

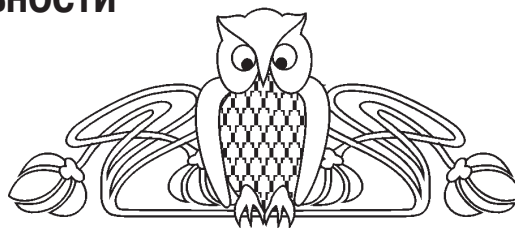


УДК 658.51 (075.8)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННО-СБЫТОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

И. А. Рахманина

кандидат экономических наук, доцент кафедры
прикладной экономики и управления инновациями,
Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю. А.
E-mail: rahmaninaia@mail.ru



Введение. В современных условиях хозяйствования, когда деятельность субъектов осуществляется в условиях риска и систематически растущей неопределенности, рассмотрение вопросов оптимального управления производственно-сбытовой деятельностью с использованием концептуальных основ логистики становится первоочередной задачей в процессе функционирования сложных систем и принятии управленческих решений. **Теоретический анализ.** Для повышения эффективности функционирования производственно-сбытовой деятельности (ПСД) хозяйствующих субъектов необходимо учитывать ее свойства, а именно: целостность, сложность иерархической структуры, сложные информационные процессы, множественность целей, динамичность процессов, многофункциональность, инерционность. Логистическое управление ПСД предполагает оптимизацию ее структуры, построение эффективных коммуникаций между ее элементами и внешней средой, оптимизацию всех бизнес-процессов в рамках соответствующей деятельности с целью минимизации затрат, сведения к минимуму коммерческих рисков и учет всей совокупности факторов в управляемой системе, способных оказывать существенное влияние на функционирование всех системных процессов. **Результаты.** Результатом применения предложенной модели управления производственно-сбытовой деятельностью логистической системы является достижение производственно-технологической, финансово-экономической, социально-экологической и информационно-организационной эффективности, что приведет к повышению конкурентоспособности логистической системы в целом.

Ключевые слова: оптимизация производственно-сбытовой деятельности, логистическое управление, логистическая система, эффективность.

Введение

В настоящее время отечественная промышленность пытается выжить в жестких условиях, обусловленных низкой производительностью, недостаточными инвестициями, устаревшим оборудованием, жесткой конкуренцией, сокращением платежеспособного спроса, который характеризуется измельченностью и эластичностью потребности в материальных ресурсах, стохастическими структурными изменениями в номенклатуре и объемах производства потребляемых средств, что предопределяет объективную необходимость поиска возможных путей по повышению устойчивости бизнеса, а также оптимизации расходов и всех бизнес-про-

цессов, связанных с производственно-сбытовой деятельностью (ПСД) хозяйствующих субъектов.

Таким образом, в современных условиях быстро меняющейся внешней среды традиционные принципы и технологии управления ПСД не могут обеспечить реализации достижения ею максимальной эффективности, что предопределяет использование концептуальных основ логистики для эффективной организации производственно-сбытовой деятельности. Таким образом, отмеченное выше обуславливает особое социально-экономическое значение логистического управления ПСД промышленных предприятий в современных условиях хозяйствования, позволяющее создать устойчивые конкурентные преимущества в долгосрочной перспективе и получить дополнительный финансово-экономический эффект за счет активизации заключенного в логистике потенциала.

Теоретический анализ

Анализ научной литературы по проблеме оптимизации ПСД и ее логистической поддержки показал, что данная проблема получила достаточно широкое освещение в научных трудах отечественных и зарубежных ученых-экономистов. Однако вопросы повышения эффективности ПСД предприятий с использованием концепций гибкого логистического управления остаются по-прежнему актуальными и недостаточно изученными.

Изучение концепций гибкого логистического управления имеет исключительно важное значение при проектировании и исследовании логистических систем (ЛС) в целях повышения их эффективности и качества, улучшения процессов, протекающих в них, выявления методологии их создания и перспектив развития. Логистическое управление ПСД предполагает оптимизацию ее структуры, построение эффективных коммуникаций между ее элементами и внешней средой, оптимизацию всех бизнес-процессов в рамках соответствующей деятельности с целью минимизации затрат и сведения к минимуму коммерческих рисков.



Производственно-сбытовую деятельность как сложную систему характеризуют свойства целостности, сложность иерархической структуры, сложные информационные процессы, множественность целей, динамичность процессов, многофункциональность, инерционность. ПСД имеет свою специфику, что предъявляет к методам описания процессов интегрированного управления ею особые требования, основными из которых являются: оптимальность управления, направленная на поддержание текущего оптимального планового режима; многокритериальность процессов и возможность введения приоритетов локальных критериев; многомерность модели управления; органическая стыковка по времени принятия управленческих решений и

фазы планирования; многоуровневый характер управления; учет возможностей замены ресурсов; отражение влияния изменения технологической структуры объектов управления на алгоритм управления; динамичность характеристик процессов управления и планирования [1, 2].

На рис. 1 показана структурная схема ПСД промышленного предприятия, внутренние и внешние связи которой представлены в виде материальных, информационных и решающих связей. Однако следует отметить, что для разработки и управления ПСД промышленного предприятия необходимо рассмотрение особенностей организационной структуры, соподчинения и роли компонентов, их рассредоточенность, что не отражено на рис. 1.

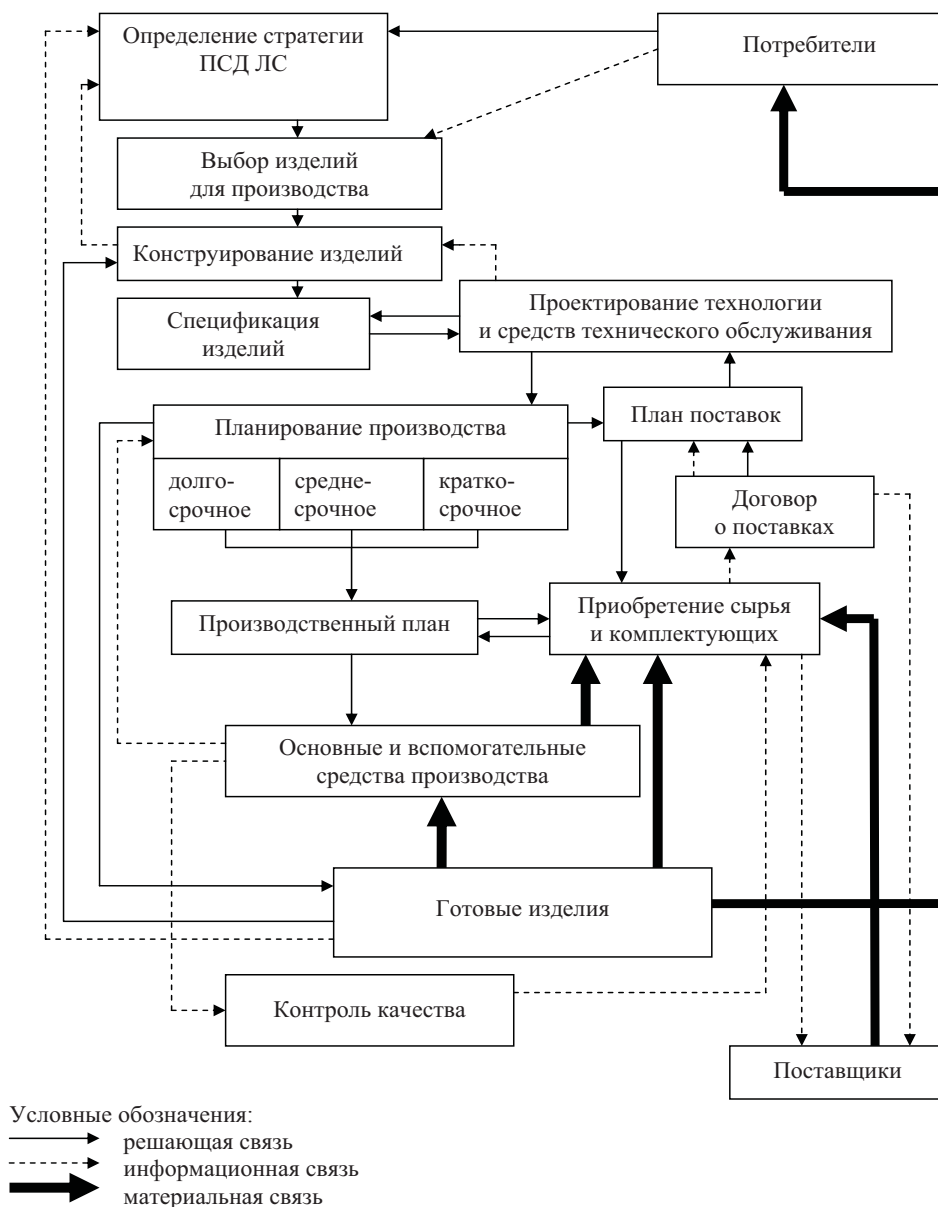


Рис. 1. Структурная схема производственно-сбытовой деятельностью логистической системы



Таким образом, автор считает, что обеспечение эффективного функционирования ПСД промышленного предприятия требует экономически грамотного управления, которое во многом определяется разработанной моделью управления ею. В свою очередь, модель управления должна учитывать тесную взаимосвязь между протекающими процессами при осуществлении ПСД, ее системой управления и результатами ее деятельности. Изменение одного из этих компонентов существенно влияет на два других.

Автор предлагает рассмотреть модель управления ПСД ЛС, входные параметры которой носят случайный характер, а выходные характеристики должны строго соответствовать поставленным целям и задачам (рис. 2). Для достижения поставленной цели – повышения эффективности ПСД ЛС – необходимо провести исследование внутренних и внешних условий функционирования ЛС для выявления факторов, оказывающих влияние на эффективность работы. Далее необходимо провести прогноз спроса и параметров ЛС, определив методологию (метод) прогнозирования, а также провести всестороннюю комплексную диагностику производственно-сбытовой деятельности ЛС для принятия оптимальных управленческих решений. Практика показывает, что несоответствие значений фактического и планируемого в основном вызвано ошибками при передаче данных, недостатком информации и знаний, неточностью прогнозов, неопределенностью спроса, при которой существует неоднородность данных о спросе в различные моменты времени, что может затруднять определение тенденций изменений среды.

Кроме того, возникновение рассогласования в результате оценки фактических и плановых параметров может быть связано не только с воздействием внешних возмущений, но и в результате изменения внутренних параметров состояния ЛС. Логистический регулятор формирует управляющие воздействия, которые должны стремиться свести рассогласование к нулю с учетом ресурсных, рыночных, технологических и организационных ограничений, а также с учетом величины рассогласования. Как известно, на различных этапах производственно-сбытового процесса могут возникать «узкие места», которые затрудняют дальнейшее эффективное функционирование ЛС. При этом определяются альтернативные направления управляющего воздействия с учетом существующих ограничений и возможностей ЛС.

По нашему мнению, по признаку времени можно выделить потенциальные и неиспользованные возможности логистической системы (см. рис. 2). Неиспользованные возможности

– это упущенные возможности повышения эффективности производственно-хозяйственной деятельности относительно плана или НТП за прошедшие промежутки времени. Потенциальные возможности – возможности логистической системы осуществлять в будущем производство товаров и услуг, получать прибыль, которые, в свою очередь, можно разделить на текущие и перспективные в зависимости от срока, в течение которого выявленные возможности могут быть мобилизованы. Текущие (быстрореализуемые) возможности – это возможности, которые могут быть реализованы в течение года. Перспективные же возможности можно использовать лишь в долгосрочной перспективе, т.е. в течение периода, превышающего один год [3].

Для управления логистической системой в изменяющихся условиях функционирования, даже в тех случаях, когда возмущающие воздействия не могут быть точно измерены или когда их влияние заранее не известно, можно построить математическую модель, учитывающую критерий эффективности функционирования, отражающий суммарные потери ЛС, что позволит уменьшить риск производственно-сбытовой деятельности и принимать оптимальные организационно-производственные и организационно-экономические решения.

Данная математическая модель ПСД включает в себя потоки заказов, материалов, рабочей силы, а также финансовые и информационные потоки. Полученное оптимальное управление логистической системой с обратной связью обеспечит максимальную ее адаптацию к условиям внешней среды и минимальное значение критерия эффективности.

Математическую модель ПСД ЛС можно описать системой линейных разностных уравнений:

$$y [i+1]_{\text{лс}} = K(T, q)y [i] + C(T, q)u [i] + w(S[i], T, q), \\ i = 0, \dots, N - 1, \quad (1)$$

где y – вектор переменных состояния логистической системы размерности n ; u – вектор переменных управления размерности m ; S – спрос на продукцию; K – постоянная матрица размерности $n \times n$; C – постоянная матрица размерности $n \times m$; w – вектор свободных членов размерности n ; q – вектор параметров логистической системы; T – период дискретизации; N – число интервалов дискретизации. Для системы (1) задано также ее начальное состояние (считается, что до начального момента наблюдения система находилась в определенном состоянии).

В связи с этим для модели производственно-сбытовой системы можно сформулировать квадратичный критерий эффективности ее

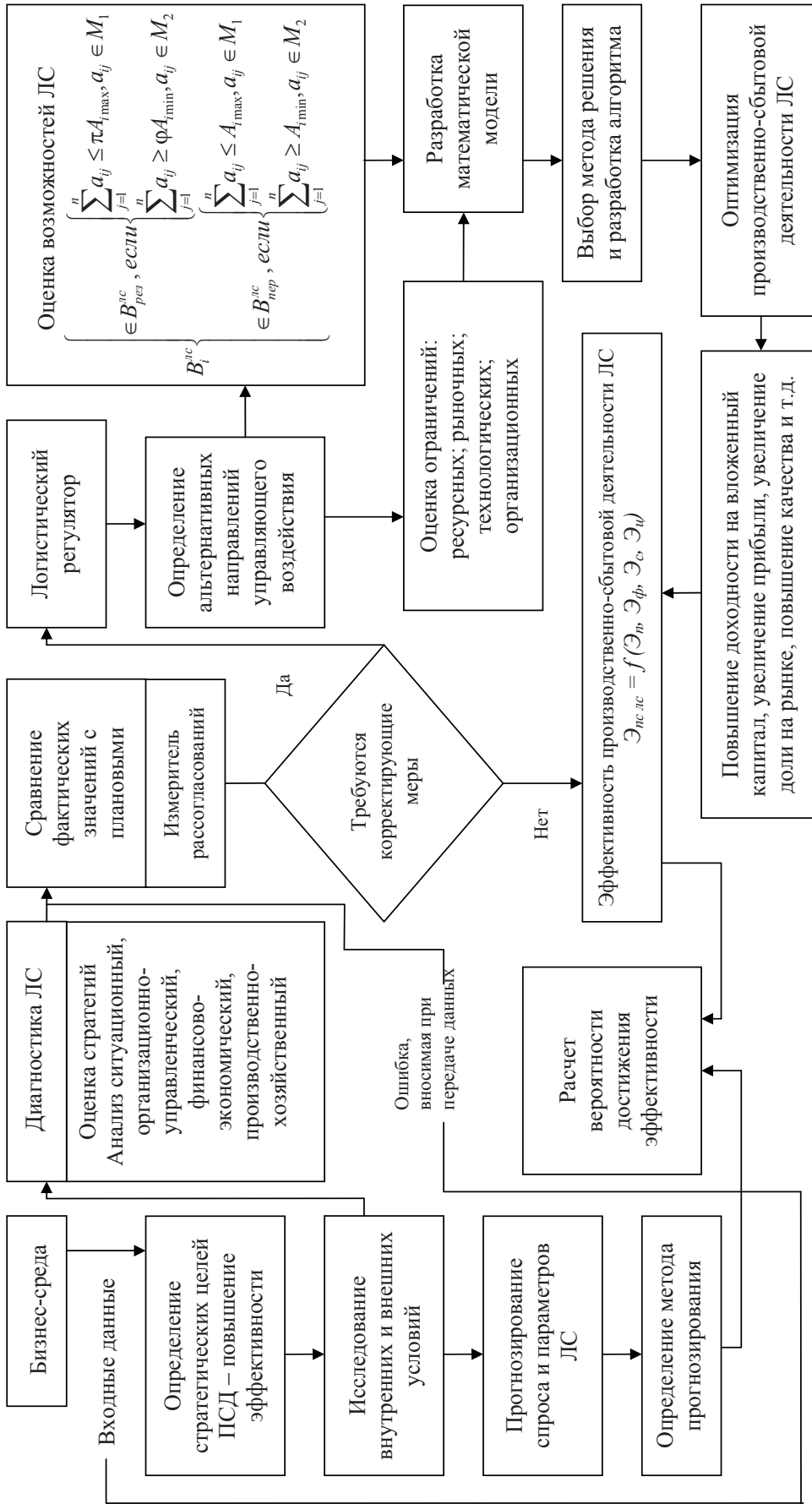


Рис. 2. Модель управления производственно-сбытовой деятельностью логистической системы

Основные обозначения: $B_i^{пс}$ – возможности ЛС; $B_{рес}^{пс}$ – перспективные возможности; $B_{пер}^{пс}$ – резервные возможности; A_{max} – максимальное ограничение по j виду ресурса; A_{min} – минимальное ограничение по i виду ресурса; M_1 – подмножество минимизируемых параметров; M_2 – подмножество максимизируемых параметров; i – вид ресурса или иного ограничения, $i = 1 \dots n$; j – подвид ресурса или иного ограничения по j виду i ресурса; π – норма использования i ресурса по максимальным параметрам; φ – норма расходования ресурса i по минимальным параметрам; a_{ij} – ограничение по j виду i ресурса; \mathcal{E}_m – производственно-технологическая, $\mathcal{E}_ф$ – финансово-экономическая, $\mathcal{E}_с$ – социально-экологическая и $\mathcal{E}_и$ – информационно-организационная эффективность



функционирования, который будет отражать суммарные потери логистической системы в период изменения спроса, а также конечную прибыль. Данный критерий имеет следующий вид:

$$\sum_{i=1}^{N-1} (y[i+1]R_3y[i+1] + u'[i]R_2u[i]) + y'[N]P_1y[N], \quad (2)$$

где R_3 и P_1 – постоянные неотрицательно определенные симметричные матрицы размерности $n \times n$; R_2 – постоянная положительно определенная симметричная матрица размерности $m \times m$. Ставится задача найти на траекториях системы (1) управление в виде закона с обратной связью, которое доставляет минимальное значение критерию (2) при известном изменении спроса S на продукцию логистической системы.

Представленная модель учитывает, что часть заказов удовлетворяется за счет имеющихся запасов, а часть производится. Решение о том, какая именно часть будет поставлена, принимается руководством, что отражается на темпе требований, который был взят в качестве одной из переменных управления. Следует отметить, что темпы производства и поставок рассматриваются в качестве переменных управления, а при планировании объемов производства учитываются объемы поступивших заказов и необходимость пополнения складских запасов готовой продукции исходя из используемой системы управления запасами.

При построении модели были учтены возможные запаздывания поставок материалов, а темпы производства в значительной степени обусловлены численностью рабочих логистической системы. При составлении уравнений, описывающих процесс увольнения, учитывалось, что производственные площади, состав оборудования не изменяются, а процесс найма рабочих характеризуется периодом обучения, во время которого рабочие приняты на работу, но к производственной деятельности еще не приступили.

В критерии (2) учитываются прибыль, издержки производства, потери сбытового звена, динамические показатели в соответствии с весовым коэффициентом каждого. Разделение критерия эффективности на отдельные части отражает противоречивость целей руководителей отдельных структурных подразделений, а также определяет основную стратегию выживания логистической системы промышленного предприятия на рынке. При этом потери сбытового звена отражают потери объемов продаж и прибыли в момент предъявления спроса на продукцию, которая отсутствует на складе. Динамические показатели отражают цели общего руководства логистической системы, содержащиеся слагаемые,

которые приводят выходные характеристики производственного и сбытового подразделений логистической системы в соответствие с их входными характеристиками.

Чтобы привести все слагаемые в критерии (2) к одной шкале, используется стоимостная оценка каждого слагаемого. Таким образом, элементы матриц R_3 , R_2 и P_1 служат коэффициентами перевода в денежные единицы тех единиц, в которых измеряются соответствующие переменные состояния и переменные управления, а критерий (2) измеряется в денежных единицах. Для достижения целей ЛС критерий (2) должен быть минимизирован.

Для решения задачи оптимального управления производственно-сбытовой системой перейдем от неоднородной системы (1) к однородной путем введения дополнительной постоянной переменной состояния $y_n + 1 = c$ (c – некоторая нулевая константа):

$$\tilde{y}[i+1] = \tilde{K}[i]\tilde{y}[i] + \tilde{C}u[i], \quad i=0, \dots, N-1, \quad (3)$$

где $\tilde{y}[i] = \begin{pmatrix} y[i] \\ y_{n-1} \end{pmatrix}$ – вектор новых переменных состояния логистической системы размерности

$n+1$; $\tilde{K}[i] = \begin{pmatrix} K & w[i]\frac{1}{c} \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$ – матрица размерности

$(n+1) \times (n+1)$; $\tilde{C} = \begin{pmatrix} C \\ 0 \end{pmatrix}$ – матрица размерности $(n+1) \times m$.

Перепишем также критерий (2):

$$\sum_{i=1}^{N-1} (\tilde{y}'[i+1]\tilde{R}_3\tilde{y}[i+1] + u'[i]R_2u[i]) + \tilde{y}'[N]\tilde{P}_1\tilde{y}[N], \quad (4)$$

где $\tilde{R}_3 = \begin{pmatrix} R_3 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$ и $\tilde{P}_1 = \begin{pmatrix} P_1 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$ – матрицы размерности $(n+1) \times (n+1)$.

Данная задача решается методом динамического программирования. При этом управление получается в виде закона с обратной связью

$$u[i-1] = -\tilde{F}[i-1]\tilde{y}[i-1], \quad i=2, \dots, N, \quad (5)$$

где матрица коэффициентов усиления $\tilde{F}[i-1]$ размерности $m \times (n+1)$ определяется из соотношений:

$$\tilde{F}[i-1] = \{R_2 + \tilde{C}'[\tilde{R}_3 + \tilde{P}[i]]\tilde{C}\}^{-1} \times \tilde{C}'[\tilde{R}_3 + \tilde{P}[i]]\tilde{K}[i-1], \quad i=2, \dots, N; \quad (6)$$

$$\tilde{P}[i-1] = \tilde{K}'[i-1][\tilde{R}_3 + \tilde{P}[i]][\tilde{K}[i-1] - \tilde{C}\tilde{F}[i-1]], \quad i=2, \dots, N; \quad (7)$$

$$\tilde{P}[N] = \tilde{P}_1. \quad (8)$$

Покажем, что при получении оптимального управления вида (5) значения переменных управ-



ления $u[i]$ и исходных переменных состояния $y[i]$ не зависят от того, какая именно константа была выбрана в качестве дополнительной переменной состояния y_n+1 . Осуществим обратный переход от переменных $\tilde{y}[i]$ к переменным $y[i]$. Для этого представим матрицы $\tilde{P}[i]$ и $\tilde{F}[i]$ (с учетом того, что $\tilde{P}[i]$ – симметричная матрица) в виде

$$\tilde{P}[i] = \begin{pmatrix} P[i] & z[i] \\ z'[i] & a[i] \end{pmatrix}; \tilde{F}[i] = (F[i]h[i]), \quad (9)$$

где P – матрица размерности $n \times n$; z – вектор – столбец размерности n ; F – матрица размерности $m \times n$; h – вектор – столбец размерности m ; a – число.

На основании (5) можно записать

$$P[N] = P_1; z[N] = 0; a[N] = 0. \quad (10)$$

Для $y[i+1]$ получаем

$$y[i+1] = (K - CF[i])y[i] + (w[i]\frac{1}{c} - Ch[i])c. \quad (11)$$

Таким образом, если удастся вектор $h[i]$ представить в виде

$$\tilde{h}[i] = \frac{1}{c}\tilde{h}[i], \quad (12)$$

где $\tilde{h}[i]$ – вектор, не зависящий от константы c , то $y[i]$ не будет зависеть от константы c . Далее, из (6) и (7) имеем:

$$F[i-1] = \{R_2 + C'[R_3 + P[i]]C\}^{-1}C'[R_3 + P[i]]K, \quad (13)$$

$$h[i-1] = \{R_2 + C'[R_3 + P[i]]C\}^{-1}C' \left([R_3 + P[i]]w[i]\frac{1}{c} + z[i] \right), \quad (14)$$

$$P[i-1] = K'[R_3 + P[i]][K - CF[i-1]], \quad (15)$$

$$z[i-1] = K'[I - [R_3 + P[i]]C\{R_2 + C'[R_3 + P[i]]C\}^{-1}C'] \left([R_3 + P[i]]w[i]\frac{1}{c} + z[i] \right), \quad (16)$$

где I – единичная матрица.

Из (16) и (10) следует, что для вектора $z[i]$, $i=1, \dots, N$, справедливо представление $z[i] = \frac{1}{c}\tilde{z}[i]$, где $\tilde{z}[i]$ – вектор, не зависящий от константы c . Таким образом, сделанное предположение в формуле (12) имеет место, а векторы $u[i]$ и $y[i]$,

$i=1, \dots, N$ не зависят от константы c . Начиная с некоторого номера k , матрица усиления обратной связи $\tilde{F}[i]$ из (6) остается постоянной. Этот номер k выбирается из условия, что норма разности матриц $\|\tilde{F}[k+1] - \tilde{F}[k]\|$ должна быть меньше некоторой заданной малой величины.

Результаты

Следовательно, в результате использования предложенной автором модели управления будет достигнута цель – повышение эффективности производственно-сбытовой деятельности логистической системы, которая является функцией производственно-технологической (\mathcal{E}_n), финансово-экономической (\mathcal{E}_f), социально-экологической (\mathcal{E}_c) и информационно-организационной (\mathcal{E}_u) эффективности, причем для каждой ЛС показатели эффективности имеют различную степень важности с учетом отраслевой специфики и коррелируются между собой (см. рис. 2).

В заключение хотелось бы отметить, что использование предлагаемой модели позволит выявить существенные резервы производственно-сбытовой деятельности логистической системы, учесть различные аспекты, возникающие при выборе оптимальных управляющих воздействий на систему, что даст ей возможность повысить эффективность своей деятельности, доходность на вложенный капитал, качество как продукции, так и обслуживания потребителей, увеличить прибыль и долю на рынке, а также приведет к повышению конкурентоспособности логистической системы в целом.

Список литературы

1. Семенов А. И., Сергеев В. И. Логистика. Основы теории : учебник для вузов. СПб. : Союз, 2001. 544 с.
2. Анисимов С. Н., Колобов А. А., Омельченко И. Н. [и др.]. Проектирование интегрированных производственно-корпоративных структур : эффективность, организация, управление / под ред. А. А. Колобова, А. И. Орлова. М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. 728 с.
3. Рахманина И. А., Чистопольская Е.В. Теоретико-методологические аспекты исследования логистических систем // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Экономика. Управление. Право. 2013. Т. 13, вып. 3(1). С. 310–315.

Modeling the Optimal Functioning of the Supply Logistics System Activity

I. A. Rakhmanina

Yuri Gagarin State Technical University of Saratov,
77, Politechnicheskaya, Saratov, 410054, Russia
E-mail: rahmaninaia@mail.ru



Introduction. In the current economic conditions, when the activities of the subjects carried out in conditions of risk and uncertainty growing systematically address issues of optimal control of production and marketing activities with the use of the conceptual foundations of logistics has become a priority in the operation of complex systems and management decisions. **Theoretical analysis.** To increase the efficiency of production and sales activities (PSD) of business entities need to consider its properties, namely integrity, complexity of hierarchical structure, complex information processes, multiplicity of objectives, dynamic processes, multifunctionality, inertia. Logistics management optimization PSD assumes its structure, building effective communication between its members and the external environment, optimization of all business processes within the relevant activities in order to minimize costs, minimize business risk and account all factors in the controlled system that can have a significant impact on the operation of all system processes. **Results.** The result of applying the proposed model control production and sales management logistics system is to achieve industrial-technological, financial, economic, environmental and social information and organizational effectiveness, and will also enhance the competitiveness of the logistics system as a whole.

Key words: optimization of production and sales activities, logistics management, logistics system, efficiency.

References

1. Semenenko A.I., Sergeev V. I. *Logistika. Osnovy teorii* [Logistics. Fundamentals of the theory]. St.-Petersburg, UnionPubl., 2001. 544p.
2. Anisimov S. N., Kolobov A. A., Omelchenko I. N. et al. *Proektirovanie integrirovannyh proizvodstvenno-korporativnyh struktur: jeffektivnost', organizacija, upravlenie*: pod red. A. A. Kolobova, A. I. Orlova [Design of integrated production and corporate structures: efficiency, organization, management. Ed. by A. A. Kolobov, A. I. Orlov]. Moscow, Bauman Moscow State Technical University Publ., 2006. 728 p.
3. Rakhmanina I. A., Chistopolskaya E.V. *Teoretiko-metodologicheskie aspekty issledovaniia logisticheskikh sistem* [Theoretical and methodological aspects of the study of logistics systems]. *Izv. Saratov Univ. New Ser. Ser. Economics. Management. Law*, 2013, vol. 13, iss. 3(1), pp. 310–315.