

**МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ ЛОГИСТИЧЕСКИМИ ЦЕПЯМИ
НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

**Д. А. Иванов, Цшорн Ларс, Кэшель Йоахим (Хемниц, Германия),
Б. В. Соколов, А. В. Архипов (Санкт-Петербург)**

Введение. Collaborate to compete – взаимодействовать, чтобы конкурировать – именно этот принцип обуславливает значительные изменения в подходах к организации и управлению бизнесом. Эти изменения, прежде всего, связаны с появлением новых форм конкурентной борьбы, основанных на стратегическом **взаимодействии** (collaboration) предприятий. Вместе с тем, современный этап экономического развития характеризуется все большим проникновением **информационных технологий** в бизнес. На принципах взаимодействия и синхронизации основных бизнес-процессов на основе единых информационных каналов с поставщиками и клиентами по всей логистической цепи (ЛЦ) базируется и стремительно развивающаяся концепция **Supply Chain Management (SCM) – управление ЛЦ** [1–4].

Вместе с тем, на практике и в теории концепции SCM следует констатировать отсутствие комплексного подхода к формальному описанию и исследованию сложных распределенных производственно-логистических систем. В связи с этим возникает потребность в теоретическом осмыслении междисциплинарных проблем организации и управления ЛЦ. Разработка теоретических основ управления ЛЦ предполагает выработку **единых методологических основ** организации и управления сложными кооперационными межфирменными сетевыми структурами, классификацию объектов и т.д., **постановку и формализацию задач** управления ЛЦ, а также разработку **комбинированных методов и алгоритмов моделирования** и оптимизации производственно-логистических сетей с учетом их особенностей. Именно проблематика разработки комплексной методологии моделирования ЛЦ и ее реализации с использованием соответствующих инструментальных средств и определила содержание предлагаемого доклада.

1. Задача планирования и оперативного управления ЛЦ. Рассмотрим концептуальную постановку задачи планирования и управления логистическими цепями применительно к производственно-логистическим сетям (ПЛС) [5, 6]. ПЛС состоит из множества предприятий-изготовителей, поставщиков сырья и материалов, складских терминалов, транспортных фирм, которые обладают определенными функциональными возможностями (*компетенциями*). В каждый момент времени в ПЛС имеется несколько претендентов на каждую из работ. Основными этапами *технологии управления ЛЦ в ПЛС* являются: планирование, мониторинг и регулирование (реконфигурирование). **Задача планирования работ** в ПЛС (задача формирования ЛЦ) состоит в выборе на данном множестве альтернатив наилучшей конфигурации ЛЦ с учетом параметров заказов клиентов (сроки поставок, цены, количество, технология изготовления и т.д.), а также характеристик доступных в данный момент времени компетенций предприятий (производственные мощности, затраты и т.д.). **Задача оперативного управления ЛЦ** состоит в мониторинге бизнес-процессов и их регулировании (реконфигурировании ЛЦ) в случае недопустимых отклонений от плановых состояний в результате воздействия возмущающих факторов.

Отличие задач управления ЛЦ от задач теории расписаний и теории массового обслуживания состоит, прежде всего, в высоком уровне неопределенности, сочетании централизованного и децентрализованного управления, большом числе неконтролируемых факторов, жестких трудно формализуемых целях и ограничениях, изменении свойств ПЛС в процессе принятия решений, *активности элементов* ПЛС. В связи с этим возможности использования классических моделей и алгоритмов планирования и

управления производством для решения задач моделирования ЛЦ представляются достаточно ограниченными в силу высокой степени жесткости этих моделей, недостаточным учетом активности элементов системы и факторов неопределенности. В последние годы вопросы разработки моделей и алгоритмов планирования и управления ЛЦ приобретают все большее значение [1,3,4,5]. В этих исследованиях, однако, основное внимание было уделено технико-информационным аспектам функционирования ПЛС. При этом структурная и функциональная стадии синтеза ЛЦ в ПЛС, а также задачи планирования и управления рассматривались отдельно, на основе различных, методологически не связанных друг с другом методов и моделей. Однако по своему содержанию модели планирования, мониторинга и регулирования ЛЦ *тесно взаимосвязаны*. Кроме того, ЛЦ сложный объект планирования и управления, как показали исследования, должен описываться с помощью *нескольких классов моделей*.

Тенденцией в разработке математических методов и моделей для SCM является разработка фундаментального подхода к решению задач моделирования и управления ЛЦ. Подобный подход должен иметь междисциплинарный характер и базироваться на концепциях классической теории управления, исследования операций, теории систем, сценарного подхода с концепциями распределенного искусственного интеллекта (мультиагентных систем), нечеткой логики и эволюционных эвристических методов. Учитывая тесную взаимосвязь всех этапов технологии управления ЛЦ, необходимо создание единой методологической базы комплексного анализа и моделирования сложных производственно-логистических систем, обеспечивающей согласование моделей планирования и управления ЛЦ, а также адаптацию соответствующих моделей к изменяющимся условиям функционирования ЛЦ в динамике.

2. Методология комплексного моделирования логистических цепей. Новизна предлагаемого подхода к моделированию ЛЦ состоит в объединении концепций аналитико-имитационного и мультиагентного подходов к описанию и исследованию рассматриваемых объектов. При этом [1, 5] в состав создаваемой имитационной системы, предназначенной для комплексного моделирования логистических цепей, предлагается включить:

- *мультиагентную систему (МАС)*, используемую для описания исследуемой предметной области как на концептуальном, так и программно-информационном уровнях представления знаний;
- *полиmodelьные комплексы*, позволяющие осуществлять постановку и решение задач структурно-функционального синтеза ЛЦ на различных этапах их жизненного цикла;
- *комбинированные методы, алгоритмы, методики и инструментальные средства поддержки процессов адаптивного планирования и управления ЛЦ*, с помощью которых осуществляется автоматизация принятия решений при комплексном моделировании указанных цепей.

Исходным пунктом моделирования ЛЦ является описание элементов и структур ПЛС. Совместное решение задач планирования модернизации и функционирования ЛЦ требует построения соответствующего полиmodelьного комплекса, описывающего все основные аспекты исследуемых процессов, а также разработку комбинированных методов, алгоритмов и методик многокритериального полиmodelьного синтеза программ управления планирования и функционированием ЛЦ. Масштабность и сложность исследуемых задач требует обоснованного выбора соответствующей методологии их решения. По нашему мнению, она должна базироваться на методологиях обобщенного системного анализа, современной теории управления и МАС. В рамках данных методологий на основе гармоничного сочетания формально-математических и логико-

эвристических методов осуществляется конструктивное решение разнородных задач анализа и синтеза ЛЦ на различных этапах их жизненного цикла.

Использование методологии МАС позволяет описать элементы организационного графа (предприятия, компетенции) в качестве **активных элементов**, а также построить модель взаимодействия агентов (предприятий). В развиваемом в данном докладе подходе предлагается рассматривать агентов не только с позиций компьютерного моделирования, но и с общесистемных методологических позиций в качестве *концептуальных носителей модели*. Это означает, что агенты являются не только средством реализации программного обеспечения, но и выступают в роли элементов концептуального и математического моделирования. Это позволяет создать единую методологическую основу анализа и моделирования открытых экономических систем с активными элементами. МАС в подобной постановке состоит из трех основных уровней: концептуальное моделирование в терминах МАС, математическое моделирование на основе комбинирования МАС и классических теорий, МАС как программный модуль имитационного моделирования ПЛС.

В *полимодельных комплексах* отдельные элементы и функции исследуемого объекта описываются с помощью различных классов моделей на определенном уровне детализации. Координированное применение различных моделей позволяет повысить качество моделирования за счет компенсирования недостатков одних моделей достоинствами других моделей. При этом предлагаются различные технологии согласования (координации) разнородных моделей. Полимодельные комплексы позволяют реализовать концепцию «виртуального моделирования», основанную на возможности постановки проблемы, решения задачи и представления результатов моделирования в различных классах моделей, выбираемых в соответствии с целями и задачами моделирования, характером и структурой исходных данных и т.д [7, 8].

Предлагаемые в докладе технологии адаптивного планирования базируются на работах [7, 8]. Это позволяет комплексно рассматривать этапы планирования и оперативного управления ЛЦ, а также адаптировать соответствующие модели к текущим условиям функционирования ЛЦ, например, путем изменения принципов выбора партнеров в ЛЦ, структуры алгоритма планирования, параметров и критериев модели планирования и т.д.

После комплексного описания ПЛС необходимо перейти к рассмотрению факторов и условий планирования функционирования ЛЦ. Основой планирования и управления ЛЦ является определение целевых критериев, т.е. постановка **многокритериальной задачи** и определение методов ее решения [1, 8]. Особенностью данной проблематики применительно к ПЛС является необходимость балансировки общесистемных критериев (параметров заказов клиентов, показателей прибыли и рентабельности и т.д.) и локальных критериев предприятий. Другой важной составляющей описания факторов и условий планирования функционирования ЛЦ является комплексный анализ **факторов неопределенности** и их интеграция в модели и алгоритмы планирования и управления ЛЦ. Далее необходимо разработать собственно алгоритмы планирования ЛЦ [7]. Результатом этапа планирования является полное конфигурирование ЛЦ (т.е. формирование ее функционально-организационной структуры, информационной структуры, определение сроков старта и окончания работ, построение сценариев функционирования и регулирования ЛЦ).

Модель оперативного управления ЛЦ базируется на моделях мониторинга и регулирования ЛЦ [1, 7, 8]. Учитывая, что функционирование ЛЦ является чрезвычайно динамичным процессом, сопровождающимся структурной динамикой, активностью элементов сети и значительной неопределенностью, фаза управления приобретает особое значение. Тесная взаимообусловленность и рефлексия моделей планирования и

управления ЛЦ обуславливает необходимость формулирования соответствующих моделей на единой методологической основе для обеспечения адекватности моделей текущим условиям функционирования ЛЦ.

3. Инструментальные средства моделирования ЛЦ. Основными инструментальными средствами моделирования ЛЦ являются:

- APS-системы (Advanced Planning Systems), предназначенные для оптимизации процессов планирования, в том числе межпроизводственном уровне;
- SCM-системы (Supply Chain Management – управление логистическими цепями).

В основе APS-систем используется модель ЛЦ, с помощью которой становится возможным осуществлять оперативное планирование потребностей и загрузку мощностей. С помощью процедуры оперативного планирования осуществляется синхронизация процессов планирования в ЛЦ, в результате чего достигается высокая надежность сроков поставки, точное выполнение производственных заказов, снижение складских запасов, сокращение производственного цикла и оценка результатов планирования. Как правило, APS-системы получают данные из ERP-системы и поэтому применяются совместно с ней. Содержащиеся в ERP-системе основные данные и данные планирования, времени пополнения запасов, информация о производственных мощностях являются отправным пунктом для того, чтобы осуществлять комплексный процесс планирования в логистической цепи. APS-системы не заменяют ERP-системы, а дополняют их функциональность в области оптимизации производственных процессов. Интегрируя данные из ERP-системы, APS-системы фактически образуют новый уровень планирования и управления производством. Примером APS-системы может служить разработка SAP APO (Advanced Planner and Optimizer), использующая, в частности, генетические алгоритмы для оптимизации выполнения производственной программы. В APS-системах возможен выбор между различными алгоритмами для оптимального решения проблемы планирования. Другой их функциональностью является возможность построения сценариев и «проигрывание» ситуации по принципу «что было бы, если ...». В настоящее время происходит также расширение функциональности самих APS-систем в направлении их интеграции с системами SCM и e-Commerce.

Философия планирования, заложенная в программных решениях SCM (Supply Chain Management), заключается в том, что на их основе можно осуществлять оперативные процессы планирования и управления ЛЦ. Осуществляемые на каждой ступени ЛЦ процедуры планирования в приложениях SCM не разделены по отдельности и составляют систему планов. Так как быстрые изменения в ЛЦ требуют внесение оперативных изменений в планы многих участвующих в цепи предприятий, то перепланирование может быть оптимальным при наличии единой информационной инфраструктуры. Планирование и управление в рамках SCM-системы ориентировано на охват различных горизонтов планирования и интеграцию планов по материалам и производственным мощностям. Горизонты планирования объединяют стратегическое планирование длительностью в один год и оперативное планирование производства и сбыта с длительностью периода планирования, составляющей от недели до нескольких месяцев с точностью до почасового планирования и управления.

В докладе приводятся примеры реализации предлагаемой методологии комплексного моделирования процессов управления ЛЦ с использованием разработанных прототипов программного обеспечения.

Выводы

1. Тенденцией в разработке математических методов и моделей для SCM является разработка фундаментального подхода к решению задач моделирования и управления ЛЦ, который должен иметь междисциплинарный характер, интегрирующий положения классической теории управления, исследования операций, теории систем, сценарного подхода с концепциями распределенного искусственного интеллекта (мультиагентных систем), нечеткой логики и эволюционных эвристических методов.

2. Представленная в докладе методология комплексного моделирования ЛЦ позволяет сформировать системный подход к построению систем имитационного моделирования ЛЦ на базе программных решений систем классов APS/SCM с учетом особенностей сложных распределенных производственно-логистических систем.

Данная работа была выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 05-07-90088), Института системного анализа РАН (проект О-2.5/03), CRDF (RUM-1554-ST-05).

Литература

1. **Ivanov D., Käschel, J., Arkhipov A., Sokolov B., Zschorn L.** Quantitative Models of Collaborative Networks//Collaborative Networks and Breeding Environments, edited by L.Camarihna-Matos, Springer, 2005.
2. **Kuhn A. and Hellgrath B.** Supply Chain Management: Optimierte Zusammenarbeit in der Wertschoepfungskette. – Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 2002.
3. **Stadtler H., Kilger C.** (Hrsg.). Supply chain management and advanced planning: Concepts, models, software and case studies. – Berlin u.a.: Springer, 2000.
4. Supply Chain Management: Design, Coordination and Operation, edited by de Kok A.G. and Graves S.C., Elsevier, 2004. – 752 pp.
5. **Иванов Д.А.** Логистика. Стратегическая кооперация. Издательство «Вершина», 2005.
6. **Сергеев В.И.** Управление цепями поставок в России: миф или реальность?//Логистика и управления цепями поставок. – 2004. – № 1. – С. 14–33.
7. **Скурихин В.И., Забродский В.А., Копейченко Ю.В.** Адаптивные системы управления машиностроительным производством. – М.: Машиностроение, 1989. – 207 с.
8. **Соколов Б. В., Юсупов Р.М.** Концептуальные основы оценивания и анализа качества моделей и полимодельных комплексов//Теория и системы управления. – 2004. – № 6. – С. 5–16.