

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ ТЕОРЕТИКО-МНОЖЕСТВЕННЫХ МОДЕЛЕЙ

О.А. Козелков

ОАО “Научно-производственное предприятие “Кант”,
Москва, Российская Федерация
e-mail: kozelkov@pochta.ru

Определена структурно-параметрическая модель изучаемой системы, при этом решена одна из основных задач системного анализа и планирования логистической производственной системы — выделение наиболее важных элементов для дальнейшей модернизации. Предложены формализованные теоретико-множественные модели логистической производственной системы, определяющие ее основные элементы и отношения между ними. С позиции системного анализа рассмотрены следующие аспекты: концептуальная модель целеориентированной логистической производственной системы; параметры ресурсного обеспечения производственной системы; соотношение между микро- и макрологистическими системами; декомпозиция логистической производственной системы с позиции интегрированного логистического процесса. Использование предложенных моделей для системной декомпозиции структуры логистической производственной системы и оценки ее ресурсных характеристик обеспечит эффективную поддержку управленческих действий при принятии рациональных решений по модернизации производства.

Ключевые слова: логистическая производственная система, теоретико-множественная модель, функциональные задачи, ресурсное обеспечение.

SYSTEM ANALYSIS OF LOGISTIC PRODUCTION SYSTEM BASED ON SET-THEORETIC MODELS

O.A. Kozelkov

OAO “Scientific-Production Enterprise “Kant”, Moscow, Russian Federation
e-mail: kozelkov@pochta.ru

Structural-parametrical model of the studied system is defined; here one of basic tasks of system analysis and planning of the logistic production system (LPS) is solved as a selection of the most essential elements for further modernization. The formalized set-theoretic models of the LPS defining its basic elements and relations between them have been proposed. From the position of system analysis the followings aspects are considered: conceptual model of main-oriented LPS, parameters of the resource providing of the production system, accordance between the micro- and macrologistic systems, decomposition LPS from position of computer-integrated logistic process. Using the proposed models for the system decomposition of structure LPS and for assessment of its resource characteristics will ensure effective support of management activities at rational decision making on modernization of production.

Keywords: logistic production system, set-theoretic model, functional tasks, resource providing.

Введение. В настоящее время на производственных предприятиях традиционные функциональные области логистики (транспортировка, управление запасами, заказчиками и заказами, складирование,

грузопереработка, упаковка и др.) образуют стратегическую инновационную систему. Внедрение методов логистического планирования позволяет предприятиям значительно снизить себестоимость производства и затраты в дистрибьюции.

В связи с этим возникают новые достаточно сложные задачи построения логистической производственной системы (ЛПС) как средства повышения конкурентоспособности отечественных предприятий. Создание ЛПС в промышленности требует решения ряда научно-практических задач, связанных с разработкой подходов и методов для логистического анализа предприятий, а также задач планирования и управления.

Логистические производственные системы должны определяться полным перечнем дополняющих друг друга подсистем, что требует одновременного анализа в области планирования закупок, регулирования производства и сбыта продукции. Поэтому *целью настоящей работы* является определение структурно-параметрической модели изучаемой системы, при этом решается основная задача системного анализа и планирования ЛПС – выделение наиболее важных ее элементов для дальнейшей модернизации.

Материалы и методы решения задачи и принятые допущения.

Рассмотрим предприятие с логистической позиции. Подобный подход позволяет стыковать конфликтующие затраты на каждом уровне системы. Логистическое представление предприятия образуют три элемента логистического цикла: поставки; производство; сбыт. Основные логистические процессы на предприятии приведены ниже:

	Координация с оперативно-календарным планом производства
	Выбор поставщиков
	Планирование потребностей
Снабжение	Составление оперативно-календарного плана снабжения
	Проведение переговоров с поставщиками
	Транспортировка сырья, материалов, полуфабрикатов, комплектующих
	Складирование запасов
	Погрузочно-разгрузочные и транспортно-складские работы
	Координация с планом распределения
Производство	Оперативно-календарное планирование движения незавершенного производства
	Учет незавершенного производства
	Внутренние перемещения материалов

Обеспечение производства материалами, комплектующими изделиями

Складирование незавершенного производства

Погрузочно-разгрузочные и транспортно-складские работы с незавершенным производством

Координация с планом маркетинга

Прогнозирование спроса

Оперативно-календарное планирование транспортировки готовой продукции

Сбыт Управление запасами готовой продукции

Учет запасов готовой продукции

Погрузочно-разгрузочные и транспортно-складские работы с готовой продукцией

Поставка готовой продукции

Сервис

Основные объекты изучения производственной логистики — поточковые процессы [1].

Специфика логистики заключается [2, 3]:

- 1) в выделении единой функции управления разрозненными материальными и другими потоками;
- 2) интеграции отдельных звеньев логистической цепи в единую систему, которая обеспечивает эффективное управление сквозными материальными и другими потоками [4].

Концепция производственной логистики представляет собой систему взглядов на повышение эффективности функционирования предприятий на основе оптимизации потоковых процессов. Она включает в себя такие основные положения, как:

- реализация принципа системного подхода [5];
- минимизация общих расходов логистической цепи и др. [6].

К основным функциям логистики можно отнести:

- выполнение действий, однородных с точки зрения цели;
- реализацию операций, направленных на достижение целей системы.

Внутрипроизводственные логистические системы оптимизируют управление материальными потоками в пределах технологического цикла производства продукции [7]. Основные задачи внутрипроизводственных логистических систем при заданной программе выпуска готовой продукции (ГП):

- 1) обеспечение качества производства;
- 2) эффективное использование материальных ресурсов (МР);
- 3) уменьшение запасов МР и незавершенного производства (НВ);
- 4) ускорение обращения оборотного капитала предприятия;

- 5) уменьшение основного производственного времени;
- 6) контроль и управление уровнями запасов в складских производственных системах;
- 7) оптимизация работы технологического (промышленного) транспорта.

Критерии оптимизации — минимум себестоимости производства и минимум времени производственного цикла при обеспечении заданного уровня качества ГП [8].

Результаты. Внешняя среда влияет на логистическую систему предприятия. Такие параметры внешней среды, как время доставки, спрос и цены на ресурсы могут являться критериями выбора поставщиков материально-технических ресурсов [9]. Информация о конкурентах (спрос на ГП, объем выпускаемой продукции и ее цена) определяет некоторые параметры ГП.

В свою очередь, параметры ЛПС можно классифицировать по степени оказываемого влияния на внешнюю среду:

- параметры ГП (цена и объем выпуска инновационной продукции), влияющие на ее конкурентоспособность и долю на рынке сбыта;
- показатели деятельности предприятия (прибыль предприятия, его экономический и технический потенциал), влияющие на результат конкурентной борьбы.

С учетом изложенного выше определим основные параметры влияния факторов внешней среды на логистическую цепь. Отметим, что необходимо рассматривать обратную цепь, так как задачи снабжения решаются в обратной последовательности: сначала анализируются параметры спроса, затем выполняются требуемые производственные инновации, для обеспечения которых принимаются соответствующие решения в области управления закупками.

Сформируем обобщенную схему взаимодействия внешней среды и предприятия (рисунок) в ЛПС, состоящую из обратной логистической цепи; компонентов внешней среды, оказывающих влияние на логистическую цепь; основных задач логистического управления закупками; параметров взаимодействия между указанными элементами.

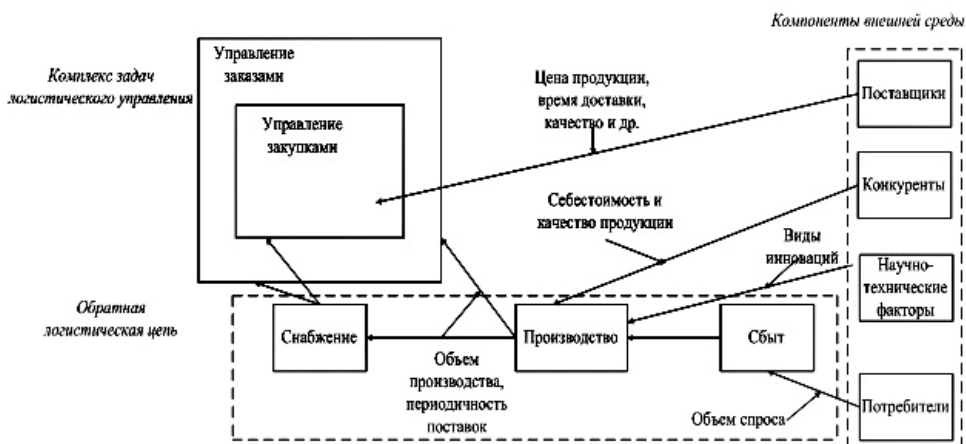
Определим концептуальную модель, характеризующую целеориентированную ЛПС. Указанную систему S можно формально определить в виде кортежа

$$S = \langle C, Str, PC, LP, t \rangle,$$

где C — цель системы; Str — структура системы; PC — условия достижения цели; LP — множество логистических процессов, реализуемых в этой системе; t — время достижения цели.

Логистический процесс определим совокупностью параметров:

$$LP = \langle met, sdc, re \rangle,$$



Обобщенная схема взаимодействия внешней среды и предприятия в ЛПС

где met — методы достижения цели; sdc — средства достижения цели; re — результаты, принятые в этом классе систем S.

Как было отмечено выше, ЛПС представлена основными подсистемами снабжения (Sn), производства (Pr) и сбыта (Sb), при этом

$$S_n \cap P_r \neq \emptyset, \quad P_r \cap S_b \neq \emptyset, \quad LPS = S_n \cup P_r \cup S_b,$$

т.е. ЛПС характеризуют логистические процессы, объединяющие три составные подсистемы, из которых любые указанные выше две пары множеств пересекаются.

Существенное значение имеет сама область пересечения, в которой функционирование двух частей ЛПС обеспечивает принимаемые решения (например, о ценах на приобретаемые материалы, комплектующие, оборудование и т.п.). В этом случае решение принимается в условиях конфликтной ситуации пары продавец–покупатель. В качестве продавцов могут выступать поставщики, производители, а в качестве покупателей — производители и потребители продукции, так что важным параметром подсистем закупки и сбыта является заказ продукции (характеризующийся в первую очередь номенклатурой N и объемом V):

$$Zak(N, V) = Post \cap Pok.$$

В отсутствие возможных компромиссов по договорной цене $Zak = \emptyset$, в противном случае $Zak \neq \emptyset$. Кроме того, чем больше объем заказа, тем больше возможностей для нахождения компромисса между продавцом и покупателем.

Для типового состава ресурсного обеспечения производственной системы (RPS) можно записать многоместную операцию пересечения:

$$RPS = (((KR \cap MR) \cap TR) \cap IR),$$

где KR (кадровые ресурсы) = <основные рабочие, вспомогательные рабочие, младший обслуживающий персонал, работники управления>; MR (материальные ресурсы) = <материалы, комплектующие>; TR (техничко-технологические ресурсы) = <оборудование, технологии, технологическая оснастка>; IR (информационные ресурсы) = <документация на разработку и производство продукции, архив документации>.

Микрологистическая система (предприятие) S — один из элементов макрологистической системы (производственного комплекса, корпорации) $MS (S \in MS)$. В свою очередь, гиперсистема (отраслевое объединение предприятий) включает в себя макрологистическую систему, поэтому $MS \subseteq GS$. При $S \neq G$ имеем строгое включение $S \subset G$.

Рассмотрим теоретико-множественное представление корпоративной системы (MS), которая состоит из нескольких, достаточно самостоятельных предприятий, и в то же время эта система MS сама является подсистемой гиперсистемы (GS).

Для проведения системного анализа необходимо вычленить MS из GS , т.е. определить границы окружения системы MS в виде ее компонентов (подсистем). Такими типовыми компонентами внешнего окружения системы MS являются государственные учреждения, оказывающие наибольшее влияние на функционирование системы (правительство, налоговая служба, банковские учреждения, внешнеторговые организации и др.).

Обозначим элементы гиперсистемы $g_i \in GS$, $g_0 = KS (i = 0)$ — определенный, или собственный, элемент множества GS , g_i , $i = 1, 2, \dots$ — общий элемент множества GS . С учетом этого рассматриваемая предметная область

$$GS = (g_0, g_1, g_2, \dots, g_i, \dots).$$

Поскольку любой элемент g_i множества GS может быть надмножеством, состоящим из одного элемента, при необходимости любой элемент g_i внешней среды GS можно представить в виде некоторого множества $g_i = (g_{i1}, g_{i2}, \dots, g_{ij}, \dots)$, где g_{ij} — j -й элемент i -го компонента надсистемы GS . Тогда можно записать

$$GS = \bigcup_i g_i, \quad g_i \cap g_j = 0, \quad \text{или} \quad g_i \cap g_j \neq 0.$$

Введенная формализация позволяет выявить не только состав изучаемой системы, но и связи, а также соотношения между системой MS и любым элементом гиперсистемы GS : между элементами g_0 и g_i , что формально можно записать как $g_0 R_i g_i$, где R_i — некоторое отношение между элементами g_0 и g_i (например, отношение, показывающее силу связи элементов g_0 и g_i , т.е. активность деловых, экономических, финансовых, информационных и других связей).

Рассмотрим декомпозицию системы MS как ЛПС с позиции интегрированного логистического процесса [10]. Логистическую производственную систему можно представить в виде нескольких подсистем в горизонтальном аспекте, т.е. рассматривается процесс от источников исходных материалов до потребления изготавливаемой продукции в существующей рыночной среде. В упрощенном виде получаем следующий кортеж:

$$MS = g_0 = (Post, Pr, Potr, R),$$

где Post — совокупность поставщиков; Pr — совокупность производителей; Potr — множество потребителей; R — множество отношений, которые образуются между элементами указанных множеств. Например, запись $Post_k R Pr_l$ означает, что k -й поставщик определенным образом связан с l -м производителем. Таким способом можно выразить любые отношения между различными элементами множеств Post, Pr, Potr.

Рассмотрим задачу системного анализа ЛПС в общем виде. Пусть имеется некоторый сложный логистический объект S с параметрами $\bar{S} = (\bar{S}_1, \bar{S}_2, \dots)$, который необходимо проанализировать. Этот объект состоит из элементов $s_i \in S$, у которых есть свои параметры $\bar{s}_i = (\bar{s}_{i1}, \bar{s}_{i2}, \dots)$. В то же время логистический объект S можно представить двумя частями: функциональной (F_s) и обеспечивающей (O_s). В свою очередь, функциональная и обеспечивающая части системы имеют параметры (\bar{F}, \bar{O}) .

За основные составляющие части ЛПС (LPS) примем управляемую систему (US) и систему управления (SU):

$$LPS^{(1)} = US \cup SU.$$

Представим расширенное понятие ЛПС, включающее в себя три подсистемы и внешнюю среду (Vs),

$$LPS^{(2)} = S_n \cup Pr \cup S_b \cup Vs.$$

К функциональной ЛПС, как к системе в целом, относятся следующие компоненты: логистические производственные цели; функции; процессы; действия; управляющие процессы. Для анализа ЛПС, как сложной системы SyS, необходимо рассмотреть задачи, решаемые ЛПС (Z), средства для реализации задач ЛПС (Rz), задачи управления ЛПС (U), средства для реализации задач управления ЛПС (Ru):

$$SyS = (Z, Rz, U, Ru).$$

Проведем дальнейшую формализацию путем определения структуры объектов Z, Rz, U, Ru.

Определим основные структуры логистических задач P(Z)

$$P(Z) = (P_1, P_2, P_3),$$

где P_1 — структура материально-технического потока; P_2 — структура основного производственного процесса; P_3 — структура потока ГП (сбыта).

Структура средств для реализации логистических процессов $L(Rz)$

$$L(Rz) = (L_1, L_2, L_3),$$

где L_1 — структура потока материальных ресурсов; L_2 — структура потока технико-технологических ресурсов; L_3 — структура финансового потока.

Обсуждение полученных результатов и сопоставление их с ранее известными результатами. В настоящей статье дано системное формализованное представление элементов ЛПС и отношений между ними. Рассмотрены:

- концептуальная модель целеориентированной ЛПС;
- параметры ресурсного обеспечения производственной системы;
- соотношение между микро- и макрологистическими системами;
- декомпозиция ЛПС с позиции интегрированного логистического процесса;
- ЛПС в общем виде.

Получен новый научный результат — предложены теоретико-множественные модели ЛПС для системной декомпозиции ее структуры и оценки ресурсных характеристик, что обеспечит эффективную поддержку управленческих действий при принятии рациональных решений по модернизации производства.

Заключение. Представление указанных элементов ЛПС в виде теоретико-множественного описания позволяет подобрать соответствующие экономико-математические и имитационные модели для определения значений выделенных параметров с учетом их функциональной взаимосвязи.

Полученные результаты могут быть использованы при разработке метода анализа логистических аспектов реализуемости планов развития предприятия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Некрасов А.Г. Основные положения устойчивости промышленных логистических цепочек // Изв. вузов. Машиностроение. 2003. № 4. С. 74–77.
2. Фролов Е.Б. Производственная логистика, или что такое “вытягивающее” планирование? // Логистика и управление цепями поставок. 2010. № 1 (36). С. 69–85.
3. Бром А.Е. Теоретические аспекты кибернетического подхода к моделированию логистической системы управления предприятием // Изв. вузов. Машиностроение. 2003. № 7. С. 62–68.
4. Уваров С.А. Управление возвратными потоками в цепях поставок как фактор организации бережливого производства // Производственная логистика. 2012. № 5. С. 65–72.
5. Ананкина Ю.А. Применение положений системного анализа к проблеме внутри-транспортного обеспечения на предприятии транспортного машиностроения // Производственная логистика. 2013. № 8. С. 11–20.
6. Ташбаев И.Э., Миронов А.Л. Подход к моделированию распределительного центра. Анализ логистических затрат. Методы оптимизации // Изв. вузов. Машиностроение. 2003. № 9. С. 53–60.

7. Семенцов А. Логистическая стратегия компании: поэтапное творчество // Логинфо. 2007. № 1. С. 50–59.
8. Капралов А.В. Внутренняя оптимизация как резерв повышения эффективности цепочки поставок // Логистика сегодня. 2010. № 3. С. 48–53.
9. Морской В. Lean Thinking: решение проблем в производственной логистике // Логистик и система. 2005. № 4. С. 90–96.
10. Бауэрсокс Д.Дж., Класс Д.Дж. Логистика: интегрированная цепь поставок / пер. с англ. М.: Олимп-Бизнес, 2010. 640 с.

REFERENCES

- [1] Nekrasov A.G. General provisions of logistic production chains stability. *Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved., Mashinostr.* [Proc. Univ., Mech. Eng.], 2003, no. 4, pp. 74–77 (in Russ.).
- [2] Frolov E.B. Production logistics, or what is “pulled” planning? *Logistika i upravlenie tsepyami postavok* [Log. and Sup. Chain Management.], 2010, no. 1 (36), pp. 69–85 (in Russ.).
- [3] Brom A.E. Theoretical aspects of the cybernetic approach to the modeling of logistics enterprise management system. *Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved., Mashinostr.* [Proc. Univ., Mech. Eng.], 2003, no. 7, pp. 62–68 (in Russ.).
- [4] Uvarov S.A. Management of return flows in the supply chain as a factor of lean manufacturing organization. *Logistika* [Logistics], 2012, no. 5, sec. “Production logistics”, pp. 65–72 (in Russ.).
- [5] Anankina Yu.A. Application of the system analysis provisions to the problem of the transport support within the territory of transport engineering’s enterprise. *Logistika* [Logistics], 2013, no. 8, sec. “Production logistics”, pp. 11–20 (in Russ.).
- [6] Tashbaev I.E., Mironov A.L. Approach to the distribution center’s modeling. Analysis of logistics costs. Optimization methods. *Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved., Mashinostr.* [Proc. Univ., Mech. Eng.], 2003, no. 9, pp. 53–60 (in Russ.).
- [7] Sementsov A. Logistics company strategy: phased creativity. *Loginfo* [Logistical information], 2007, no. 1, pp. 50–59 (in Russ.).
- [8] Kapralov A.V. Internal optimization as a reserve for increasing the efficiency of the supply chain. *Logistika segodnya* [Logistics today], 2010, no. 3, pp. 48–53 (in Russ.).
- [9] Morskoy V. Lean Thinking: solving problems in production logistics. *Logistik & Sistema* [Logistic and system], 2005, no. 4, pp. 90–96 (in Russ.).
- [10] Bowersox D.J., Closs D.J. *Logistical Management: The Integrated Supply Chain Process*. USA, McGraw-Hill Companies, 1996. 752 p. (Russ. ed.: Bauersoks D.Dzh., Klass D.Dzh. *Logistika: integrirovannaya tsep’ postavok*. Moscow, Olimp-Biz. Publ., 2010. 640 p.).

Статья поступила в редакцию 24.03.2014

Олег Александрович Козелков — канд. техн. наук, начальник опытно-производственного отдела ОАО “Научно-производственное предприятие “Кант”. Автор 11 научных работ в области системного анализа, управления и обработки информации.

ОАО “Научно-производственное предприятие “Кант”, Российская Федерация, 109316, Москва, ул. Талалихина, д. 12, стр. 7.

O.A. Kozelkov — Cand. Sci. (Eng.), chief of the Experimental-Production Department of the OAO “Scientific-Production Enterprise “Kant”. Author of 11 publications in the field of system analysis, control and information processing.

OAO “Scientific-Production Enterprise “Kant”, Talalikhina ul. 12 (building 7), Moscow, 109316 Russian Federation.