

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АНАЛИЗА УСТОЙЧИВОСТИ И КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

© 2012 С.Е. Гордеева*

Ключевые слова: логистическая система, математическое моделирование, оптимизация, оценка устойчивости по отношению к изменениям ресурсных входных потоков и ценовых значений, конкурентоспособность.

Представлен анализ устойчивости разработанной с помощью методов оптимизации и управления материальными потоками математической модели логистической системы производственного процесса шоколадной продукции линии “Золотая Марка” ОАО «Кондитерское объединение “Россия”».

Производственная логистическая система должна гибко реагировать на возможные колебания ресурсных входящих потоков и ценовых значений, а также обладать устойчивостью к изменениям на рынке, что, безусловно, является важным фактором повышения конкурентоспособности предприятия¹.

Проведенное исследование позволило найти условия устойчивости структуры оптимального решения по отношению к изменениям ресурсных входных потоков и ценовых значений, а также представить экономическую характеристику полученных результатов. К тому же оптимизация структуры потоков продукции, минимизирующая затраты производства при дополнительном условии выпуска продукции не меньше 65% от максимально возможного, позволила осуществить оценку конкурентоспособности логистической системы.

Проведенные исследования смоделированной логистической системы производственного процесса продукции “Золотая Марка”, выпускаемой ОАО «Кондитерское объе-

динение “Россия”», позволили проанализировать устойчивость структуры оптимальной модели по отношению к изменениям как входящих потоков ресурсов, так и коэффициентов целевой функции C_j (см. таблицу).

В первую очередь, были выявлены условия устойчивости логистической системы по отношению к изменениям входных ресурсных потоков:

- Δb_1 - изменение материальных ресурсов, руб.;
- изменение количества трудовых ресурсов, чел./ч;
- изменение фонда рабочего времени оборудования, станко-ч.

Новое значение переменных, вошедших в базис оптимального решения x_1^* , x_2^* , x_3^* , можно рассчитать как результат перемножения матриц.

Данные для оценки устойчивости логистической системы

Показатели	Ед. измерения	Виды продукции				Суточный объем ресурса
		I	II	III	IV	
Ресурсы: материальные	руб.	3,56	9	8	3	6800
трудовые	чел.-дн.	2,3	8	4	2	5100
оборудование	станко-ч	1,87	12	2,67	11,96	6320
Цена продукции	руб.	91	520,1	130	500	
Себестоимость 1 ед. продукции	руб.	62	325	78	314	

* Гордеева Светлана Евгеньевна, аспирант Самарского государственного экономического университета.
E-mail: svetlana_gordeev@mail.ru.

$$A_B^{-1} = \begin{bmatrix} 0.69 & -1.41 & 0.24 \\ -1.45 & 3.93 & -1.53 \\ 0.073 & -0.3 & 0.23 \end{bmatrix} \text{ и } B^* = \begin{bmatrix} 6800 + b_1 \\ 5100 + b_2 \\ 6320 + b_3 \end{bmatrix}$$

$$\begin{cases} X_3^* = 0.69(6800 + b_1) + (-1/41)(5100 + b_2) + \\ + 0.4(26320 + b_3) \geq 0, \\ X_1^* = (-1.45)(6800 + b_1) + 3.93(5100 + b_2) + \\ + (-1.53)(6320 + b_3) \geq 0, \\ X_2^* = 0.073(6800 + b_1) + (-0.3)(5100 + b_2) + \\ + 0,23(6320 + b_3) \geq 0. \end{cases}$$

Рассмотрим ситуацию, когда $b_2 \neq 0$, $b_1 = 0$, $b_3 = 0$, т.е. изменяется количество трудовых ресурсов, а количество материальных ресурсов и оборудования остается неизменным.

$$\begin{cases} 155,4 - 1,41b_2 \geq 0, \\ 513,4 + 3,93b_2 \geq 0, \\ 420 - 0,3b_2 \geq 0, \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} b_2 \leq 110,21, \\ b_2 \geq -130,64, \\ b_2 \leq 1400, \end{cases}$$

Анализ проведенных расчетов показал, что по отношению к изменениям входящего потока трудовых ресурсов разработанная оптимальная модель логистической системы производства будет устойчивой при условии изменения запаса данного дефицитного ресурса труда в интервале от $-130,64 < b_2 < 110,21$. Если этот запас будет изменяться с большими отклонениями, то ассортимент выпускаемой продукции и выручка от реализации тоже будут меняться и система будет неустойчивой.

Также на основе анализа возможной ситуации, когда изменяется запас материалов, а запасы трудовых ресурсов и оборудования остаются соответственно неизменными ($b_1 \neq 0$, $b_2=0$, $b_3 = 0$), была получена следующая модель:

$$\geq 0.$$

Экономический смысл полученного решения $-161,88 < b_1 < 354,07$ заключается в том, что разработанная модель логистичес-

кой системы производства будет устойчивой по отношению к изменениям входящего потока материальных ресурсов при условии изменения запаса данного дефицитного материального ресурса в интервале от $-161,88$ до $354,07$ руб. Если запас данного ресурса снизится на 162 руб. и более или увеличится более чем на $354,07$ руб., то в оптимальном плане система потеряет устойчивость.

И наконец, при изменении фонда рабочего времени оборудования ($b_3 \neq 0$, $b_2 = 0$, $b_1 = 0$) условием устойчивости структуры оптимального моделирования логистической системы является следующее:

$$-370 < b_3 < 335,56.$$

С экономической точки зрения, это означает, что по отношению к изменениям входящего потока ресурсов оборудования разработанная оптимальная модель логистической системы производства будет устойчивой при условии, если запас данного дефицитного ресурса будет снижаться не больше чем на 370 станко-ч и увеличиваться не более чем на $335,56$ станко-ч.

Проведенные исследования позволили также выявить зависимость устойчивости структуры оптимального решения от изменения цен за единицу выпускаемой продукции (коэффициентов целевой функции C_j).

При изменении C_j на C_j^* была смоделирована следующая система:

$$\begin{cases} C_1^* = 91 + C_1, \\ C_2^* = 520,1 + C_2, \\ C_3^* = 130 + C_3, \\ C_4^* = 500 + C_4, \\ C_5^* = 0 + C_5, \\ C_6^* = 0 + C_6, \\ C_7^* = 0 + C_7. \end{cases}$$

Чтобы ранее найденное решение осталось оптимальным, изменение коэффициентов C_j целевой функции допустимо в таком интервале, для которого оценки остаются неотрицательными.

$$\begin{cases} X4^* = (130 + C3) * 4,32 + (91 + C1) * (-14,77) + \\ + (520,1 + C2) * 2,34 - (500 + C4) \geq 0, \\ X5^* = (130 + C3) * 0,69 + (91 + C1) * (-1,45) + \\ + (520,1 + C2) * 0,073 - (0 + C5) \geq 0, \\ X6^* = (130 + C3) * (-1,41) + (91 + C1) * 3,93 + \\ + (520,1 + C2) * (-0,3) - (0 + C6) \geq 0, \\ X7^* = (130 + C3) * 0,42 + (91 + C1) * (-1,535) + \\ + (520,1 + C2) * 0,23 - (0 + C7) \geq 0. \end{cases}$$

В процессе анализа зависимости устойчивости структуры оптимального решения по отношению к изменениям цен за единицу выпускаемой продукции первого вида в первую очередь была рассмотрена возможная ситуация, когда цена на первый вид продукции меняется: $C1 \neq 0$, а остальные при этом остаются постоянными: $C2 = 0, C3 = 0, C4 = 0, C5 = 0, C6 = 0, C7 = 0$:

к изменению цены на единицу продукции второго вида при условии, что цена на данный вид продукции будет изменяться в интервале $58,63 < C2 < 61$.

В случае, если $C3 \neq 0$, а $C1 = 0, C2 = 0, C4 = 0, C5 = 0, C6 = 0$ и $C7 = 0$, математическая модель выглядит следующим образом:

Решением данного неравенства является интервал от 15,14 до $+\infty$. При изменении цены на продукцию третьего вида в данном интервале ассортимент и объемы выпуска продукции не изменяются. При изменении цены менее чем на 15,14 руб. производить данный вид продукции невыгодно. Таким образом, структура разработанной оптимальной модели логистической системы будет устойчивой по отношению к изменениям цен за единицу выпускаемой продукции третьего вида при условии изменения цены на единицу продукции в интервале от 15,14 руб. и выше.

Согласно разработанной модели в целях оптимизации предлагается снять с производства продукцию четвертого вида. Однако если предприятие все же решит продолжить производство данного вида продукции, то структура смоделированной логистической системы будет устойчивой по отношению к изменениям цен за единицу выпускаемой продукции четвертого вида при условии, если цена будет изменяться на 65,44 руб. и выше. В любом другом случае производство данного вида продукции не выгодно для предприятия.

Однако в условиях конкуренции стоящая перед предприятием задача несколько меняется. Для оценки конкурентоспособности логистической системы была проведена оптимизация структуры потоков продукции, минимизирующих затраты производства при дополнительном условии выпуска продукции

Решение данной системы неравенств: $C2 \geq 58,63, C1 \leq 4,43$. Экономический смысл данного решения заключается в следующем: по отношению к изменениям цен за единицу выпускаемой продукции первого вида структура разработанной оптимальной модели логистической системы будет устойчивой при условии изменения цены в данном интервале, что позволяет сохранить ассортимент и объемы выпуска продукции неизменными. При уменьшении цены на 5 руб. эту продукцию невыгодно производить. Однако уменьшение цены целесообразно производить не более чем на 4,66 руб. и не менее чем на 4,43 руб. При этом оптимальный план не изменится и разработанная модель будет устойчивой.

Исследовав зависимость устойчивости структуры оптимального решения по отношению к изменениям цен за единицу выпускаемой продукции второго вида ($C2 \neq 0$, а $C1 = 0, C3 = 0, C4 = 0, C5 = 0, C6 = 0$ и $C7 = 0$), было выявлено, что смоделированная логистическая система будет устойчивой по отношению

не меньше 65 % от максимально возможного. При этом была получена следующая модель:

$$L2(x) \min = 53x_1 + 327x_2 + 81x_3 + 314x_4,$$

$$x_1, x_2, x_3, x_4 > 0.$$

Используя метод искусственного базиса в четвертое ограничение, введем неотрицательную искусственную переменную x_9' , которая в целевой функции записывается с коэффициентом M^2 .

$$L2(x) \min = 53x_1 + 327x_2 + 81x_3 + 314x_4 + 0x_5 + 0x_6 + 0x_7 + 0x_8 + Mx_9',$$

$$\begin{cases} 3,56x_1 + 9x_2 + 8x_3 + 3x_4 + x_5 = 6800 \\ 2,3x_1 + 8x_2 + 4x_3 + 2x_4 + x_6 = 5100 \\ 1,87x_1 + 12x_2 + 2,67x_3 + 11,96x_4 + x_7 = 6320 \\ 91x_1 + 520,1x_2 + 130x_3 + 500x_4 - x_8 + x_9' = 182761. \end{cases}$$

В результате решения расширенной задачи математического моделирования, осуществленного на основе анализа симплекс-таблиц, были получены следующие результаты:

$$x_1 = 1472,65; x_2 = 252,78; x_3 = 904,57; \\ x_4 = 0; x_5 = 0; x_6 = 1154,15; x_7 = 0.$$

При данном оптимальном плане выручка от реализации продукции составит: $53 \cdot 1472,65 + 327 \cdot 252,78 + 81 \cdot 904,57 + 314 \cdot 0 = 233\,979,68$ руб.

Таким образом, при определении потоков продукции, минимизирующих затраты производства при дополнительном условии выпуска продукции не менее 65 % от максимально возможного, было выявлено следующее:

♦ предприятию предлагается выпускать продукцию первого вида в количестве 1472,65 шт., второго вида - 252,78 шт. и третьего вида - 904,57 шт.;

♦ рекомендуется снять с производства продукцию четвертого вида ($x_4 = 0$), в связи с тем что она является нерентабельной;

♦ при данном процессе производства остаток трудовых ресурсов составит 1154,15 чел./ч.

Экономический смысл полученного решения заключается в том, что при выпуске 1472,65 шт. шоколадных плиток "Золотая Марка", 252,78 шт. шоколадных наборов по 241 г. и 904,57 шт. шоколадных наборов по 121 г. предприятие минимизирует затраты на производство при дополнительном условии выпуска продукции не менее 65 % от максимально возможного. При этом выручка от реализации первых трех видов продукции составит 233 979,68 руб.

Таким образом, разработанная математическая модель логистической системы производства шоколадной продукции линии "Золотая Марка", позволяющая максимизировать объем производства в стоимостном выражении и минимизировать цены на дефицитные ресурсы таким образом, чтобы стоимость их была не меньше, чем выручка от реализации продукции предприятия, гибко реагирует на изменение входящих ресурсных потоков и цен за единицу выпускаемой продукции, а также обладает устойчивостью к возможным изменениям на рынке, что, безусловно, является важным фактором повышения конкурентоспособности предприятия.

¹ См.: Алесинская Т.В. Оценка устойчивости логистических систем // Логистика. 2011. □ 7; Яхнеева И.В. Рисковые потоки в логистических системах // Вестн. Самар. гос. экон. ун-та. Самара, 2012. □ 4 (90). С. 98.

² Калихман И.Л. Линейная алгебра и программирование. М., 2008. С. 32.

Поступила в редакцию 18.06.2012 г.