с инфляционными процессами в стране, а с точки зрения минимизации затрат на складирование – по мере необходимости их использования в процессе производства (несколько поставок) в связи с большой величиной производственных запасов. Таким образом, при объеме поставок материальных ресурсов на более длительный период времени увеличиваются затраты на хранение, необходима большая величина оборотных средств по производственным запасам, но меньше затраты на транспортировку.

Следовательно, целевая функция (1) представляет собой минимизацию суммарных затрат на обеспечение производственного процесса материальными ресурсами по числу поставок.

В первой составляющей целевой функции представлены затраты предприятия на приобретение материальных ресурсов. При этом в зависимости от того, в какую поставку p покупается материал, в его цене учитывается инфляция, дефляция, потребительские свойства, предложения поставщиков.

Во второй составляющей целевой функции представлены затраты на доставку, при расчете которых учитываются вид транспортного средства, тариф по доставке, погрузке, разгрузке материальных ресурсов автомобильным транспортом.

В третьей составляющей целевой функции учитываются затраты на содержание и ремонт складских помещений, аренда складских помещений, длительность хранения материальных ресурсов, величина оборотных средств по производственным запасам.

Поэтому перед промышленными предприятиями возникает проблема, как своевременно и с минимальными затратами обеспечить производственный процесс материальными ресурсами при внешних и внутренних возмущениях.

В формализованном виде задачу обеспечения производственного процесса материальными ресурсами можно представить следующим образом:

$$\sum_{\rho=1}^P \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I C_{jip} \cdot X_{jip} + \sum_{\rho=1}^P \left(3_{2\rho} \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I X_{jip} \right) + \sum_{\rho=1}^P \left(\sum_{j=1}^J \left(\sum_{i=1}^I (X_{jip} \cdot t_{jip}) \cdot 3_{3j\rho} \right) \right) \rightarrow \min \tag{1}$$

при следующих ограничениях:

– по обеспеченности предприятия денежными средствами на приобретение материальных ресурсов

$$\sum_{j=1}^J (C_{jip} \cdot X_{jip}) \leq \Phi_{ip};$$

– по наличию у поставщиков достаточного количества материальных ресурсов

$$\sum_{i=1}^I X_{jip} \leq R_{jp};$$

– по количеству приобретаемых материальных ресурсов с учетом запасов

$$\sum_{i=1}^I X_{jip} \leq \sum_{i=1}^I (N_{jip}) - \sum_{i=1}^I (H_{jip});$$

– по вместимости складских помещений для хранения материальных ресурсов

$$\sum_{j=1}^J \left(V_j \cdot \left(\sum_{i=1}^I (X_{jip} + H_{jip}) \right) \right) \leq V;$$

– по возможному изменению плана производства продукции

$$\sum_{\rho=1}^P X_{jip} = \Pi_j \pm k_j;$$

– по неотрицательности переменных

$$X_{jip} \geq 0,$$

где i – номер заказа, $i = \overline{1, I}$; j – ассортиментная позиция материального ресурса, $j = \overline{1, J}$; ρ – номер поставки, $\rho = \overline{1, P}$; C_{jip} – цена j -го материального ресурса для изготовления i -го заказа, приобретаемого в ρ -ю поставку; X_{jip} – количество j -го ресурса для изготовления i -го заказа, приобретаемого в ρ -ю поставку; $3_{2\rho}$ – транспортные расходы в ρ -ю поставку; $3_{3j\rho}$ – суточные затраты на складирование j -го ресурса; t_{jip} – длительность хранения (в сутках) на складе j -го ресурса для изготовления i -го заказа, приобретенного в ρ -ю поставку; Φ_{ip} – денежные средства предприятия на приобретение ресурсов для изготовления i -го заказа в ρ -ю поставку; R_{jp} – количество j -го ресурса, предлагаемого поставщиком в ρ -ю поставку; N_{jip} – необходимое количество j -го ресурса для изготовления i -го заказа в ρ -ю поставку; H_{jip} – остаток на складе количества j -го ресурса для изготовления i -го заказа, который есть в наличии к ρ -ой поставке; V_j – объем (площадь), занимаемая одной единицей j -го ресурса на складе; V – объем (площадь) складского помещения предприятия; Π_j – плановая потребность в j -ом материальном ресурсе; k_j – изменение плановой потребности.

3. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Учитывая динамику условий функционирования производственного предприятия, его стратегию и тактику, для решения задачи авторами разработана следующая методика определения оптимального числа поставок.

1 этап. Отдельно решаются задача выбора поставщика для каждого материального ресурса, транспортная задача по нахождению кратчайших маршрутов для всех материальных ресурсов сразу и задача расчета затрат на хранение материальных ресурсов для каждого материального ресурса по одинаковым вариантам поставок $\rho = 1, \dots, P$. Обозначим ρ_s – количество вариантов реализации ρ -ой поставки. Например, $\rho = 2$, тогда возможны 3 варианта поставки: первый вариант – поставка на первый квартал, затем поставка на три последующие (1; 2+3+4); второй вариант – две поставки на полугодие (1+2; 3+4); третий вариант – поставки на три квартала одновременно, затем на последний квартал отдельно (1+2+3; 4). Таким образом, для каждой задачи могут быть получены разные решения: $\rho_{1s}, \rho_{2s}, \rho_{3s}$. Результаты решения задач минимизации затрат на приобретение материальных ресурсов (МР), их транспортировку и хранение представлены в таблице 1.

Таблица 1

Определение вариантов решения по числу поставок

Результат решения задачи минимизации затрат на приобретение МР (ВАРИАНТ 3)			
Наименование МР	Число поставок	Вариант поставки	Затраты, руб.
М1	2	1; 2+3+4	1417617
М2	4	1; 2; 3; 4	1513282
М3	1	1+2+3+4	14405778
М4	1	1+2+3+4	4477082
итого			21813759
Результат решения задачи минимизации затрат на транспортировку МР (ВАРИАНТ 1)			
Наименование МР	Число поставок	Вариант поставки	Затраты, руб.
М1	2	1+2+3;4	633883
М2	3	1;2+3;4	
М3	4	1;2;3;4	
М4	2	1+2;3+4	
итого			633883
Результат решения задачи минимизации затрат на хранение МР (ВАРИАНТ 2)			
Наименование МР	Число поставок	Вариант поставки	Затраты, руб.
М1	2	1+2;3+4	2322003
М2	1	1+2+3+4	2049007
М3	3	1;2;3+4	14690508
М4	4	1;2;3;4	6588377
итого			25649895

Схематично модель определения количества поставок при минимизации совокупных затрат на обеспечение производственного процесса материальными ресурсами приведена на рис. 1.

2 этап. После нахождения определенного решения по каждой из трех задач находится оптимальный вариант. Окончательное решение будет таким, которое позволяет достичь минимума совокупных затрат предприятия на обеспечение материальными ресурсами.

Для каждого полученного варианта решения рассматриваются варианты по другим задачам. Например, при решении задачи минимизации затрат, связанных с хранением материальных ресурсов, получен наилучший вариант 2. Тогда для данного варианта рассматриваются затраты и на приобретение материальных ресурсов, и на их доставку.

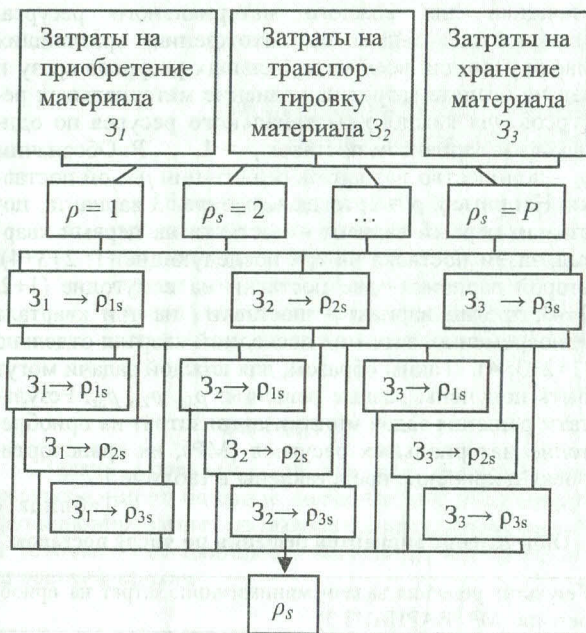


Рис. 1. Модель определения количества поставок материальных ресурсов

Полученные результаты решения трех задач ранжируются в порядке увеличения затрат и для каждой составляющей совокупных затрат рассчитываются шкалы относительной важности, определяются соответствующие баллы (табл. 2).

Таблица 2

Расчет баллов по приведенным вариантам

№ варианта	Затраты (руб)		
	на приобретение	на транспортировку	на хранение
вариант 1	27914670 (2 балла)	633883 (9 баллов)	27971625 (3 балла)
вариант 2	22173967 (7 баллов)	693679 (4 балла)	25649895 (9 баллов)
вариант 3	21813759 (9 баллов)	686581 (5 баллов)	27197667 (6 баллов)

3 этап. Для определения глобального приоритета используется метод анализа иерархий (таблица 3), позволяющий определить наилучший вариант ρ_s [3].

По данным табл. 3 видно, что при равнозначности критериев минимум совокупных затрат на обеспечение материальными ресурсами достигается при втором варианте поставки, когда материал 1 поставляется два раза на полгода, материал 2 – в одну поставку на год, материал 3 – в три поставки на первый, второй кварталы по отдельности, на третий и четвертый кварталы вместе, материал 4 – в четыре поставки на каждый квартал в отдельности.

Расчет глобального приоритета

Минимизация	Затраты			Глобальный при.
	на приобретение	на транспортировку	на хранение	
приоритет критериев	0,33	0,33	0,33	
Вариант 1	0,5	0,5	0,16	0,25
Вариант 2	0,22	0,22	0,5	0,37
Вариант 3	0,27	0,27	0,33	0,36

4. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Результаты исследований были доложены на трех Всероссийских, российской с международным участием, межрегиональной конференциях, опубликованы в международном и межтерриториальном журналах.

5. ПРИЛОЖЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

На практике предлагаемая модель позволяет оперативно принимать решение по закупкам материальных ресурсов в условиях изменения плана производства продукции, когда меняются внешние и внутренние факторы. Данная методика учитывает приоритетность каждого критерия в зависимости от возможности самого предприятия, поставщиков, потребителей при своевременном обеспечении производственного процесса материальными ресурсами, что в конечном итоге позволит увеличить доходность предприятия.

ВЫВОДЫ

1. Разработана модель минимизации совокупных затрат на обеспечение производства материальными ресурсами, обеспечивающая бесперебойное выполнение производственной программы предприятия в условиях неопределенности поведения поставщиков и потребителей.

2. Разработана методика решения задачи минимизации совокупных затрат на обеспечение материальными ресурсами производственного предприятия по числу поставок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рыжиков, Ю. И. Теория очередей и управление запасами : учеб. пособие для вузов / Ю.И. Рыжиков. СПб. : Питер, 2001. 384 с.
2. Лагуткин, В. М. Экономико-математические модели в снабжении / под общей ред. В. М. Лагуткина. М. : Экономика, 1971. 367 с.
3. Саати, Т. Л. Аналитическое планирование. Организация систем / Т. Л. Саати, К. Кернс; пер. с англ. Р. Г. Вачнадзе; под ред. И. А. Ушакова. М. : Радио и связь, 1991. 224 с.