

## ВОПРОСЫ ПОСТРОЕНИЯ РЕАЛИЗУЕМОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ В УСЛОВИЯХ НЕСТАЦИОНАРНОЙ РЫНОЧНОЙ СРЕДЫ

*Н.С. Дзензелюк*

Статья посвящена проблематике построения системы управления запасами (СУЗ) с использованием адаптивного метода. Предлагаемая методология синтеза СУЗ обладает простотой и доступностью аппарата ее реализации и позволяет построить систему управления, которая отличается эффективностью и инвариантностью к изменениям параметров окружающей внешней среды в широком диапазоне их значений.

*Ключевые слова:* адаптивное управление, управление производственными запасами, модели систем управления запасами.

Несмотря на большой пласт теоретических исследований, проблема управления запасами в условиях нестационарного рынка, задача разработки методов и моделей, эффективно реализуемых на практике, остается по-прежнему нерешенной и актуальной [1].

В качестве приемлемого практического инструмента здесь следует использовать эвристический подход, основанный на идее оптимизации систем методом сравнительного анализа вариантов путем их имитационного моделирования в диалоговом режиме [4].

В соответствии с обоснованным и принятым (системным) подходом [1, 2] на первом этапе синтеза искомой СУЗ было проведено исследование ее внешней среды (рыночного спроса и поставок), в ходе которого были решены две основные задачи:

- изучен реальный типизированный рынок потребительских товаров с целью выявления общих закономерностей динамично развивающихся рынков;

- разработан алгоритм исследования рынка, позволяющий получить адекватные оценки текущих показателей спроса и их прогнозные значения.

К качественным результатам решения первой из указанных задач прежде всего следует отнести многофакторность и изменчивость параметров трендовой модели спроса, а также нестационарность исследуемого рынка товаров.

Так, исследования показали, что использование корреляционно-регрессионного аппарата для установления факторных связей спроса с поставками товаров традиционным путем, т. е. на базе статистической обработки исходных временных рядов объемов продаж и поставок, приводит к малосодержательным результатам. В целях получения более объективной информации о наличии,

уровне и направленности причинно-следственных связей между указанными показателями целесообразно уменьшать влияние случайной компоненты товарного рынка путем анализа функции взаимной корреляции не исходных временных рядов, а их трендов.

Основным итогом решения второй задачи – экспериментального исследования адекватности известных методов выявления трендов временных рядов – явилось определение рабочего алгоритма [5], который может быть рекомендован в качестве надежного метода построения трендов спроса, объективно отражающих реальные тенденции современного нестационарного рынка розничных товаров массового потребления.

Полученные результаты исследования особенностей искомого рынка послужили дополнительным аргументом в пользу ранее сделанного вывода о необходимости применения компьютерных технологий и техники моделирования как единственного инструмента практического решения задачи исследования рыночного спроса в условиях его значительной стохастичности и нестационарности.

Заметим также, что эти результаты, как и приведенные в [1] выводы обзора строго оптимальных стратегий и моделей управления запасами, еще раз показали, что использование последних в практических приложениях не представляется возможным. Поэтому для решения искомой задачи синтеза СУЗ в качестве рациональной стратегии была предложена простая «двухуровневая (R, r) – стратегия» с раздельным формированием параметров управления запасами [3]. При ее решении автором [3] принят целый ряд существенных ограничений, которые не соответствуют условиям функционирования искомой СУЗ (прежде всего, отмеченная значительная нестационарность и сто-

хастичность внешней среды). В то же время, с точки зрения предлагаемого подхода к синтезу СУЗ, результаты [3] обладают особой привлекательностью, которая заключается в их наглядном характере, позволяющем определить общую морфологическую структуру СУЗ по спросу. Поэтому указанная структура может быть достаточно просто преобразована в структуру, обладающую большей гибкостью и, следовательно, и эффективностью в условиях динамической среды. В свою очередь построение такой модели позволяет оценить возможность распространения любых результатов, полученных с ее помощью, на более общие условия функционирования СУЗ с помощью метода имитационного моделирования. Последние соображения имеют важные последствия, так как позволяют снять целый ряд ограничений, используемых в [3].

Следует остановиться на указанных ограничениях подробнее с целью формирования понимания, как предлагаемая методика позволяет их разрешить. Первозванным А.А. [3] величина случайной составляющей  $\tilde{q}_{t+T}^*$  формируется как линейная функция отклонений запаса  $z_t$  от заданного уровня  $r$ , который трактуется не как порог срабатывания в  $(R, r)$  – стратегии, а как средний уровень запасов перед поступлением очередного заказа  $q_{t+T}^*$ . Поэтому нахождение величины  $r^*$  связано с необходимостью оптимизации квадратичной интегральной формы, которая при справедливости гипотезы о нормальности плотности распределения  $x_t$  и заданных значений издержек дефицита (штрафа)  $\pi_r$  и хранения  $h_r$  запаса  $r$  приводит к достаточно простым соотношениям, связывающим величину  $r^*$ , оптимальную в смысле минимума дисперсии флуктуации запасов  $\sigma_{Zt, \min}^2$  и издержками  $\pi_r, h_r$  согласно

$$r = k_r \cdot \sqrt{\sigma_{Zt, \min}^2}, \quad \Phi(k_r) = 0.5 - \frac{h_r}{\pi_r + h_r},$$

$$\Phi(k_r) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma_{Zt, k_r}} \int_0^\infty \exp\left\{-\frac{z_t^2}{2\sigma_{Zt}^2}\right\} dz_t. \quad (1)$$

Нахождение весовых коэффициентов оптимальной передаточной функции системы стабилизации и параметра  $k_r$  в более общем случае (при других законах распределения случайных параметров среды) даже при линейном законе управления чрезвычайно затруднено. Поиск оптимального решения в такой постановке требует применения специальных методов для каждого конкретного случая, а синтезированные при этом стратегии управления не имеют простого толкования и поэтому их обобщение на практике не представляется возможным.

Адаптивная стратегия позволяет обойти указанные трудности. Основной проблемой практической реализации процедуры формирования заказа

$q_{t+T}^*$  здесь является решение задачи выбора оцениваемых параметров вариации спроса и определение формы их функциональной связи с параметром управления  $r$  при  $r = r^*$ , т. е. с его оптимальными значениями, которые находятся из условия минимизации суммарных издержек управления страховым запасом  $C_r$ .

В качестве оцениваемого параметра вариации спроса логично выбрать его коэффициент вариации  $\text{var}\{x_t\} = \sigma_{x_t} / \bar{x}_t$ . Именно этот относительный параметр определяет среднее число дней дефицита  $\bar{\eta}$  в каждом цикле оперативного управления длительности  $T$  по случайной компоненте спроса.

Условие оптимизации параметра  $r$  (издержки хранения страхового запаса –  $C_{ir}$  и издержки собственно дефицита –  $C_{v\eta}$ ) имеет вид

$$r^* = \{r \in \Omega_r / (C_{ir} + C_{v\eta}) = \min\}, \quad (2)$$

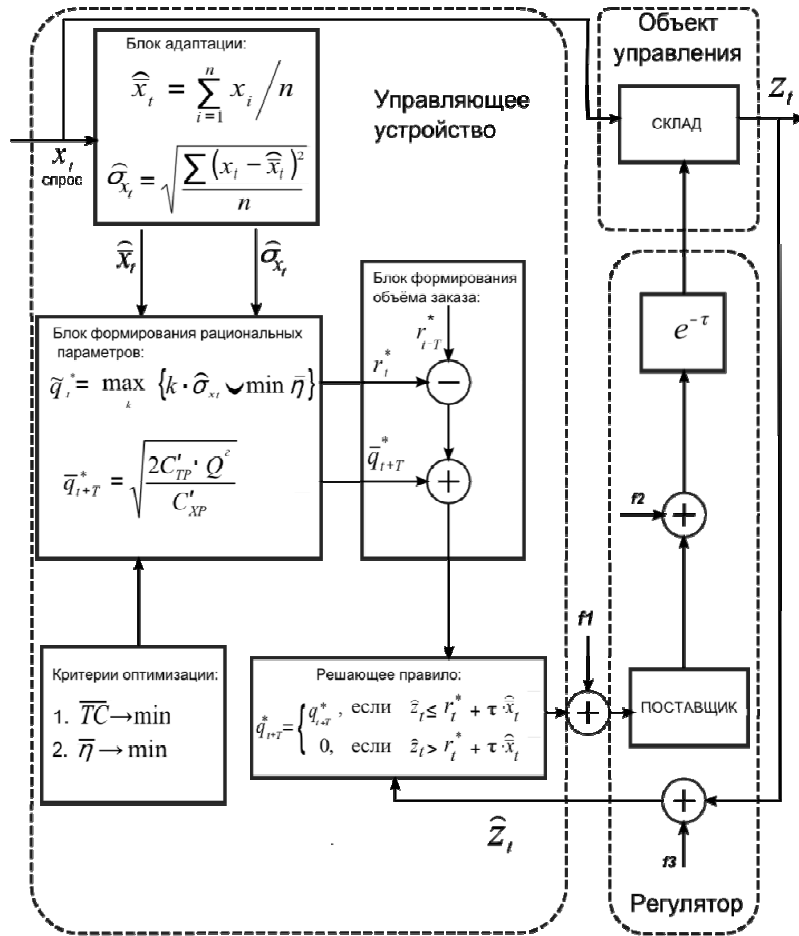
где  $C_{ir} = k_{ir}r$ ,  $k_{ir}$  – коэффициент, отражающий доходность альтернативного вложения капитала;  $C_{v\eta} = k_\eta \cdot \bar{\eta}(r)$ ,  $k_\eta$  – удельные издержки в день, связанные с неудовлетворенным спросом по причине дефицита;  $\bar{\eta}(r)$  – функция связи среднего числа дней дефицита  $\bar{\eta}$  за анализируемый период и уровня страхового запаса  $r$ , имеющая обратно пропорциональный характер.

В рассматриваемом здесь адаптивном варианте значение  $\bar{\eta}$  зависит дополнительно от оценки вариации спроса  $\text{var}\{x_t\}$ , т. е. от частных оценок его интенсивности  $\bar{x}_t$  и СКО  $\sigma_{x_t}$  так, что  $\bar{\eta}(r) \equiv \bar{\eta}(r; \bar{x}_t; \sigma_{x_t})$ . Очевидно, что в общем случае широкого класса исходных условий (параметров и законов плотности распределения спроса) вид функции  $\bar{\eta}(r; \bar{x}_t; \sigma_{x_t})$  будет различен и может быть получен экспериментально в процессе имитационного моделирования в форме семейства кривых  $\bar{\eta}(r; \text{var}\{x_t\})$ . Последние могут быть трансформированы в соответствующее семейство кривых издержек  $C_{v\eta}(r; \text{var}\{x_t\})$  для использования в целевой функции  $C_r$  при нахождении оптимальных значений  $r^*$  и установлению функционального соответствия между параметром управления  $r^*$  и значениями оценок вариации спроса  $\text{var}\{x_t\}$ . С учетом сказанного условие оптимизации примет вид:

$$r^* = \{r \in \Omega_r / (k_{ir} \cdot r + k_\eta \cdot \bar{\eta}(r; \text{var}\{x_t\})) = \min\}, \quad (3)$$

Структура адаптивной СУЗ, соответствующая изложенной стратегии и модели управления запасами, представлена на рисунке.

Применение такой стратегии и структуры, с одной стороны, позволяет радикально упростить решение задачи выбора параметров управления СУЗ. С другой – использовать преимущества адаптивного метода как наиболее эффективной и в то же время легко интерпретируемой а, следовательно, и практически реализуемой стратегии управле-



Структура адаптивной СУЗ

ния запасами в нестационарных условиях функционирования.

В качестве критериев выбора параметров детерминированной и стохастической компонент заказываемого товара целесообразно принять условие минимума совокупных издержек управления оперативным и страховым запасами как наиболее адекватное в рыночных условиях.

Для параметрического синтеза предлагаемой квазиоптимальной системы, в частности выбора второй компоненты заказываемого товара – страхового запаса естественно воспользоваться эвристическим подходом, а именно – сравнительным анализом вариантов с помощью метода статистического имитационного моделирования.

Таким образом, параметрический синтез адаптивной СУЗ потребовал решения следующих задач.

1. Определение вида функции  $\bar{\eta}(r) \equiv \bar{\eta}(r; \hat{x}_t; \hat{\sigma}_{x_t}) \equiv \bar{\eta}(r; \text{var}\{x_t\})$ .
2. Изучение скорости сходимости и состоятельности оценок  $\hat{x}_t, \hat{\sigma}_{x_t}$  в диапазоне возможных параметров спроса  $\bar{x}_t, \sigma_{x_t}$  и различных законов его распределения.

3. Оценка близости квазиправила соответствия  $(R,r)$  – стратегии  $\hat{U}(q,r)$  и оптимального  $U^*(q,r)$  с помощью анализа чувствительности параметров  $\tilde{q}^*, r^*$  и издержек  $C_q$  и  $C_r$  по отношению к вариациям параметров  $\bar{x}, r$  и широких классов законов распределения спроса.

Проведенное исследование позволяет сделать следующие выводы.

1. Разработанные стратегия, модель и алгоритм оптимизации параметров СУЗ обладают универсальностью. Полученная система обеспечивает бездефицитное удовлетворение спроса на хранимые номенклатуры при уровнях оперативного и страхового запаса, соответствующих минимуму суммарных издержек в широком диапазоне изменения коэффициента вариации ( $\text{var}\{x_t\} = 0,2, \dots, 5$ ) при нормальном законе плотности распределения спроса.
2. Аналогичные результаты получены для равномерного закона и закона плотности распределения реального спроса, обладающего существенной правой асимметрией и  $\text{var}\{x_t\} = 1$ .
3. Таким образом, рекомендуемая методология синтеза СУЗ, обладая простотой и доступностью

стью аппарата ее реализации, одновременно позволяет построить систему управления, которая отличается эффективностью и инвариантностью к изменениям параметров окружающей внешней среды в широком диапазоне их значений.

### *Литература*

1. Дзензелюк, Н.С. *Методологические основы адаптивного управления производственными запасами в условиях нестационарного рынка* / Н.С. Дзензелюк // *Вестник ЮУрГУ. Серия «Экономика»*. – 2011. – Вып. 18 – № 21 (238).

2. Дзензелюк, Н.С. *Отчет по теме «Разработка теории, методов и моделей управления нестационарными товарно-денежными потоками в условиях рынка»* / Л.А. Баев, Н.С. Дзензелюк, Ю.Н. Тарасов. *Этап 1*, 1998 г., рег. № 01.980006130, инв.

№ 02.99.0003469. – 53 с.; *Этап 2*, 1999 г., инв. № 02.20.0002746. – 70 с.

3. Первозванский, А.А. *Математические модели в управлении производством и запасами* / А.А. Первозванский. – М.: Наука, 1975

4. Дзензелюк, Н.С. *Моделирование системы управления запасами в среде MATLAB 6.5 / Simulink 5.0* / Н.С. Дзензелюк, Е.И. Кожейкина, Ю.Н. Тарасов // *Вестник ЮУрГУ. Серия «Экономика»*. – 2005. – № 12(59).

5. Дзензелюк, Н.С. *Алгоритмы выявления и измерения трендов для прогноза сбыта товаров в условиях несформировавшегося спроса* / Л.А. Баев, Н.С. Дзензелюк, Ю.Н. Тарасов // *Совершенствование управления в условиях становления рыночных отношений: тематич. сб. научн. тр.* – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 1997. – С. 147–154.

*Поступила в редакцию 23 января 2012 г.*

**Дзензелюк Наталья Сергеевна.** Кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и управления проектами, Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск). Область научных интересов – адаптивные системы управления логистическими процессами на предприятии. Контактный телефон: (8-351) 267-93-84.

**Dzendzelyuk Natalia Sergeevna** is a Candidate of Science (Economics), Associate Professor of Economics and Project Management Department, South Ural State University, Chelyabinsk. Research interests: adaptive enterprise logistics management systems. Phone: (8-351) 267-93-84.