SECTION VIII. LOGISTICS

Антипенко В.С.¹, Бабич Н.С.¹, Галкин К.В.²

Применение математических моделей на рынке складских услуг на транспорте

¹Российский университет транспорта (ПУТ (МИИТ))²ПТО ООО «ДЕФШОВ»

(Россия, Москва)

doi 10.18411/gq-31-03-2021-25

idsp sciencerussia-31-03-2021-25

Аннотация

В работе приводятся примеры использования (s,S) стратегии управления запасами для случайных значений времени задержки и спроса при производстве изделий автомобильного транспорта.

Ключевые слова: запас, стратегия, стохастическая математическая модель, критерий, алгоритм, оптимизация.

Abstract

The paper provides examples of the use of (s,S) inventory management strategies for random values of delay time and demand in the production of road transport products.

Keywords: stock, strategy, stochastic mathematical model, criterion, algorithm, optimization.

Запас - неиспользованные материальные ресурсы. Отсутствие запасов может нарушить устойчивость производства, привести к простоям и убыткам. Избыточный запас приводит к удорожанию производства, ухудшает экономические показатели. Следовательно, существует некоторый оптимальный по затратам уровень запаса. Это типичная задача логистики – найти оптимальное сочетание указанных противоречивых требований. Ограничимся рассмотрением теории управления запасами на складах производственных систем. Качественная схема построения системы управления запасами приведена на рисунке 2.

Рис. 1. Схема выбора стратегии управления запасами.

В развитых странах Европы, США и Японии «...доля продукции товародвижения составляет более 20% валового национального продукта. При этом структура таких расходов из указанной части объема ВВП следующая:

- на издержки на содержание запасов сырья, материалов, полуфабрикатов, готовой продукции – 44%,
- на складирование и экспедирование – 16%,
- на магистральные перевозки грузов – 23%,
- на технологические перевозки грузов – 9%,
- на организацию сбыта готовой продукции – 8%».

По опубликованным данным, «... в западных странах и Японии расходы на материально-техническое обеспечение и транспортировку составляют 30–40% стоимости конечного продукта. Почти половина этих расходов приходится на хранение и содержание запасов материальных ресурсов» [1,11,12,13,15,18]. Существенное снижение уровня запасов обеспечит повышение конкурентоспособности продукции.

Опубликованные данные показывают, что имеет место разрыв между теорией и практикой управления запасами (УЗ)[2-10,14,17,19,20-25]. Поэтому главная проблема оптимизации уровней запасов заключается в нахождении такого их уровня, который позволял бы обеспечить экономическую эффективность и бесперебойность процесса производства при минимально необходимом уровне запасов у предприятия.

В качестве стратегии УЗ выбрана (s,S) – стратегия, как наиболее гибкая из класса простейших[1,16], со случайным спросом и случайным временем задержки.

Построенная авторами модель УЗ с использованием (s,S) — стратегии [16] на основе стохастических методов, позволила оптимизировать s,S — уровни запасов инструментов и принадлежностей (ЗИП) на складе предприятия. На рисунках 3 и 4 представлена, как одноуровневая, так и 3–х уровневая система обеспечения отдельных изделий одиночными комплектами ЗИП–О из завода, склада, базы и т. п., ограниченность которых не учитывается при расчете показателей уровня комплекта ЗИП данного изделия.

Рисунок 2 – Одноуровневая линейная структура системы обеспечения изделия одиночным комплектом ЗИП

где: НИП–неисчерпаемый источник пополнения; ЗИП–О – одиночные комплекты ЗИП.

Рисунок 3. Трёхуровневая структура обеспечения изделий с восстановлением элементов ЗИП–О
где: ЗИП–РО – комплект ЗИП ремонтного органа.

В модели работы склада необходимо учитывать основные виды затрат.

1) Учитываем функции h -затраты на хранение, зависящие от уровня запаса, d -затраты на дефицит, c -затраты на пополнение уровня запаса.

Указанные виды затрат зависят соответственно от уровня запаса y , динамики случайного спроса x , величины дефицита и величин поставляемых партий запасов.

2) Учитывается стохастичность априорной информации о запасах, спросе, времени задержки пополнения запаса рассматриваются текущие затраты и математическое ожидание величины суммарных затрат.

3) Предполагая существование эффективных (s, S) значений в качестве критерия эффективности, построен функционал качества $I(s, S)$ (формула (1), где (s', S') набор текущих фактических значения.

Критерий эффективности имеет смысл среднеквадратичного отклонения затрат при случайных фактических значениях уровней (s', S') , от затрат при искомым оптимизируемых значениях уровней (s, S) :

$$I(s, S) = M_{s', S'} \{ [z(s', S') - z(s, S)]^2 \} \rightarrow \min_{s, S} \quad (1)$$

Где

$$s[p] = s[p-1] - \gamma_2[p][Z(s'[p], S'[p]) - Z(s[p-1], S[p-1])] * \frac{\partial z}{\partial s}(s[p-1], S[p-1])$$

$$\text{sgn} \alpha = \begin{cases} 1, & \alpha > 0, \\ 0, & \alpha \leq 0, \end{cases}$$

Рисунок 4 – Динамика уровня запаса со случайными спросом и временем задержки.

Где: t_i – моменты формирования заказов на пополнения запасов; T_i – моменты пополнения заказов; $l_i = (T_i - t_i)$ – случайные длительности времени задержки исполнения заказа; $Y(t)$ – объемы запаса в моменты t ; $[S - Y(t_i)]$ – объемы заявок при пополнении запасов.

В системе с мгновенными поставками дефицит возможен только при $s < 0$. Если в системе существует задержка, то и при $s > 0$ может появиться дефицит. В работе

рассмотрены и другие иерархические структуры СУЗ запчастей и принадлежностей (ЗИП).

Известно, что в рамках (s, S) –стратегии при $y \geq s$ система не реагирует на спрос, а при $y < s$ посылается заказ на пополнение запаса в размере $(S - y)$, который при нулевой задержке поступает «мгновенно» на склад.

Указанные выше виды затрат зависят соответственно от уровня запаса y , динамики случайного спроса x , величины дефицита и величины поставляемых партий.

Стратегия (s, S) выбрана как наиболее гибкая из класса простейших, со случайным спросом и случайным временем задержки [1, 16]. Предполагая существование эффективных (s, S) значений, в качестве критерия эффективности построен функционал качества $I(s, S)$, где (s', S') набор текущих фактических значений. Учитывая стохастичность априорной информации о запасах, спросе, времени задержки пополнения запаса рассматривается в качестве критерия эффективности СУЗ среднеквадратичное отклонение затрат при случайных фактических значениях уровней (s', S') , от затрат при искомым значениях уровней (s, S) (формула (1)).

Этой моделью можно пользоваться, если время доставки заказа на склад меньше интервала времени между двумя заявками. Здесь же рассматривается более общая СУЗ со случайным временем задержки доставки заказа. Неудовлетворенные заявки не покидают систему, а ждут, пока дефицит запаса не будет устранен очередной поставкой. Все исследование проводится для дискретного спроса.

На рис. 5 и рис. 6 приведены результаты вычислений s и S для различных объектов ЗИП на предприятии. Сошедшиеся значения отвечают оптимальной стратегии управления запасами выбранных объектов.

$$S[p] = S[p - 1] - \gamma_1[p][Z(s'[p], S'[p]) - Z(s[p - 1], S[p - 1])] ** \frac{\partial z}{\partial S}(s[p - 1], S[p - 1]) \quad (2)$$

$$s[p] = s[p - 1] - \gamma_2[p][Z(s'[p], S'[p]) - Z(s[p - 1], S[p - 1])] ** \frac{\partial z}{\partial s}(s[p - 1], S[p - 1]) \quad (3)$$

Искомые оптимальные значения (s, S) доставляют $\min I(s, S)$ критерию качества (формулы (2) и (3)).

Учитывая, что функции плотности распределения вероятностей (ФПРВ), как спроса, так и времени задержки, произвольны и априори не известны и не заданы в аналитическом виде, а их установление и обоснование является самостоятельной задачей, выходящей за рамки данной работы, и задача является существенно нелинейной, воспользуемся методами стохастической аппроксимации, оценивая искомые значения уровней (s, S) . При этом потребуются вспомогательные соотношения моделирующие динамику уровня запаса (формула (4)), средние затраты (формулы (5-6)) и оценку значения целевого функционала методами же стохастической аппроксимации (формула (7)).

Коэффициенты γ влияют на характер и скорость сходимости соответствующего рекуррентного соотношения. Их выбору посвящен большой объем литературы, они построены с учётом условий сходимости: (с одной стороны они должны уменьшаться, чтобы не проскочить экстремум, а с другой стороны должны уменьшаться не слишком сильно, чтобы за разумное время достигнуть экстремума).

Динамика текущего уровня запасов описывается уравнением:

$$y_k(x[q], m) = y_{k-1}(x[\beta], m_{k-1}) + (S - y_{k-1}(x[\beta], m_{k-1})) * \\ * \operatorname{sgn}(s - y_{k-1}(x[\beta], m_{k-1})) - x[q]\varepsilon_k(x[q]) \quad (4)$$

Средние затраты характеризуются выражением

$$Z_q = M_x \{Z(s, S)\} \quad (5)$$

и оцениваются рекуррентным соотношением

$$Z_q(l, L) = Z_{q-1}(l, L) - \gamma_3[q]\{h(y(x[q], m)) + d(-y(x[q], m))\operatorname{sgn}(y(x[q], m) + \\ + c(S - y(x[q], m))\operatorname{sgn}(s - y(x[q], m)) - Z_{q-1}\} \quad (6)$$

Оценка значений критерия качества (целевого функционала) также рекуррентным соотношением

$$I_n = I_{n-1} - \gamma_4[n]\{[Z(s'[n], S'[n]) - Z(s[p], S[p])]^2 - I_{n-1}\} \quad (7)$$

Предлагаемая система управления запасами работает лишь с двумя уровнями запасов – минимальным s и максимальным S , чему она и обязана своим названием.

Рис.5. График изменения уровней s, S запаса планок на складе предприятия автомобильной промышленности в процессе вычислений

Рис.6. График изменения уровней s, S запаса гаек М5 на складе предприятия автомобильной промышленности в процессе вычислений

Проблема оптимального управления запасами – как одна из проблем логистики, далека от своего завершения. В каждом отдельном случае нужно выбирать

соответствующую наиболее подходящую стратегию управления запасами, и строить математическую модель СУЗ. Одной из наиболее удачных является (s,S) стратегия из класса простейших.

1. Антипенко В.С., Галкин К.В., Управление запасами со случайными спросом и временем задержки как инновационный подход в логистике, Ж. «Грузовик», № 6, 2019, с.40-42.
2. Бауэрсокс Доналд Дж., Клосс Дейвид Дж. Логистика интегрированная цепь поставок. 2-е изд. М.: ЗАО Олимп-Бизнес, 2008 г. - 640 с. Пер. с англ. Н. Н. Барышниковой, Б. С. Пинскера.
3. Букан Дж., Кенингсберг Э. Научное управление запасами. – М.: Наука, 1967. – 423с.
4. Вытягивающее производство для рабочих. Группа разработчиков издательства Productivity Press. 140с
5. Внедрение электронного управления цепями поставок (E-SCM). Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», журнал «Логистика и управление цепями поставок», №: 4 (75) Год: 2016 Страницы: 41-51, ISSN: 2587-6775
6. Даниэль Корстен, Юлиан Петцль., ECR. Эффективное взаимодействие с потребителем интеграция логистических цепей. М: КИА центр, 2006г. – 116с.
7. Дэниел О'Лири., ERP системы. Современное планирование и управление ресурсами предприятия. 2004. 272с.
8. Олейник П. П., Основные стандарты корпоративных информационных систем: MPS, MRP, MRP II, ERP, CSRP, ERP II., М: Lap Lambert Academic Publishing, 2011г
9. Управление производством на базе стандарта MRP II, Гаврилов Д. А. 2008, 416с.
10. М. Кристофер. Логистика и управление цепочками поставок. 320с. 2004г.
11. Маршак Джейкоб «Экономическая информация, решение и прогноз» (Economic Information, Decision and Prediction, 1974)
12. Ланкастер К., Математическая экономика, 1972, Экономика Издательство: «Советское радио», 464с.
13. Логистика. Теория и практика. Основные и обеспечивающие функциональные подсистемы логистики., в 2ч. Ред. Аникин Б.А., Родкина Т.А., 2014г., 603с.
14. С. В. Питеркин, Н. А. Оладов, Д. В. Исаев., Точно вовремя для России. Практика применения ERP-систем., М.: Альпина Бизнес Букс, 2005 (ГУП Смол. обл. тип. им. В.И. Смирнова) 2006., 363с.
15. Производственный менеджмент: Учебник /Под ред. В. А. Козловского. — М.:Инфра-М., 2003. — 574 с.
16. Рыжиков Ю. И. Теория очередей и управление запасами. 2001, 384с.
17. Сток Дж.Р., Ламберт Д.М. Стратегическое управление логистикой. Пер. с 4-го англ. изд. – М.: ИНФРА-М, 2005, XXXII.- 797 с
18. Хедли Дж., Уайтин Т. Анализ систем управления запасами — М.: Наука, 1969. — 513 с.
19. Эрроу К. Информация и экономическое поведение // Вопросы экономики. 1995. № 5
20. Ballou R.N. Business logistics Management, Prentice-Hill International, 1999, 816с
21. EOQ in a Just in Time (JIT) World: An Empirical Analysis 215.56с
22. Leontief W. Foreword to the Journal of the International Input – Output Association // Economic Systems Research. 1989. Vol. 1. 1. 3–4
23. Seymour Edwin Harris. J. M. Keynes. Economist and policy maker, N. Y., 1955
24. Waters D. Global Logistics New directions in supply chain management / D. Waters., S. Rinsler CPI Group (UK), 2014. – 78 p
25. Wilson R.H., A scientific routine for stock control, Harvard business review, v. 13, 1934, №1, 116-128.

**Antipenko V.S.¹, Antipenko S.V.¹, Lebedev S.A.²
Supercapacitors and starting modes of a hybrid car engine**

¹*Academy of Basic Training, RUT(MIIT)
(Russia, Moscow)*

²*RVVDKU named after V. F. Margelov
(Russia, Ryazan)*

doi 10.18411/gq-31-03-2021-26
idsp sciencerussia-31-03-2021-26

Abstract

Reducing the start-up time of internal combustion engines, especially at low temperatures and when the batteries are discharged, the use of supercapacitors leads to a