

# НОВЫЕ СВОЙСТВА СТРАТЕГИЙ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ И ИХ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ

Гранин С.С., Мандель А.С

*Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,  
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная, д.65  
ssgranin@gmail.com; almandel@yandex.ru*

*Аннотация: представлены результаты имитационного моделирования стационарных стратегий управления запасами с использованием усовершенствованного пакета программ в среде MATLAB в условиях действия случайных возмущений и при учете ненадежности поставщиков. Полученные результаты позволили выявить некоторые неожиданные свойства оптимальных стационарных стратегий и дать им теоретическое обоснование.*

Ключевые слова: управление запасами, стационарные режимы, случайные возмущения.

## Введение

В настоящей работе представлены результаты имитационного моделирования стационарных стратегий управления запасами с использованием усовершенствованного пакета программ в среде MATLAB в условиях действия случайных возмущений и при учете ненадежности поставщиков (см. обзор [1] и работы [2–5]). Полученные результаты позволили выявить некоторые неожиданные свойства оптимальных стационарных стратегий и дать им основанные на математической теории управления запасами и производством [6, 7] теоретические обоснования.

## 1 Постановка задачи

Рассматривается многошаговая однопродуктовая задача управления запасами в дискретном времени с критерием оптимальности в форме минимума суммарных средних затрат в периоде планирования. В критерии оптимальности учитываются затраты на хранение с коэффициентом  $h$  удельных затрат на хранение на одном шаге; потери вследствие дефицита с коэффициентом  $d$  удельных потерь вследствие дефицита на одном шаге и затраты на пополнение запасов с фиксированной составляющей расходов на одну поставку в размере  $A$  и пропорциональной компонентой затрат в размере  $cu$ , где  $c$  – стоимость приобретения складом одной единицы товара, а  $u$  – размер поставки (управление). Кроме того, учитывается переоценка будущих затрат с коэффициентом дисконтирования  $\alpha$ :  $0 \leq \alpha \leq 1$ .

Как известно [6, 7], оптимальная стратегия управления запасами формируется в результате решения уравнений дискретного динамического программирования и оказывается двухуровневой. Иначе говоря, для каждого номера шага  $n$  (в обратном времени) можно указать два числа  $R_n$  и  $r_n$  таких, что оптимальная стратегия управления запасами состоит в выборе размера поставки  $u_n(x)$ , с использованием этих параметров. Текущие (по номеру  $n$ ) значения параметров  $R_n$  и  $r_n$  обладают тем свойством, что существуют пределы  $R = \lim_{n \rightarrow \infty} R_n$  и  $r = \lim_{n \rightarrow \infty} r_n$ , которые называются параметрами стационарной стратегии управления запасами. Эти параметры используются тогда, когда период планирования очень велик и, как показывают эксперименты, на текущие значения параметров, зависящие от номера индекса  $n$  можно переходить достаточно поздно.

Представляет интерес изучение свойств стационарных значений параметров  $R$  и  $r$  в зависимости от значений коэффициента дисконтирования  $\alpha$ , а также стоимостных параметров  $h$ ,  $d$ ,  $c$  и  $A$ . Не менее важно оценить скорость сходимости параметров  $R_n$  и  $r_n$  к их предельным значениям  $R$  и  $r$ .

## 2 Результаты имитационного моделирования

Приводится несколько графиков, полученных в результате имитационного моделирования. При этом рассматривалось три варианта распределений спроса на одном шаге: (а) экспоненциальное распределение, (б) гауссово распределение и (в) равномерное распределение.

Как видно из приведенных примеров для гауссова распределения спроса и заметно ограниченного равномерного распределения характер графиков как функций эконометрических параметров имеют характер наклонной «лестницы».

### 3 Интерпретация результатов моделирования

Показано, что если бы спрос был детерминированным, то изменение параметров оптимальных стратегий ведет себя с изменением эконометрических характеристик задачи чисто скачкообразно (как лестница с горизонтальными ступенями).

Понятно, что, если спроса случаен, но случайность «близка» к детерминистскому случаю, то ступеньки этой «лестницы» отклоняются от горизонтали. «Лестница» станет наклонной, что и подтверждается графиками на рис. 2–4.

### Заключение

Представлены результаты моделирования системы управления запасами в дискретном времени. Моделирование позволило оценить роль случайных возмущении в эволюции системы и обнаружить, что в характере изменения параметров оптимальных стратегий возможно наличие флуктуаций, обусловленных тем, насколько отличаются от детерминированных реальные распределения спроса.

### Литература

1. *Ivanov D., Dolgui A., Sokolov B.* Supply Chain Design With Disruption Considerations: Review of Research Streams on the Ripple Effect in the Supply Chain / Preprints of the 15th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing May 11-13, 2015. Ottawa, Canada/ - P. 1745–1752
2. *Mandel A., Granin S., Vilms M.* Simulation of inventory control process for supply chain with several suppliers / Proceedings of the 10th International Conference "Management of Large-Scale System Development" (MLSD). М.: IEEE, 2017. <https://ieeexplore.ieee.org/document/8109628/>.
3. *Ghorbel N. Addouche, S-A., Mhamedi A. El,* Forward management of spare parts stock shortages via causal reasoning using reinforcement learning. / Preprints of the 15th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing May 11-13, 2015. Ottawa, Canada/ - P. 1117–1122.
4. *Mandel A., Granin S.* Optimization of Inventory Management Process / Proceedings of the 8th IEEE International Conference on Logistics, Informatics and Service Science (LISS2018). Beijing: IEEE CFP18LIS-CDR, 2018. P. 178-182.
5. *Sawik T.* Integrated Supply Chain Scheduling under Multi-Level Disruptions. / Preprints of the 15th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing May 11-13, 2015. Ottawa, Canada/ - P. 1560–1565.
6. *Hadley G., Whitin T. M.* Analysis of Inventory Systems, Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1969.
7. *Lototsky V.A., Mandel, A.S.* Inventory control theory models and methods. \_ Moscow: Nauka, 1991 – 188 p. (In Russian)