

## Статистические методы оценки надежности систем управления материально-техническим снабжением предприятий

© М.Н. Захаров, П.А. Николаев

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

*Представлены методы оценки надежности систем снабжения промышленных предприятий. Проведен анализ проблем надежности систем материально-технического снабжения. Исследованы надежность системы при взаимодействии с внешними поставщиками и надежность процесса своевременного обеспечения предприятия материалами.*

**Ключевые слова:** надежность поставок, система управления запасами, метод Монте-Карло.

Отличительной чертой современного управления материально-техническим снабжением (МТС) крупных промышленных предприятий является комплексная координация всех производственных процессов. Обособленное рассмотрение вопросов планирования закупок, снабжения, производства, распределения и сбыта является причиной несогласованности действий и высоких затрат. Создание системы управления МТС предприятия, которая позволяет организовать надежный процесс закупок сырья, материалов и комплектующих изделий, является сложным техническим и организационным мероприятием. Надежность системы управления МТС предприятия определяется как вероятность поставки требуемого количества материалов оговоренного качества к определенному моменту времени на производство. Учитывая, что издержки, относящиеся к закупкам материалов, по различным отраслям составляют до 40 % в структуре себестоимости производства готовой продукции [1, с. 8; 2, с. 177], нельзя игнорировать возможности их снижения. Преследуя цели снижения издержек, необходимо учитывать обеспечение заданного уровня надежности поставок.

Для промышленных предприятий стратегического значения, для которых уровень издержек, связанных с простоем производства, значительно превосходит издержки обеспечения надежности, необходимо решать оптимизационную задачу следующего вида:

$$C(x_1, x_2, \dots, x_n) \rightarrow \min; \quad P(x_1, x_2, \dots, x_n) \geq P^*, \quad (1)$$

где  $C(x_1, x_2, \dots, x_n)$  — издержки процесса снабжения;  $x_1, x_2, \dots, x_n$  — параметры системы снабжения;  $P(x_1, x_2, \dots, x_n)$  — уровень надежности процесса снабжения;  $P^*$  — минимально допускаемое значение надежности.

Принципиальная схема системы управления МТС предприятия изображена на рис. 1.



Рис. 1. Принципиальная схема системы управления МТС предприятия

Для расчета надежности системы снабжения эффективны статистические методы, которые позволяют учесть влияние случайных факторов, возникающих в процессе функционирования системы снабжения, поскольку они основаны на применении статистической методологии. Данная методология оперирует количественными оценками повторяющихся явлений и позволяет учитывать их неоднородность, различную природу или случайные возмущения за счет выдвижения на основе результатов наблюдений или экспертных оценок предположений о характере распределения вероятностей некоторых случайных величин, определяющих поведение системы [3, с. 155].

Имея информацию о функционировании системы снабжения, можно построить ее вероятностную модель, на основании которой для оценки надежности системы снабжения удобно использовать метод многократных статистических испытаний Монте-Карло. Методом Монте-Карло называют группу методик, в рамках которых строится искусственный случайный процесс, обладающий с определенной степенью точности такими же характеристиками, как и реальный, но реализуемый числительными методами, использующими те или иные генераторы случайных чисел [4, с. 59].

Построение модели системы снабжения сводится к определению плотностей распределения вероятностей случайных величин, описывающих рассматриваемые процессы. Для процессов, надежность которых определяется как вероятность времени их завершения к указанному сроку, можно использовать базу данных отдела снабжения, в которой содержится информация о времени их выполнения.

На основании имеющейся информации в базе данных отдела снабжения можно сформировать плотность распределения вероятности времени выполнения для каждого этапа цикла снабжения. Для учета неравнозначности тех или иных данных используют весовые коэффициенты. Весовые коэффициенты позволяют учесть достоверность или актуальность информации о функционировании системы, а также данные по работе циклов снабжения на других предприятиях этой же отрасли [5, с. 124].

Результатом обработки данных будет формирование параметров дискретных случайных величин, которые задействуются при генерации времени выполнения рассматриваемого процесса известными методами:

$$\xi_i = \begin{pmatrix} x_1 & x_2 & \dots & x_j & \dots & x_n \\ p_1 & p_2 & \dots & p_j & \dots & p_n \end{pmatrix}. \quad (2)$$

На рис. 2 изображен алгоритм вычисления плотности распределения вероятности времени выполнения логистического цикла, состоящего из последовательных этапов. Время выполнения такого логистического цикла равно сумме значений времени выполнения составляющих его этапов. На шаге 0 алгоритма происходит инициализация начальных значений используемых переменных. На шаге 1 вычисляются реализации времени выполнения каждого этапа, которые на шаге 2 суммируются. Полученное значение запоминается для каждой итерации цикла моделирования. Шаг 2 может иметь иную функцию вычисления времени выполнения логистического цикла в зависимости от типа взаимосвязей составляющих его этапов. Шаги 3 и 4 отвечают за контроль числа итераций моделирования. На шаге 5 происходит группировка полученных на шаге 2 значений времени выполнения логистического цикла. На основании полученных данных вычисляются частоты и строится плотность распределения вероятности времени выполнения цикла снабжения.

На рис. 3 показана зависимость уровня надежности от заданного допустимого числа дней выполнения логистического цикла. Надежность логистического цикла определяется как сумма вероятностей реализации значений допустимого времени выполнения рассматриваемого процесса.



Рис. 2. Алгоритм расчета плотности распределения вероятности времени выполнения цикла снабжения

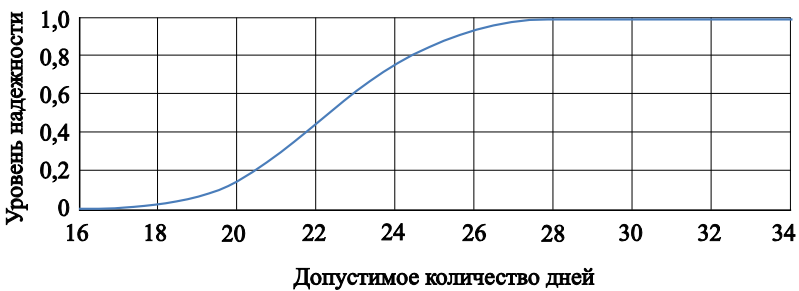


Рис. 3. Уровень надежности цикла снабжения в зависимости от допустимого количества дней выполнения

Для процессов, которые характеризуются вероятностью наличия материалов на момент запроса от производства, необходимо использовать другой подход. Надежность внутрипроизводственных процессов МТС — это вероятность поставки материалов на производство из

запасов на основании полученного запроса на материалы. Повышение вероятности этого события обеспечивается оптимизацией процесса управления запасами. Метод моделирования спроса использует модель потока заявок. Поток заявок на материалы от производства в отдел снабжения может иметь либо детерминированный, либо случайный характер.

Наиболее сложным для системы управления МТС является случайный характер потока заявок, так как такой поток порождает неопределенность в логистических и производственных цепях. Предложенная модель потока заявок исходит из того, что предприятие при возникновении потребности в материалах отправляет заявку в отдел снабжения, которая мгновенно исполняется при условии наличия указанного в заявке размера запрашиваемой партии материалов.

Модель имитирует поток заявок в виде реализации системы случайных величин, которые оказывают влияние на размер запрашиваемой партии материалов и на время между заявками. В качестве примера рассматривается модель потока заявок с двумя зависимыми случайными величинами: размером требуемых материалов и временем, прошедшим с предыдущей заявки.

Графическое представление совместной плотности распределения вероятностей рассматриваемой системы случайных величин приведено на рис. 4.

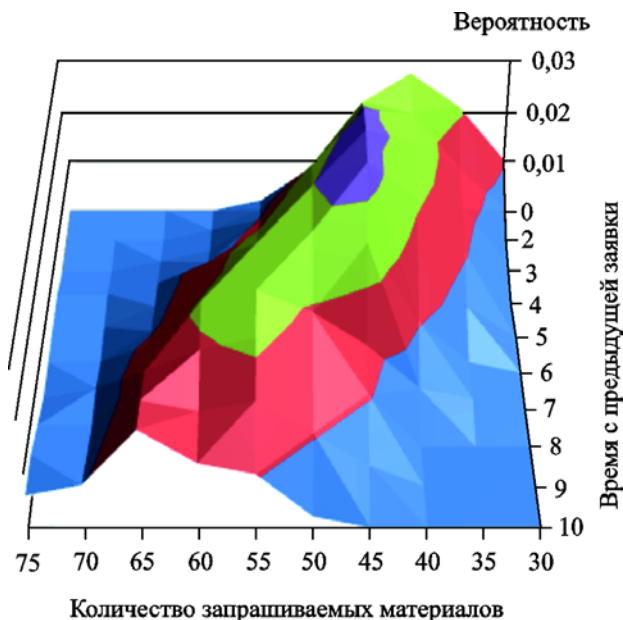


Рис. 4. Графическое представление совместной плотности распределения вероятностей случайных величин

На рис. 5 показан результат моделирования процесса управления запасами с использованием стратегии пополнения запасов по уровню материалов и с фиксированным объемом получаемой партии, при этом обеспечиваются потребности производства в материалах, выражающиеся в случайном спросе с рассмотренной выше вероятностной характеристикой. Справа от графика построена диаграмма распределения удельного числа дней, на которые приходилось соответствующее количество имеющихся запасов материалов. Уровень надежности определяется как сумма удельного количества дней, на которые приходилось неотрицательное значение размера запасов материалов.

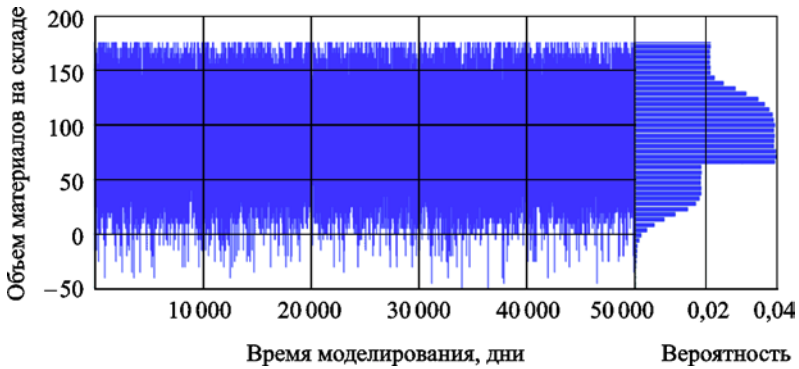


Рис. 5. Моделирование процесса управления запасами

Точка заказа:  
объем запасов

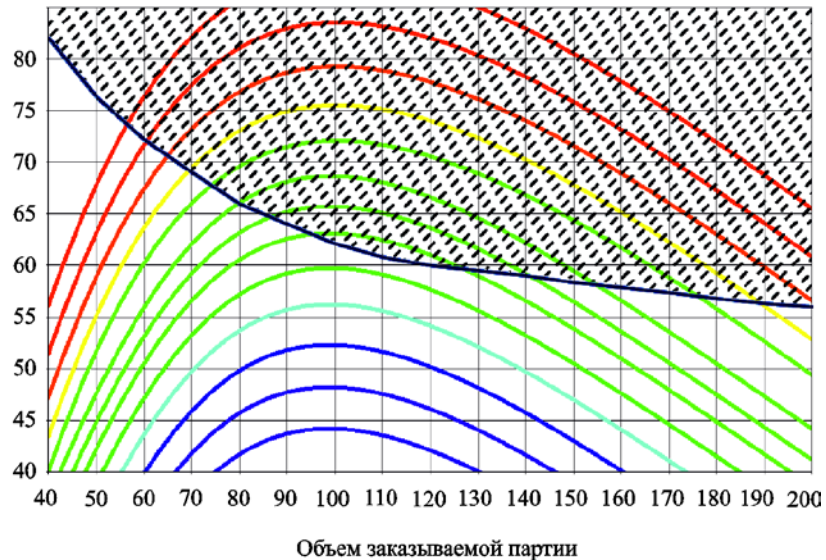



Рис. 6. Линии уровня издержек и область допустимых параметров (  ) процесса управления запасами, обеспечивающих заданный уровень надежности

На рис. 6 построена область допустимых параметров стратегии управления запасами, обеспечивающих заданный уровень надежности, и линии уровня издержек. По оси абсцисс отложен размер заказываемой партии материалов, а по оси ординат — количество материалов, при котором происходит заказ. Для определения оптимальной стратегии управления запасами необходимо найти минимум издержек на линии заданного уровня надежности.

Следует отметить, что разработанный метод оценки надежности системы управления снабжением промышленного предприятия материалами, полученными от внешних поставщиков, позволяет выявить узкие места системы снабжения и оценить результаты резервирования составляющих ее процессов. Также разработанный метод оценки надежности системы управления снабжением промышленного предприятия позволяет провести минимизацию издержек при заданном уровне надежности для получения обоснованных параметров стратегии управления запасами при недетерминированном спросе на материалы и комплектующие.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Сергеев В.И., Федоренко А.И., Герами В.Д. Роль логистики в развитии транспортного комплекса РФ: в разрезе корректировки Транспортной стратегии РФ на период до 2030 года. *Логистика и управление цепями поставок*, 2012, № 6.
- [2] Сергеев В.И. *Корпоративная логистика. 300 ответов на вопросы профессионалов*. Москва, ИНФРА-М, 2005, 976 с.
- [3] Курносов Ю.В., Конотопов П.Ю. *Аналитика: методология, технология и организация информационно-аналитической работы*. Москва, РУСАКИ, 2004, 512 с.
- [4] Савелова Т.И. *Метод Монте-Карло: учебное пособие*. Москва, НИЯУ МИФИ, 2011, 152 с.
- [5] Шрайбфедер Д. *Эффективное управление запасами*. Москва, Альпина Бизнес Букс, 2006, 304 с.

Статья поступила в редакцию 07.04.2016

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:

Захаров М.Н., Николаев П.А. Статистические методы оценки надежности систем управления материально-техническим снабжением предприятий. *Гуманитарный вестник*, 2016, вып. 2. [http:// http://dx.doi.org/10.18698/2306-8477-2016-02-343](http://dx.doi.org/10.18698/2306-8477-2016-02-343)

**Захаров Михаил Николаевич** — д-р техн. наук, заведующий кафедрой «Детали машин» МГТУ им. Н.Э. Баумана. e-mail: [zmn@bmstu.ru](mailto:zmn@bmstu.ru)

**Николаев Петр Александрович** — аспирант кафедры «Промышленная логистика» МГТУ им. Н.Э. Баумана. e-mail: [nikolaevpa@bmstu.ru](mailto:nikolaevpa@bmstu.ru)

## Statistical methods for assessing the reliability of the enterprise logistic support control systems

© M.N. Zakharov, P.A. Nikolaev

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 105005, Russia

*The article presents the methods for assessing the reliability of enterprise logistic support control systems. Analysis of the problems of logistic support system reliability is performed. The system reliability in the interaction with external suppliers as well as the reliability of the process of timely supply a company with materials is investigated.*

**Keywords:** *reliability of supply, inventory management system, the Monte Carlo method.*

### REFERENCES

- [1] Sergeev V.I., Fedorenko A.I., Gerami V.D. Rol logistiki v razvitií transportnogo kompleksa RF: v razreze korrekტიrovki Transportnoj strategii RF na period do 2030 goda [The Role of Logistics in the Development of the Transport Complex of the Russian Federation: In the Context of Adjusting Transport Strategy up to 2030]. *Logistika i upravlenie tsepyami postavok – Logistics and Supply Chain Management*, 2012, no. 6.
- [2] Sergeev V.I. *Korporativnaya logistika. 300 otvetov na voprosy professionalov* [Corporate Logistics. 300 Answers to the Questions of Professionals]. Moscow, INFRA-M Publ, 2005, 976 p.
- [3] Kurnosov Yu.V., Konotopov P.Yu. *Analitika: metodologiya, tekhnologiya i organizatsiya informatsionno-analiticheskoy raboty* [Analytics: Methodology, Technology and Organization of Information and Analytical Work]. Moscow, RUSAKI Publ., 2004, 512 p.
- [4] Savelova T.I. *Metod Monte-Karlo: Uchebnoe posobie* [Monte Carlo Method: Tutorial]. Moscow, National Research Nuclear University “MEPhI” Publ., 2011, 152 p.
- [5] Schreibfeder J. *Achieving Effective Inventory Management*. 2<sup>nd</sup> ed. Effective Inventory Management inc. Publ., 2000, 247 p. [In Russ.: Shribfeder J. *Effektivnoe upravlenie zapasami*. 2-e izd. Moscow, Alpina Biznes Buks Publ., 2006, 304 p.].

**Zakharov M.N.**, Dr. Sci. (Eng.), Head of the Department of Machine Parts, Bauman Moscow State Technical University. e-mail: zmn@bmstu.ru

**Nikolaev P.A.**, postgraduate student (Ph.D.), Department of Industrial Logistics, Bauman Moscow State Technical University. e-mail: nikolaevpa@bmstu.ru