

*А. С. КУЦЕНКО, И. М. ГОДЛЕВСКИЙ*

## СТРУКТУРА МОДЕЛИ КООРДИНАЦИИ ОРГАНИЗАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕРРИТОРИАЛЬНО РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ЛОГИСТИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ ДИСТРИБЬЮЦИИ

Приведены основные этапы формирования системы организационного управления логистикой дистрибуции. На основе конфигурирования логистической сети формируются участники цепочек поставок, которые являются основой для построения организационной структуры управления. В работе приведена структура модели координации для трехуровневой системы с использованием всех типов провайдеров. Сформированы ограничения, которые связывают локальные задачи различных уровней иерархии.

**Ключевые слова:** организационное управление, логистика, дистрибуция, цепочка поставок, координация, трехуровневая система управления.

**Введение.** Современный этап развития большинства стран мира характеризуется расширением масштабов и ростом производственных процессов и процессов управления, созданием в различных областях мировой экономики крупномасштабных систем со сложной структурой [1]. Характерными особенностями таких систем являются: длительные сроки реализации и реинжиниринга, значительные капиталовложения, высокая ресурсоемкость процессов развития систем и их отдельных элементов; тесная взаимосвязь с другими крупномасштабными системами и окружающей средой; распределенность входящих в них элементов на значительной территории (от регионального до глобального масштабов); «размытость границ» системы, что не позволяет однозначно определить состав всех ее элементов; необходимость учета требований к устойчивости и надежности функционирования систем; комплексный характер управления элементами системы [2, 3].

К особому классу крупномасштабных распределенных систем относятся транснациональные, национальные и региональные логистические системы различного назначения, задачи формирования оптимальных программ развития которых включают:

- выбор состава и размещение по территории производственных и транспортных элементов системы с учетом динамики их функционирования и развития;
- определение объемов и направлений транспортных потоков;
- распределение ресурсов между элементами системы по подпериодам планирования;
- формирование распределенной организационной структуры управления.

Функции выше перечисленных систем и протекающие в них процессы распределены, рассредоточены по подсистемам. Основными характерными особенностями распределенных систем являются [4, 5]:

- 1) наличие общей цели системы при распределении ее функций по отдельным подсистемам;
- 2) территориальная рассредоточенность подсистем;
- 3) представление общей задачи системы в виде комплекса взаимосвязанных локальных подзадач, обусловленное, в первую очередь, сложностью постановки проблемы, отсутствием средств и необходи-

мостью централизованного хранения данных и решения задачи в целом;

- 4) необходимость параллельного и асинхронного решения некоторых локальных задач различными исполнителями;

- 5) наличие, в рамках интересов всей системы или компромиссного варианта решения проблемы, свободы выбора при формировании решений каждой отдельной локальной задачи;

- б) интенсивное использование средств обмена информацией между подсистемами и средств согласования процедур решения локальных задач.

Одной из мало изученных и формализованных задач в области логистики является задача формирования структуры и системы организационного управления (СиСОУ) для распределенных логистических систем (РЛС) при стратегическом планировании.

Поэтому актуальной является проблема разработки моделей координации организационного управления для такого класса сложных систем.

**Постановка задачи.** Согласно [6] основными этапами формирования системы организационного управления логистикой дистрибуции являются:

- 1) конфигурирование логистической сети;
- 2) формирование участников сети цепочек поставок;
- 3) определение центров влияния и типов связей бизнес-процессов;
- 4) синтез вариантов иерархической организационной структуры;
- 5) формирование локальных задач и задач координации иерархической системы управления РЛС;
- б) оптимизация функционирования РЛС на основе межорганизационной и межфункциональной координации;
- 7) принятие решения по выбору СиСОУ логистикой дистрибуции на основе формирования множества альтернативных вариантов.

Необходимо отметить, что в большинстве случаев организационные структуры распределенных систем являются иерархическими, в которых иерархия основана на понятии отношения приоритета взаимодействия между множеством подсистем.

С целью исследования иерархической распределенной системы обычно ее рассматривают в виде

композиции отдельных двухуровневых систем [7], на верхнем уровне которых находятся управляющие подсистемы, а на нижнем управляемые элементы (подсистемы). При анализе двухуровневой системы рассматривают два класса задач: задачи самоуправления для подсистем нижнего и верхнего уровней и задачи управления подсистемами нижнего уровня путем координации их функционирования. Так как цели подсистем нижнего и верхнего уровней могут быть различными, будем говорить о различных видах координаемости.

1. Координируемость относительно задачи, решаемой в подсистеме верхнего уровня. В этом случае при некотором выбранном управляющем воздействии в результате решения задачи верхнего уровня в каждой подсистеме нижнего уровня найдутся такие локальные управляющие воздействия, при которых критерий задачи верхнего уровня достигает своего глобального оптимума.

2. Координируемость относительно задач, решаемых в каждой из подсистем рассматриваемой двухуровневой системы. Для этого варианта координируемости локальные управляющие воздействия задач нижнего уровня обеспечивают глобальный оптимум в задаче верхнего уровня.

3. Координируемость относительно компромиссного значения целевых функций подсистем рассматриваемой двухуровневой системы. Такая ситуация характерна при наличии конфликта как между подсистемами одного уровня, так и между подсистемами различных уровней. Если конфликт носит не антагонистический характер, то выбор управляющего воздействия сводится к принятию решения по множеству критериев отдельных подсистем согласно [8].

В работе [9] приведены различные варианты организационной структуры системы управления цепочками поставок логистической системы. На примере трехуровневой системы рассмотрим структуру модели координации организационного управления при наличии на различных уровнях иерархии различных типов провайдеров.

**Типы провайдеров логистических услуг.** Ядром, около которого создается логистическая система дистрибуции, является центральная компания, производящая оригинальную продукцию или компания, которая строит логистическую систему цепочек поставок продукции различных производителей и решает задачу координации функционирования всех участников сети. В первом и втором случае для таких компаний будем использовать аббревиатуру OEM (Original Equipment Manufactures). Перед OEM стоит задача разработки эффективных методов управления бизнес-процессами цепочек поставок на основе систем поддержки принятия решений.

В случае простейшей логистической сети цепочек поставок отдельные бизнес-процессы выполняются непосредственно функциональными подсистемами (ФП) OEM. Наличие большого количества уровней логистической сети дистрибуции, а также бизнес-процессов на каждом уровне приводит к необходимости передачи для выполнения ряда бизнес-про-

цессов различного рода провайдерам, которые имеют меньшие логистические издержки, лучшее качество логистического сервиса и т. д. В то же время OEM освобождает ресурсы на выполнение своих основных задач. В дальнейшем для таких провайдеров будем использовать аббревиатуру 3PL провайдер (Third Party Logistics Provider), которые являются самостоятельными юридическими лицами и имеют свои цели (прибыль, доля рынка и т. д.). Базовыми функциями для 3PL провайдеров являются: транспортные перевозки, складирование, управление запасами, информационные услуги. В том случае, если OEM является транснациональной компанией с множеством уровней поставщиков, возникает проблема координации большого количества 3PL провайдеров и при недостатке ресурсов используется особый тип провайдеров, которые называются системными интеграторами или 4PL провайдерами (Fourth Party Logistics Provider). Фактически они берут на себя обязанности OEM по координации ряда 3PL провайдеров. Обычно 4PL провайдеры не имеют своих собственных активов, используют для координации ресурсы OEM. Дальнейшее развитие логистических услуг связано с появлением нового типа провайдеров, которые выполняют функции аналогичные 4PL системным интеграторам, но в отличие от них имеют свои активы и самостоятельно выполняют отдельные бизнес-процессы в цепочке поставок. В зарубежной литературе такие компании имеют аббревиатуру LLP (Lead Logistics Provider). Они берут полностью на себя ответственность за выполнение и координацию бизнес-процессов цепочек поставок, высвобождая ресурс OEM для решения более важных и свойственных ей задач.

**Структура модели координации трехуровневой организационной системы.** Рассмотрим структуру модели координации трехуровневой организационной системы управления цепочками поставок, включающей все виды провайдеров, рассмотренных выше (рис. 1). Выделим основные задачи, которые решаются на каждом уровне управления и введем управляющие переменные, используемые на соответствующих уровнях иерархии.

Основные структурные единицы сети цепочек поставок находятся на первом уровне иерархии. Это множества  $P_2$  и  $P_3$ , соответственно, функциональных подразделений LLP провайдеров и OEM, а также множества  $P_1$  и  $P_4$ , соответственно, 3PL провайдеров, координация функционирования которых осуществляется 4PL провайдером и OEM. Каждое функциональное подразделение или 3PL провайдер реализуют свою деятельность на основе выполнения множества  $\{J_l, l \in P_\lambda\} \lambda = \overline{1,4}$  логистических функций, обособление которых обычно связано с выделением в компании структурных подразделений и/или отдельных менеджеров, отвечающих за реализацию логистической функции. Именно на этом этапе решаются вопросы эффективности путем выделения для каждой  $j$ -й логистической функции множества  $K_j$  ключевых показателей эффективности, где  $j \in J_l, l \in P_\lambda, \lambda = \overline{1,4}$ .

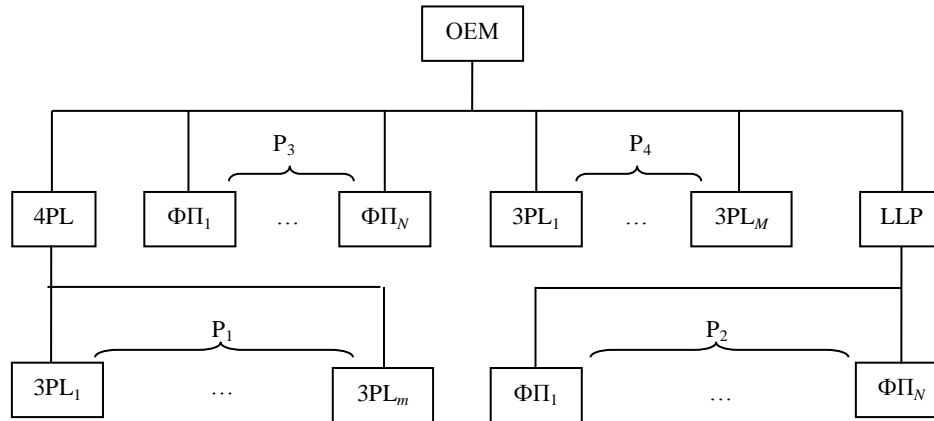


Рис. 1 – Структура трехурвневой системы организационного управления

В качестве управляющих вводятся дискретные переменные  $x_{kl}^t$ , определяющие некоторый  $\alpha$ -вариант вклада финансовых ресурсов в  $t$ -м подпериоде планирования для коррекции  $k$ -го ключевого показателя эффективности при условии

$$x_{ka}^t \in \{0,1\}, \sum_{a \in A_k} x_{ka}^t = 1,$$

где  $A_k$  – множество вариантов вклада ресурсов.

Основное отличие 3PL провайдеров от ФП первого уровня иерархии заключается в том, что 3PL провайдер использует финансовые ресурсы из двух источников: свои собственные –  $R_{sl}^t, l \in P_s, s=1,4$ ; получаемые с верхнего уровня –  $y_{1l}^t, l \in P_1$  и  $z_{4l}^t, l \in P_4$ , соответственно, для решения задачи координации на уровне 4PL системного интегратора и OEM. Функциональные подразделения не имеют своих собственных финансовых ресурсов и получают их только со стороны LLP системного интегратора и OEM, соответственно,  $y_{2l}^t, l \in P_2$  и  $z_{3l}^t, l \in P_3$ .

На втором уровне иерархии LLP системный интегратор являясь юридическим лицом и имея свои собственные активы, кроме решения задачи координации ФП, реализует свою деятельность на основе выполнения множества  $\bar{J}$  логистических функций, каждой из которых  $j \in \bar{J}$  соответствует множество ключевых показателей эффективности  $\bar{K}_j$  второго уровня иерархии. Как и на первом уровне для коррекции  $k$ -го ключевого показателя эффективности, где  $k \in \bar{K}_j$  вводятся дискретные переменные  $\bar{x}_{ka}^t$ , определяющие некоторый  $\alpha$ -вариант вклада финансовых ресурсов на  $t$ -м подпериоде планирования при условии

$$\bar{x}_{ka}^t \in \{0,1\}, \sum_{a \in \bar{A}_k} \bar{x}_{ka}^t = 1,$$

где  $\bar{A}_k$  – множество вариантов вклада ресурсов. 4PL системный интегратор, не имея своих собственных активов, решает только задачу координации 3PL провайдеров. Кроме этого, LLP системный интегратор в

отличие от 4PL системного интегратора в каждом  $t$ -м подпериоде планирования имеет свои собственные финансовые ресурсы  $\bar{R}^t$ , которые могут использоваться для решения задачи координации, так и для выполнения своих логистических функций.

На третьем уровне иерархии OEM координирует деятельность системных интеграторов второго уровня, на основе управляющих переменных  $\bar{z}_1^t$  и  $\bar{z}_2^t$ , а также множество  $P_3$  своих функциональных подразделений и множество  $P_4$  независимых 3PL провайдеров. Кроме этого реализует свою деятельность на основе множества  $\bar{J}$  логистических функций первого уровня иерархии, каждой из которых  $j \in \bar{J}$  соответствует множество ключевых показателей эффективности  $\bar{K}_j$ . Для решения выше перечисленных задач OEM на каждом  $t$ -м подпериоде имеет свои собственные базовые финансовые ресурсы  $\bar{R}^t$ . Как для первого и второго уровней иерархии вводятся управляющие дискретные переменные  $\bar{x}_{kl}^t$  соответствующие  $\alpha$ -варианту вклада ресурсов на  $t$ -м подпериоде планирования при условии

$$\bar{x}_{ka}^t \in \{0,1\}, \sum_{a \in \bar{A}_k} \bar{x}_{ka}^t = 1,$$

где  $\bar{A}_k$  – множество вариантов вклада ресурсов.

Исходя из введенных управляющих и координирующих переменных и понятия базовых финансовых ресурсов на  $t$ -м подпериоде планирования записываются ограничения, которые связывают между собой локальные задачи различных уровней иерархии.

На третьем уровне иерархии управления (уровень OEM)

$$\sum_{k=3}^4 \sum_{l \in P_k} z_{kl}^t + \sum_{k=1}^2 \bar{z}_k^t + \sum_{j \in \bar{J}} \sum_{k \in \bar{K}_j} \sum_{a \in \bar{A}_k} \bar{\delta}_a \bar{x}_{ka}^t \leq \bar{R}^t.$$

На втором уровне иерархии управления (уровень 4PL и LLP системных интеграторов)

$$\sum_{l \in P_1} y_{1l}^t \leq \bar{z}_1^t,$$

$$\sum_{l \in P_2} y_{2l}^t + \sum_{j \in J} \sum_{k \in K_j} \sum_{u \in A_k} \bar{\delta}_\alpha \bar{x}_{ku}^t \leq \bar{R}^t + \bar{z}_2^t.$$

На первом уровне иерархии управления (уровень ФП и ЗРЛ провайдеров)

$$\sum_{j \in J_1} \sum_{k \in K_j} \sum_{u \in A_k} \delta_\alpha x_{ku}^t \leq R_{sl}^t + y_{sl}^t, l \in P_s, s = 1, 2,$$

$$\sum_{j \in J_1} \sum_{k \in K_j} \sum_{u \in A_k} \delta_\alpha x_{ku}^t \leq R_{sl}^t + z_{sl}^t, l \in P_s, s = 3, 4$$

при условии, что  $R_{sl}^t = 0, l \in P_s, s = 2, 3$ . Параметры  $\delta_\alpha, \bar{\delta}_\alpha, \bar{\bar{\delta}}_\alpha$  определяют  $\alpha$ -вариант коррекции ключевых показателей эффективности, соответственно, на первом, втором и третьем уровнях иерархической системы организационного управления.

**Выводы.** Результаты исследований, приведенных выше, являются основой для формирования моделей и алгоритмов координации трехуровневой системы организационного управления распределенной логистической системой дистрибуции. Исходя из этого дальнейшие исследования будут посвящены решению следующих вопросов.

1. Формирование критериев функционирования отдельных участников логистической сети на различных уровнях иерархии управления.

2. Синтез локальных моделей и моделей межорганизационной и межфункциональной координации двухуровневых иерархических систем.

3. Формирование моделей и алгоритмов горизонтальной и вертикальной координации распределенных локальных задач.

4. Разработка технологии распределенного организационного управления на примере трехуровневой иерархической системы.

**Список литературы:** 1. Мировая экономика : под. ред. проф. А. С. Булатова – М. : Экономистъ, 2003. – 734 с. 2. Цвиркун А. Д. Оптимизация развития структур крупномасштабных систем (на примере энергетических систем) / А. Д. Цвиркун, В. К. Акинфиев //

М.: АН СССР. Институт проблем управления, 1987. – 52 с. 3. Росс С. И. Математическое моделирование и исследование национальной экономики / С. И. Росс. – СПб. : Изд-во СПб ГУ ИТМО, 2006. – 74 с. 4. Петров Э. Г. Территориально распределенные системы обслуживания / Э. Г. Петров, В. П. Писклакова, В. В. Бескоровайный. – К. : Техника, 1992. – 208 с. 5. Поспелов Г. С. Процедуры и алгоритмы формирования комплексных программ / Г. С. Поспелов, В. А. Ириков, А. Е. Курилов. – М. : Наука, 1985. – 424 с. 6. Годлевский М. Д. Технология формирования системы организационного управления логистикой дистрибуции при стратегическом планировании / М. Д. Годлевский, А. А. Станкевич, И. М. Годлевский // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – X. : Технологический центр, 2012. – № 4/3 (58). – С. 17–21. 7. Годлевский М. Д. Управление развитием иерархических распределенных систем (на примере транспорта) // Проблемы управления и информатики. – 1995. – № 5. – С. 99–115. 8. Михалевиц В. С. Вычислительные методы исследования и проектирования сложных систем / В. С. Михалевиц, В. Л. Волкович. – М. : Наука, 1982. – 286 с. 9. Годлевский М. Д. Классификация иерархических систем управления и координации бизнес-процессов цепочек поставок / М. Д. Годлевский, А. А. Станкевич // Вісник НТУ «ХП». – 2010. – № 9. – С. 18–23.

**Bibliography (transliterated):** 1. Mirovaja jekonomika. Ed. A. S. Bulatova. M. : Jekonomist#, 2003. 734. Print. 2. Cvirkun, A. D. and V. K. Akinfiev. "Optimizacija razvitija struktur krupnomashtabnyh sistem (na primere jenergeticheskijh sistem)". M.: AN SSSR. Institut problem upravlenija. 1987. 52. Print. 3. Ross, S. I. "Matematicheskoe modelirovanie i issledovanie nacional'noj jekonomiki". SPb. : Izd-vo SPb GU ITMO, 2006. 74. Print. 4. Petrov, Je. G., V. P. Pisklakova and V. V. Beskorovajnyj. "Territorial'no raspredeleennyje sistemy obsluzhivanija". K. : Tehnika, 1992. 208. Print. 5. Pospelov, G. S., V. A. Irikov and A. E. Kurilov. "Procedury i algoritmy formirovanija kompleksnyh programm". M. : Nauka, 1985. 424. Print. 6. Godlevskij, M. D., A. A. Stankevich and I. M. Godlevskij. "Tehnologija formirovanija sistemy organizacionnogo upravlenija logistikoj distrib'ucii pri strategicheskom planirovanii". Vostochno-Evropeskij zhurnal peredovyh tehnologij. – Kh. : Tehnologicheskij centr, 2012. № 4/3 (58). 17–21. Print. 7. Godlevskij, M. D. "Upravlenie razvitiem ierarhicheskijh raspredeleennyh sistem (na primere transporta)". Problemy upravlenija i informatiki. 1995. № 5. 99–115. Print. 8. Mihalevich, V. S. and V. L. Volkovich. "Vychislitel'nye metody issledovanija i proektirovanija slozhnyh sistem". M. : Nauka, 1982. 286. Print. 9. Godlevskij, M. D. and A. A. Stankevich. "Klassifikacija ierarhicheskijh sistem upravlenija i koordinacii biznes-processov cepochek postavok". Visnyk NTU "KhPI". 2010. № 9. 18–23. Print.

Поступила (received) 15.12.2015

**Куценко Александр Сергеевич** – доктор технических наук, профессор, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», заведующий кафедрой системного анализа и управления; тел.: (057) 707-61-03; e-mail: Kuzenko@kpi.kharkov.ua.

**Kutsenko Oleksandr Serhiyovych** – Doctor of Technical Sciences, Full Professor, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Head the Department of Department of Analysis of the Systems and Control; тел.: (057) 707-61-03; e-mail: Kuzenko@kpi.kharkov.ua.

**Годлевский Игорь Михайлович** – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», ассистент кафедры системного анализа и управления; тел.: (097) 305-00-50; e-mail: igorgodlevskiy@gmail.com.

**Godlevskiy Igor Myhailovych** – National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", assistant the Department of Department of Analysis of the Systems and Control; тел.: (097) 305-00-50; e-mail: igorgodlevskiy@gmail.com.