

УДК 004.052

РОЛЬ КОММУНИКАЦИОННЫХ СРЕДСТВ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ ПРЕДПРИЯТИЯ И МЕТОД ОЦЕНКИ ЕЕ НАДЕЖНОСТИ

Проблема разработки моделей и методов поддержки принятия решений по управлению надежностью логистических процессов весьма актуальна для экономики Республики Беларусь. Решать ее необходимо на основе построения системы управления логистикой предприятия (СУЛП) с применением специального математического и программного обеспечения на базе системного подхода и методов моделирования. Это позволит предприятию рационально и эффективно управлять логистическими процессами при заданных условиях с целью удовлетворения требований клиентов, оптимизации затрат, связанных с перемещением и хранением материальных ценностей.

Введение. Правильно построенная логистическая система дает предприятию значительные конкурентные преимущества, позволяя повысить рентабельность бизнеса за счет сокращения товарных запасов, ускорения оборачиваемости капитала, снижения общих логистических издержек, оптимального использования складских и транспортных мощностей, обеспечения наиболее полного удовлетворения потребителей качеством логистического сервиса [1, 2].

Одной из причин популярности логистики явилось то, что в сфере продвижения товара были найдены средства, компенсирующие расходы по удовлетворению постоянно растущих потребностей покупателей. Для снижения материальных и денежных издержек стали решаться задачи организации снабжения и сбыта – задачи оптимизации схем транспортировки, оптимизации маршрутов доставки, величины партий товаров, размеров складов, внедрения новых информационных технологий.

Из-за некачественных коммуникационных средств между источниками информации, реальными операциями и принятием решений существовал пространственно-временной разрыв. Ситуацию изменило появление мобильной связи. Наиболее



Е.Н. ЖИВИЦКАЯ,
канд. техн. наук, доцент,
проректор по учебной работе
и менеджменту качества УО «БГУИР»



Ю.А. АРТЁМЧИК,
аспирант УО «БГУИР»

значимые технологии связи, оказывающие существенное влияние на логистический процесс: сотовая подвижная электросвязь, спутниковые коммуникационные технологии и технологии обработки и передачи графической информации. Сотовая подвижная электросвязь позволяет оперативно корректировать работу всех подразделений логистической цепи, что делает логистические операции более гибкими и чувствительными к изменению внешних условий, а также дает возможность повысить уровень сервиса с меньшей затратой ресурсов. Спутниковые коммуникационные технологии позволяют наладить связь на широком географическом пространстве, например в регионе или в мировом масштабе. Преимущество спутниковой связи заключается в возможности быстро передавать значительные объемы информации в любую точку земли. Технологии обработки и передачи графической информации базируются на технологии сканирования и компьютерной связи и используются для передачи и хранения информации. Преимущество технологии заключается в простоте получения своевременной и точной информации.

Моделирование как процесс углубления познания объектов, явлений и процессов реального мира базируется на строгих научных теориях, принципах, методах. Проблемы повышения устойчивости и надежности распределительной логистики требуют синтеза интегрированных систем управления снабженческими, производственными и сбытовыми

процессами, основанными на принципах системного и комплексного подхода, методах математического и компьютерного моделирования, стохастической идентификации и статистической обработки экспериментальных данных, систем управления базами данных и знаний в современной теории управления.

Надежность и устойчивость логистических систем как самостоятельные предметы изучения исследуются чрезвычайно редко, хотя только надежные и устойчивые логистические системы в состоянии обеспечить наиболее полную реализацию логистического потенциала предприятия.

Анализ надежности логистических систем.

В зависимости от конкретного контекста и области исследований термин «устойчивость» может иметь различные определения. В теории по управлению распределительной логистикой надежность рассматривается на качественном (концептуальном) и количественном (моделирование) уровнях [3].

На качественном концептуальном уровне надежность рассматривается как важное свойство цепочки поставок, как стратегия, которая может быть использована для повышения устойчивости цепочки поставок. Одними из первых работ, рассматривающих надежность, устойчивость и уязвимость в распределительной логистике, являются работы Asbjornslett и Ferdows [4, 5]. Они определили надежность и устойчивость как концепции, противоположные концепции уязвимости.

По словам Asbjornslett, надежная распределительная система способна противостоять различным нарушениям, сохраняя свою структуру нетронутой, в то время как устойчивая система является адаптируемой, т. е. она будет адаптироваться к различным обстоятельствам и способна восстанавливать устойчивое состояние [6]. Учитывая неопределенность в глобальной бизнес-среде, Ferdows провел связь между надежностью и безопасностью и ввел термин «надежная сеть». Поддерживая данные исследования, некоторые авторы связали надежность цепочки поставок со способностью сохранять свою структуру фиксированной (без изменений) во всех ситуациях, в том числе при различных нарушениях (например, работы Kleijnen, 2005; Dong, 2006; Bundschuh и др., 2006; Chandra и Grabis, 2007; Dong и Chen, 2007; Viswanadham и Gaonkar, 2008). В этих работах надежность означает, что цепочки поставок являются устойчивыми, если их структура не изменилась, а надежность цепочки поставок может изменяться только при различных сбоях. Кроме того, различные виды неожиданных событий в зависимости от строения логистической цепи могут поставить под угрозу надежность поставок, т. е. сделать цепочки поставок уязвимыми.

На количественном уровне моделирования надежность используется в основном в контексте принятия решений по построению распределительных моделей, например таких как планирование [7], проектирование сетей [8], управления запасами [9] и др. Точная формулировка надежности зависит от используемого метода или типа моделируемой проблемы. Например, в контексте оптимизации решение моделирования определяется как надежное, если оно оптимально работает для всех вариантов исходных данных.

С нашей точки зрения, надежность цепочки поставок является желательным свойством системы распределения, которое находит свое отражение в деятельности распределительной сети предприятия. Это крайне важно, потому что современная деловая среда характеризуется повышенными требованиями к надежности (например, требования по надежности поставок и качеству продукции высшего уровня в течение малого срока доставки). Согласно Water традиционным способом определения допустимого уровня оценки производительности считается, если оценка остается в пределах допустимого диапазона [10]. Надежность РК определяется степенью, в которой распределительный канал показывает приемлемую производительность в (каждом) ключевом показателе эффективности (КПЭ), во время и после различных воздействий, которые вызвали нарушения в одной или нескольких логистических процессах. Цепочка поставок является надежной по отношению к КПЭ, если значение КПЭ находится в желаемом диапазоне даже при наличии помех [11, 12]. Мы называем это предопределенным желаемым диапазоном надежности. Если КПЭ находится выше или ниже диапазона надежности, то цепочки поставок считаются уязвимыми. Чем сильнее и длительнее негативное воздействие на распределительный канал, тем более уязвим канал поставок к этому нарушению.

Методологической основой исследования и формирования решений является системный подход, который предполагает исследование объекта (процессов распределительной логистики) как целостного комплекса взаимосвязанных и взаимодействующих элементов в единстве с производственной системой предприятия и внешней средой. В работе системный подход к исследованию СУЛП предполагает использование основ экономической кибернетики, теории управления, теории принятия решений и системного анализа; частных методов математических и экономических наук (методов моделирования, оптимизации, статистики; эвристических методов; методов оценки денежных потоков и рисков).

Метод оценки надежности распределительной системы предприятия. Основная концепция надежности определяется как вероятность, что система будет выполнять свои функции в течение периода времени работы без каких-либо нарушений [13]. В системном анализе рассматриваются два вида систем: системы с бинарными состояниями и мультисостояниями. Теорией надежности сложных систем занимаются В.Г. Левашенко и Е.Н. Зайцева. [14, 15]. Применим предложенную теорию систем для определения надежности распределительной логистики предприятия.

Рассмотрим модель, состоящую из n -компонентов, где каждый компонент определяется как x_i ($i = 1, \dots, n$). Система и ее компоненты определяются следующими состояниями эффективности:

- «ноль» (0) характеризует состояние системы или ее компонентов при отказе;
- «один» (1) – состояние эффективной работы системы и ее компонентов.

Надежность системы, или ее состояние, зависит от эффективности работы компонентов и определяется как структурная функция следующего вида:

$$\varphi(x_1, \dots, x_n) = \varphi(x) : \{0, 1\}^n \rightarrow \{0, 1\}. \quad (1)$$

Каждый компонент системы характеризуется вероятностью уровня производительности

$$p_i = Pr\{x_i = 1\} \text{ и } r_i = (1 - p_i) = Pr\{x_i = 0\}. \quad (2)$$

Определение структурной функции (1) хорошо известно как булева функция (Ушаков, 1994; Shooman, 2002; Рябинин, 2004) [16]. Это условие позволяет использовать инструменты анализа булевой функции для измерения структурной функции. Динамические свойства булевых функций рассчитывается как частные производные (Bochmann & Posthoff, 1981). Поэтому этот инструмент может быть использован для анализа динамических свойств структурной функции.

Для анализа надежности системы Е.Н. Зайцева и В.Г. Левашенко [17] предлагают использовать частные производные структурной функции.

Частная производная $\partial\varphi(j \rightarrow h)/\partial x_i(a \rightarrow b)$ функции $\varphi(x)$ n -переменных от переменной x_i обозначает изменение функции от j до h при изменении значений переменной x_i от a до b :

$$\partial\varphi(j \rightarrow h)/\partial x_i(a \rightarrow b) = \begin{cases} 1, \text{ если } \varphi(a, x) = j \text{ и } \varphi(b, x) = h; \\ 0, \text{ в противном случае,} \end{cases} \quad (3)$$

где $\varphi(a, x) = \varphi(x_1, \dots, a, \dots, x_n)$;

$$\varphi(b, x) = \varphi(x_1, \dots, b, \dots, x_n); j, h, a, b \in \{0, 1\} [10].$$

Таким образом, частные производные (2) для анализа надежности системы могут быть вычислены как логические выражения.

Частные производные $\partial\varphi(j \rightarrow h)/\partial x_i(a \rightarrow b)$ функции $\varphi(x)$ n -переменных по переменной x_i отражает изменение функции от j до h при изменении переменной x_i от a до b :

$$\partial\varphi(j \rightarrow h)/\partial x_i(a \rightarrow b) = (\varphi(a, x) \sim j) \wedge (\varphi(b, x) \sim h), \quad (4)$$

где $a, j \in \{0, 1\}$; \sim – символ операции эквивалентности, \wedge – символ операции логического И [18].

Изменение отказа и восстановления системы является важным моментом в теории анализа надежности. Приведем частные производные для анализа и расчета.

Производная $\partial\varphi(1 \rightarrow 0)/\partial x_i(1 \rightarrow 0)$ позволяет описать отказ системы (значения функции изменяются от 1 до 0). Если происходит сбой в i -м компоненте системы (i -я переменная изменяется от 0 до 1), то ситуацию можно описать следующим образом (4):

$$\partial\varphi(1 \rightarrow 0)/\partial x_i(1 \rightarrow 0) = \varphi(1, x) \wedge \overline{\varphi(1, x)}. \quad (5)$$

Производная $\partial\varphi(0 \rightarrow 1)/\partial x_i(0 \rightarrow 1)$ – математическое описание восстановления системы после сбоя (5)

$$\partial\varphi(0 \rightarrow 1)/\partial x_i(0 \rightarrow 1) = \varphi(1, x) \wedge \overline{\varphi(1, x)}. \quad (6)$$

В этом случае восстановление системы рассматривается как изменение структурной функции и i -й переменной от 0 до 1.

Так как функции (5) и (6) являются идентичными, определение отказа и восстановления системы можно свести к одному уравнению (граничные состояния системы)

$$\partial_i \varphi(x)/\partial x_i = \varphi(1, x) \wedge \overline{\varphi(1, x)}. \quad (7)$$

Существуют два вида показателей динамической надежности:

- динамический показатель надежности компонента (Component Dynamic Reliability Indices (CDRIs));
- динамический интегральный показатель надежности (Dynamic Integrated Reliability Indices (DIRIs)).

CDRIs определяет вероятность отказа или восстановления системы при изменении i -го компонента системы. DIRIs – другой показатель надежности системы, он представляет собой вероятность изменения надежности системы при изменении состояний одного или нескольких компонентов системы.

Алгоритм анализа надежности системы представлен на рисунке 1.

CDRIs отказа системы представляет собой вероятность отказа системы, вызванную отказом i -го компонента:

$$P_f(x_i) = (\rho/\rho_1)r_i, \quad (8)$$

где ρ – количество граничных состояний системы для i -го компонента;

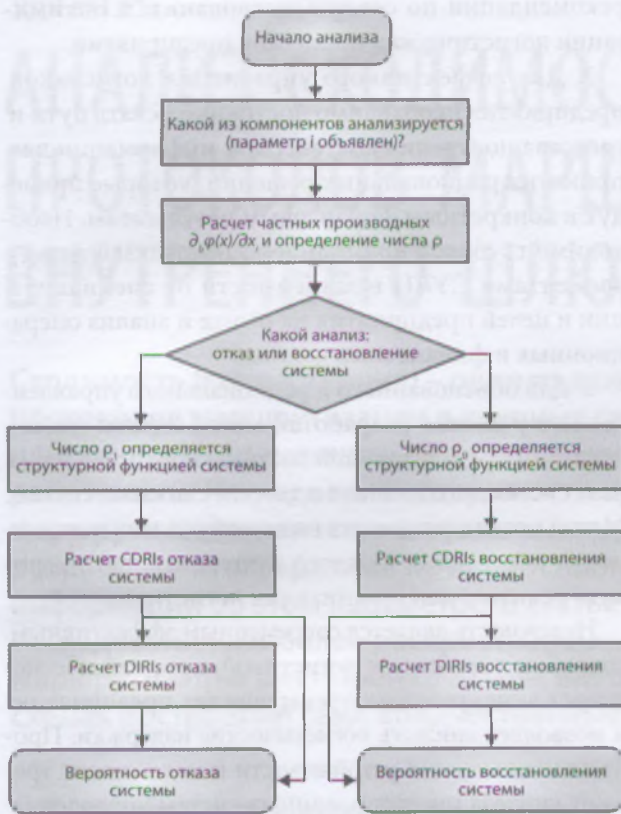


Рисунок 1 – Алгоритм расчета надежности распределительной системы предприятия

ρ_i – количество состояний системы при $\varphi(1, x) = 1$, рассчитывается по структурной функции;
 r_i – вероятность, рассчитанная по формуле (2).

Число ρ – число ненулевых значений частных производных по соответствующей переменной.

CDRIs восстановления системы представляет собой вероятность восстановления системы, вызванную заменой i -го компонента:

$$P_r(x_i) = (\rho/\rho_0)P_i, \tag{9}$$

где ρ определяется по формуле (8) и рассчитывается как частная производная по i -й переменной;
 ρ_0 – количество состояний системы при $\varphi(0, x) = 0$, рассчитывается по структурной функции;
 r_i – вероятность, рассчитанная по формуле (2).

DIRIs отказа системы определяется как вероятность отказа системы при отказе любых компонентов

$$P_f = \sum_{i=1}^n P_f(x_i) \prod_{\substack{q=1 \\ q \neq i}}^n (1 - P_f(x_q)), \tag{10}$$

где $P_f(x_i)$ – CDRIs отказа системы при отказе i -го компонента, рассчитывается по формуле (8).

DIRIs восстановления системы – вероятность восстановления системы, вызванная заменой компонента:

$$P_r = \sum_{i=1}^n P_r(x_i) \prod_{\substack{q=1 \\ q \neq i}}^n (1 - P_r(x_q)), \tag{11}$$

где $P_r(x_i)$ – CDRIs восстановления системы при замене i -го компонента, рассчитывается по формуле (10).

Функцию надежности системы рассматривал Ушаков. По его мнению, функция принимает следующий вид (12):

$$R = Pr\{\varphi(x) = 1\}. \tag{12}$$

Однако значение надежности по Ушакову – это вероятность надежности работы системы, она не предоставляет характеристику надежности работы компонентов системы.

Апробация предложенного метода. Рассмотрим распределительную систему с двумя логистическими посредниками с точки зрения надежности. Обозначим логистического посредника I как x_1 , логистического посредника II как x_2 и для обеспечения надежности распределения введем дополнительного логистического посредника x_3 . Таким образом, структурная функция системы принимает вид

$$\varphi(x) = OR(AND(x_1, x_2), AND(x_2, x_3), AND(x_1, x_3)).$$

Значения структурной функции представлены в таблице 1.

Вероятность состояний системы представлены в таблице 2.

Рассмотрим показатели вероятностей отказа и восстановления системы.

Согласно алгоритму расчета надежности (рисунок 1) сначала рассчитаем частные производные $\partial_i \varphi(x)/\partial x_i$ ($i = 1, 2, 3$) и число ρ . Частные производные для разных переменных одинаковые, потому что структурная функция симметрична. Расчеты CDRIs выполнены по формулам (8) и (9) и представлены в таблице 3.

Таблица 1 – Значения структурной функции

x_1	x_2	x_3	$\varphi(x)$
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

Таблица 2 – Вероятности состояний компонент

Компоненты	Состояния	
	0	1
x_1	0,4	0,6
x_2	0,3	0,7
x_3	0,1	0,9

Таблица 3 – CDRIs системы

Компоненты	ρ	ρ_i	ρ_0	Состояния	
				$P_f(x_i)$	$P_r(x_i)$
x_1	2	3	3	0,268	0,402
x_2	2	3	3	0,191	0,496
x_3	2	3	3	0,067	0,603

Анализ CDRIs позволяет сделать вывод об отказах и надежности системы распределения предприятия, выделить компоненты, которые оказывают наибольшее влияние на эффективность работы системы. Отказ первого компонента (x_1) более вероятно вызовет

отказ системы, потому что его динамический показатель отказа принимает наибольшее значение ($P_f(x_1) = 0,268$). Вероятность системы отказа после отказа 3-го компонента минимальна ($P_f(x_3) = 0,067$).

Таким образом, CDRIs – это вероятность отказа системы после отказа i -го компонента или вероятность восстановления системы после восстановления i -го компонента. Вероятность отказа системы в результате отказа компонента (DIRIs) рассчитывается по формуле (10) и равна $P_f = 0,673$. Вероятность системы восстановиться после восстановления какого-либо компонента рассчитывается по формуле (11) и составляет $P_r = 0,379$.

Используя функцию надежности по Ушакову (12), значение надежности системы равно $R = 0,672$. Однако значение надежности по Ушакову – это вероятность надежности работы системы, она не предоставляет характеристики надежности работы компонентов системы.

Результатом исследования определяется, что наиболее надежной распределительной системой является альтернатива 5, однако необходимо рассматривать стратегии отказа и восстановления системы.

Заключение. Экономическая целесообразность обуславливает постоянный поиск новых форм ведения бизнеса и совершенствование отношений между участниками рынка. Развитие связи значительно повысило эффективность использования информационных технологий в логистике. На основе проведенного сравнительного анализа существующих методов принятия решений в распределительной логистике предложены следующие

рекомендации по совершенствованию и оптимизации логистических процессов предприятия.

1. Для эффективного управления логистикой предприятия необходимо постоянно искать пути и средства получения достоверной информации для принятия рациональных решений, которые приведут к конкретным финансовым результатам. Необходимо глубокое понимание взаимосвязей между элементами СУПП в зависимости от специализации и целей предприятия на рынке и анализ операционных и финансовых данных.

2. Для обоснованного и рационального управленческого решения разработан метод оценки надежности распределительной системы предприятия на базе системного анализа и теории сложных систем. Метод позволяет сделать вывод об отказах и надежности реализации каждого альтернативного варианта решения для организации логистики.

Надежность является современным эффективным способом управления логистикой, который обеспечивает конкурентные преимущества предприятию и позволяет снижать логистические издержки. Проблемы повышения устойчивости и надежности требуют синтеза интегрированных систем управления снабженческими, производственными и сбытовыми процессами, основанными на принципах системного и комплексного подхода, методах математического и компьютерного моделирования, стохастической идентификации и статистической обработки экспериментальных данных, систем управления базами данных и знаний в современной теории управления.

Получено 08.05.2015

ЛИТЕРАТУРА

1. Живицкая, Е.Н. Логистические информационные системы / Е.Н. Живицкая. – Минск: БГУИР, 2013. – 362 с.
2. Живицкая, Е.Н. Синтез моделей распределительной логистики на базе системного анализа / Е.Н. Живицкая, О.В. Гуринович, О.И. Швед. – Минск: БГУИР, 2008. – 183 с.
3. Zhivitskaya E. Topological properties and methodology of research of complex logistic systems efficiency/ ECONTechMOD – AN INTERNATIONAL QUARTERLY JOURNAL ON ECONOMICS IN TECHNOLOGY, NEW TECHNOLOGIES AND MODELLING PROCESSES, Vol. 3, No 3, 2014, Polish Academy of Sciences Branch in Lublin. P. 23–32. ISSN 2084–5715.
4. Asbjørnslett, B.E., Rausand, M.. Assess the vulnerability of your production system. Production Planning & Control. Vol. 10 (3). 1999. – P. 219–229.
5. Asbjørnslett, B.E. Assessing the vulnerability of supply chains. In: Zsidisin, G.A., Ritchie, B. (Eds.), A Handbook of Assessment, Management, and Performance, 124, Springer, USA, 2009. – P. 15–33.
6. Vlajic, J.V., van der Vorst, J.G.A.J., Hendrix, E.M.T. On robustness in food supply chain networks. In: Trienekens, et al. (Eds.), Towards Effective Food Supply Chains. Wageningen Academic Publishers, The Netherlands, 2010. – P. 63–82.
7. Гаджинский, А.М. Практикум по логистике. – М.: Дашков и К, 2006. – 259 с.
8. Горовиц, Ж. Сервис-стратегия: управление, ориентированное на потребителя. – М.: Дело и Сервис, 2007. – 288 с.
9. Никитин, А.В. Управление предприятием (фирмой) с использованием информационных систем / А.В. Никитин, И.А. Рачковская, И.В. Савченко. – М.: ИНФРА-М, 2007. – 186 с.
10. Логистика / под ред. Б.А. Акинина. – М.: ИНФРА-М, 2004. – 367 с.
11. Модели и методы теории логистики / под ред. В.С. Лукинского. – СПб.: Питер, 2007. – 448 с.
12. Хаирова С.М. Логистика в сервисной экономике России: теория и методология: автореф. дис. ... д-ра экон. наук: 08.00.05 / С.М. Хаирова; Самарский гос. экон. ун-ет. – Самара, 2005.
13. Душулин, Р. KPI как средство контроля и мотивации / Р. Душулин // Консультант [Электронный ресурс]. – 2005. – № 21. – Режим доступа: <http://www.berator.ru/consultant/article/166>. – Дата доступа: 17.03.2008.
14. Календжян, С.О. Аутсорсинг и делегирование полномочий в деятельности компаний / С.О. Календжян - М.: ДЕЛО, 2003. – 272 с.
15. Чекинов, Г.П. Применение технологии многоагентных систем для интеллектуальной поддержки принятия решения (ИППР) / Г.П. Чекинов, С.Г. Чекинов // Системотехника [Электронный ресурс]. – 2003. – № 1. – Режим доступа: <http://systech.miem.edu.ru/2003/n1/Chekinov.htm>. – Дата доступа: 04.04.2008.
16. Zaitseva E.N., Reliability Analysis of Multi-State System, Dynamical Systems and Geometric Theories. Vol. 1 (2). 2003.
17. Zaitseva E., Levashenko V., Matiasko K.: Failure Analysis of Series and Parallel Multi-State System, Eksploatacja i Niezawodność. Maintenance and Reliability. Vol. 30. N. 2. 2006.
18. Ushakov I., Eds. Handbook of Reliability Engineering.. New York: Wiley, 1994.