

VII. Deutsch-Russischer Logistik- und SCM Workshop  
DR-LOG'12

St. Petersburg, 16.-19. Mai 2012



VII. Российско-Немецкая конференция по логистике  
и SCM DR-LOG'12

Санкт-Петербург, 16-19 мая 2012

**Спонсоры / Sponsoren**



**Flexibility and adaptability of global supply chains:** Tagungsband des 7. Deutsch-Russischen Logistik Workshop, Hrsg.: Ivanov D., Sokolov B., Kaeschel J. Sankt Petersburg, 2012, 480 Seiten.

**Гибкость и адаптивность глобальных цепей поставок:** Материалы Седьмой Российско-Немецкой конференции по логистике, под ред. Иванова Д.А., Соколова Б.В., Кэшеля Й. Санкт-Петербург, 2012, 480 с.

Председатель DR-LOG: проф., д.э.н. Дмитрий Александрович Иванов (Берлин)  
Председатель Национального Оргкомитета DR-LOG 2012: проф., д.т.н. Борис Владимирович Соколов (Санкт-Петербург)

DR-LOG Chair: Prof. Dr. Dmitry Ivanov (Berlin)  
Chair National Committee DR-LOG 2012: Prof. Dr.-Ing. Boris Sokolov (St. Petersburg)

#### DR-LOG 2012 Programmkomitee

Prof. Dr. B. Anikin (Moskau)	Prof. Dr.-Ing. K. Mertins (Berlin)
Prof. Dr.-Ing. A. Archipow (St. Petersburg)	Prof. Dr.-Ing. L. Mirotin (Moskau)
Prof. Dr. A. Butrin (Tschelyabinsk)	Prof. Dr.-Ing. E. Müller (Chemnitz)
Prof. Dr. J. Daduna (Berlin)	Prof. Dr. A. Nekrasow (Moskau)
Prof. Dr.-Ing. W. Dangelmaier (Paderborn)	Prof. Dr.-Ing. P. Nyhuis (Hannover)
Prof. Dr. h.c. W. Domschke (Darmstadt)	Prof. Dr. G. Prause (Wismar)
Prof. Dr. V. Dybskaya (Moskau)	Prof. Dr. T. Prokofjewa (Moskau)
Prof. Dr. R. Elbert (Darmstadt)	Prof. Dr. O. Protsenko (Moskau)
Prof. Dr. Y. Fedotov (St. Petersburg)	Prof. Dr. K. Richter (St. Petersburg)
Prof. Dr. V. Gerami (Moskau)	Prof. Dr.-Ing. M. Schenk (Magdeburg)
Prof. Dr. H.-D. Haasis (Bremen)	Prof. Dr. V. Sergeev (Moskau)
Prof. Dr. D. Ivanov (Berlin)	Prof. Dr. W. Scherbakow (St. Petersburg)
Prof. Dr. J. Käschel (Chemnitz)	Prof. Dr.-Ing. A. Smirnov (St. Petersburg)
Prof. Dr. h.c. W. Kersten (Hamburg)	Prof. Dr.-Ing. B. Sokolow (St. Petersburg)
Prof. Dr. P. Klaus (Nürnberg)	Prof. Dr.-Ing. B. Scholz-Reiter (Bremen)
Prof. Dr. P. Köchel (Chemnitz)	Prof. Dr. T. Spengler (Braunschweig)
Prof. Dr.-Ing. H. Kopfer (Bremen)	Prof. Dr. H. Stadler (Hamburg)
Prof. Dr. E. Korolewa (St. Petersburg)	Prof. Dr.-Ing. F. Straube (Berlin)
Prof. Dr. E. Korovyakovskiy (St. Petersburg)	Prof. Dr. T. Teich (Zwickau)
Prof. Dr. A. Kuhn (Dortmund)	Prof. Dr. J. Tolujew (Magdeburg)
Prof. Dr. V. Kurganov (Tver)	Prof. Dr. S. Uwarow (St. Petersburg)
Prof. Dr.-Ing. R. Lackes (Dortmund)	Prof. Dr. S. Voss (Hamburg)
Prof. Dr. A. Madera (Moskau)	Prof. Dr. E. Zaizew (St. Petersburg)
Prof. Dr.-Ing. U. Meinberg (Cottbus)	Prof. Dr. V. Zakharov (St. Petersburg)

ISBN

© Иванов Д.А., Соколов Б.В., Кэшель Й, научное редактирование, 2012  
Ivanov D., Sokolov B., Kaeschel J., Editors, 2012

*Editors:*  
Dmitry Ivanov,  
Boris Sokolov,  
Joachim Käschel

# **FLEXIBILITY AND ADAPTABILITY OF GLOBAL SUPPLY CHAINS**

Proceedings of the 7<sup>th</sup> German-Russian Logistics Workshop  
DR-LOG 2012

Saint Petersburg  
2012

*Под научной редакцией:*

Иванов Д.А.,  
Соколов Б.В.,  
Кэшель Й.

# **ГИБКОСТЬ И АДАПТИВНОСТЬ ГЛОБАЛЬНЫХ ЦЕПЕЙ ПОСТАВОК**

Сборник статей Седьмой Российско-Немецкой конференции  
по логистике и SCM DR-LOG 2012

Санкт-Петербург  
2012

# METHODOLOGY AND TECHNIQUE OF STRUCTURE-FUNCTIONAL SYNTHESIS AND DEVELOPMENT MANAGEMENT FOR DISASTER-TOLERANT TRANSPORT-LOGISTIC AND INFORMATION SYSTEMS

B.V. Sokolov<sup>1</sup>, S.A. Potryasaev<sup>1</sup>, V.A. Zelentsov<sup>1</sup>, D.A. Ivanov<sup>2</sup>, Yu.A. Merkurjev<sup>3</sup>

*1 - St.Petersburg Institute for Informatics and Automation*

*2 - Berlin School of Economics and Law*

*3 - Department of Modelling and Simulation (Riga, Latvia)*

*sokol@iias.spb.su*

В докладе рассматриваются методологические и методические основы формализации и решения проблемы структурно-функционального синтеза и управления развитием катастрофоустойчивых транспортно-логистических и информационных систем. Конструктивность полученных результатов подтверждается машинными экспериментами с разработанными прототипами программного обеспечения

Methodological and technical basics of formalization and decision for structure- functional synthesis and development management disaster transport-logistic and information systems are proposed in the paper. Constructive of suggested approach is illustrated with the help of software prototype.

## **1. АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОВЕДЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ФОРМУЛИРОВКА РЕШАЕМОЙ ПРОБЛЕМЫ**

Анализ существующих и прогнозируемых кризисных и чрезвычайных ситуаций, повсеместно возникающих в настоящее время в различных предметных областях, показывает, что они перестают быть отраслевыми, а перерастают в аварии и катастрофы, имеющие уже межотраслевой характер. В этих условиях постановка и решение научно-технической проблемы многокритериального анализа, структурно-функционального синтеза и управления совместным развитием катастрофоустойчивых транспортно-логистических процессов и систем (ТЛП/ТЛС), а также информационных систем (КАИС), обеспечивающих их функционирование, является весьма *актуальной* [1–3].

При этом под *катастрофоустойчивостью ТЛС и ИС* понимается способность указанных систем сохранять, реализовывать и восстанавливать свои возможности (свои основные функции), а также критически важную информацию после массового (возможно, целенаправленного) уничтожения их компонентов в результате различных

катаклизмов как природно-техногенного характера, так и инспирированных человеком [1, 4–5].

Таким образом, катастрофоустойчивость ТЛС и ИС предполагает в первую очередь обеспечение сохранности информации и данных, а также возможность восстановления их функционирования после крупной аварии или глобального катаклизма, причем теми же аппаратно-программными средствами должна обеспечиваться и должная степень надежности (традиционная, «локальная», отказоустойчивость) всех или критически важных подсистем, входящих в состав ТЛС и ИС. Поскольку компоненты рассматриваемых систем распределены в пространстве, то в случае массовых отказов на одной территории (площадке) основную работу следует перенести на другую территорию (площадку). Но для этого должно проводиться предварительное комплексное планирование соответствующих мероприятий и операций.

Перечисленные особенности катастрофоустойчивых ТЛС и КАИС приводят к необходимости с принципиально новых позиций подходить к решению проблем создания, применения и развития *сложных организационно-технических систем (СОТС)* указанного класса.

Традиционно для принятия решения на проведение модернизации КАИС необходимо решить следующие задачи: синтез облика модернизируемой КАИС (ищется ответ на вопрос — что и когда надо модернизировать); определение срока (момента времени), к которому надо завершить модернизацию; синтез технологии модернизации (ищется ответ на вопрос — в какой последовательности надо проводить модернизацию); синтез плана проведения модернизации.

Особую сложность данные задачи приобретают в том случае, когда наряду с модернизацией КАИС приходится одновременно модернизировать соответствующую *транспортно-логистическую систему (ТЛС)*. Необходимость данной модернизации вызывается в современных условиях различными причинами, в том числе, повсеместным внедрением в ТЛС технологий радиочастотной идентификации (RFID-технологий) и мобильных информационных технологий для повышения качества транспортного обслуживания клиентов при организации интермодальных перевозок.

Анализ современного состояния мировой экономики показывает, что она характеризуется частой сменой спроса на ресурсы, что оказывает определенное давление на производителей, которые поставляют свои товары в разные части света. В будущем для того, чтобы справиться со стремительными изменениями в спросе и предложении, *возможности транспортировки* будут рассматриваться как предмет потребления. Поставщики деталей и транспортных услуг будут вынуждены торговать опционами и заключать фьючерсные сделки.

При реализации технологии радиочастотной идентификации (RFID-технологии) и мобильных информационных технологий возможный будущий сценарий развития событий в указанных перспективных логистических сетях будет включать в себя следующую последовательность действий. После получения опционов на транспортировку, поставщик должен послать поток Интеллектуальных Посылок (посылок с интеллектуальными электронными знаками, каждый из которых содержит простого интеллектуального агента, встроенного в чип, имплантированный в упаковочный материал) в будущий Центр Всемирной сети логистики (GLN). Каждый посланный агент имеет знания о месте своего назначения, ожидаемом времени прибытия, пути следования, условиях складирования и эксплуатации, весе и размерах. Каждый Центр GLN (склады, транспорт) будет иметь своих собственных агентов, способных общаться с вверенными им интеллектуальными агентами.

При прохождении через GLN сведения о местоположении и состоянии Посылки будут регулярно обновляться через Интернет в соответствии с изменением места их назначения и времени прибытия. Как только становится известно новое место назначения, агенты в Посылках и агенты Центров GLN начинают вести “переговоры” по поводу новых путей следования по Сети — индивидуально для каждой Посылки. В случае необходимости агенты в Посылках будут покупать новые транспортные опционы для продолжения своего путешествия. Предполагается, что агенты будут способны реализовывать перечисленные взаимодействия без обращения к поставщикам Посылок.

Этот сценарий демонстрирует возможные перспективы развития в XXI веке изначально распределенной, самоорганизующейся системы логистики, обеспечивающей снижение временных и материальных транспортных расходов.

Таким образом, в настоящее время особую значимость приобретает проблема формирования научно-методологических основ и разработки соответствующего обеспечения (моделей, методов, алгоритмов, программ) комплексного решения задач проектирования, создания, внедрения и управления совместным развитием катастрофоустойчивых транспортно-логистических и информационных систем (КТЛС и КАИС).

## **2. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СИНТЕЗА И УПРАВЛЕНИЯ СОВМЕСТНЫМ РАЗВИТИЕМ КТЛС И КАИС**

Необходимость *научно-методологической проработки* проблем многокритериального структурно-функционального анализа и синтеза (конфигурирования и реконфигурирования) рассматриваемых систем

обусловлена особенностями самой природы КТЛС и КАИС, сложностью их анализа и моделирования: Данные особенности, в первую очередь, связаны с тем, что КТЛС и КАИС функционируют в условиях ярко выраженной неопределенности поведения внутренних и внешних объектов и факторов, анализ и формализация которых представляют самостоятельную проблему. Также КТЛС и КАИС ЛС имеют высокую динамику изменений пространственно-временной структуры и состава (меняются продукция, поставщики, производители, грузоперевозчики, потребители, их географическое положение, условия их взаимоотношений и т. п.); функционируют в условиях жестких ресурсных ограничений, возрастающей скорости материальных, транспортных и финансовых потоков. Кроме того, в рамках КТЛС и КАИС решения принимаются каждым субъектом хозяйствования самостоятельно, при этом они имеют разнородные и даже антагонистические интересы (исполнитель и заказчик одновременно стремятся максимизировать свою прибыль от совместной сделки, в том числе и за счет своего партнера); затруднены возможности оперативного получения информации о логистических процессах и обеспечения требуемой степени ее полноты и достоверности (разнородная техническая и программная оснащенность средствами обработки информации, ограничения, вызванные необходимостью соблюдения конфиденциальности коммерческой информации, высокая степень зависимости свойств получаемой информации от квалификации и мотиваций персонала).

В настоящее время существует *множество частных подходов к формализации и исследованию проблем анализа и синтеза (проблем конфигурирования) КТЛС и КАИС*. Данные подходы, как правило, базируются на количественных моделях, описывающих рассматриваемую проблемную область. К указанным моделям, в первую очередь, могут быть отнесены модели, используемые в исследовании операций, теории управления запасами, математической статистики. Однако, как показывает анализ, решение реальных задач конфигурирования КТЛС и КАИС, возникающих на практике, базируется в большей степени на разнородных и распределенных декларативных и процедуральных знаниях, и главная проблема, связанная со структурно-функциональным синтезом облика КТЛС и КАИС, состоит как раз в интеграции указанных знаний как на уровне бизнес-процессов, так и на уровнях соответствующих приложений и аппаратно-программных платформ с использованием современных интеллектуальных информационных технологий и инструментальных средств.

В ходе проведенных за последние пять лет комплексных исследований по рассматриваемой научно-технической проблеме [1, 3–5] были поставлены и решены следующие *основные задачи*:



- выполнен системный анализ современных подходов к решению проблем анализа и синтеза (конфигурирования) интеллектуальных технологий и систем управления логистическими сетями в различных предметных областях;
- разработаны требования к облику перспективных интеллектуальных систем управления логистическими сетями;
- разработана концептуальную модель процессов создания и развития перспективных КТЛС и КАИС;
- разработаны и обоснованы методологические основы (принципы, концепции, способы, подходы) решения проблем конфигурирования интеллектуальных технологий и систем управления КТЛС и КАИС;
- обоснован облик модельно-алгоритмического и информационного обеспечения ТЛС и КАИС;
- разработаны аппаратно-программные средства и соответствующий стенд для моделирования и исследования возможностей технологий радиочастотной идентификации и мобильных информационных технологий в КТЛС и КАИС;
- разработаны предложения по этапам создания и развития интеллектуальных технологий и систем управления КТЛС и КАИС.

Разработанные в ходе выполненных исследований методологические основы решения проблем структурно-функционального синтеза и управления совместным развитием катастрофоустойчивых транспортно-логистических и информационных систем базировались на результатах, полученных к настоящему времени в обобщенном системном анализе и современной теории управления сложными организационно-техническими системами (СОТС) с перестраиваемыми структурами, и нашли свое конкретное отражение в соответствующих принципах [3–5].

К ним относятся: принцип программно-целевого управления, принцип внешнего дополнения, принцип необходимого разнообразия, принципы полимодельности и многокритериальности, принцип новых задач. Динамическая интерпретация процессов управления структурной динамикой КТЛС и КАИС позволила при комплексном анализе указанных систем во всей полноте использовать результаты, ранее полученные в теории устойчивости и чувствительности динамических систем.

При полимодельном описании процессов управления структурной динамикой КТЛС и КАИС нами использовались технологии комплексного моделирования и концепции, положенные в основу построения имитационных систем. Имитационная система (ИМС), при этом, рассматривалась как специально организованный программно-алгоритмический комплекс, включающий в себя:

- имитационные модели (иерархию моделей),
- аналитические модели (иерархию моделей), дающих упрощенное (агрегированное) описание изучаемых объектов,
- информационную подсистему, включающую в себя базы данных (а в перспективе и базы знаний),
- систему управления и сопряжения, обеспечивающую всех компонент ИмС и работу пользователем (ЛПР) в интерактивном режиме.

В ходе выполненных исследований была предложена **оригинальный обобщенный подход и соответствующие методики** решения рассматриваемой научно-технической проблемы совместного многокритериального структурно-функционального анализа и синтеза облика катастрофоустойчивых транспортно-логистических и информационных систем (КТЛС и КАИС) в условиях возможной деградации структур указанных системы на различных этапах их жизненного цикла, которые предполагают реализацию двух основных фаз. На *первой фазе* должно осуществляться формирование (генерирование) допустимых вариантов многоструктурных макросостояний КТЛС и КАИС или, говоря другими словами, оперативный структурно-функциональный синтез нового облика КТЛС и КАИС, соответствующего складывающейся (прогнозируемой) обстановке, связанной с возможной деградацией их структур.

На *второй фазе* проводится выбор конкретного варианта многоструктурного макросостояния КТЛС и КАИС с одновременным синтезом (построением) и реализацией адаптивных планов (программ) управления переходом КТЛС и КАИС из текущего в требуемое (выбранное) многоструктурное макросостояние.

Главное достоинство данной методики состоит в том, что решение всех перечисленных задач управления структурной динамикой (УСД) КТЛС и КАИС осуществляется на единой методологической и методической основе, базирующейся на комбинированном использовании новых научных и практических результатах, полученных в современной теории управления, исследовании операций, искусственном интеллекте и общей теории систем.

Принятая в качестве базовой, концепция состояния динамических моделей, описывающих УСД КТЛС и КАИС более оперативно осуществлять согласование результатов структурно-функционального синтеза облика указанных катастрофоустойчивых систем как на концептуальном, так и на модельно-алгоритмическом, информационном и программном уровнях.

Наряду собственно с научными результатами авторами были получены следующие практические результаты:

- разработан прототип программно-математического обеспечения анализа и синтеза КАИС, который к настоящему времени реализован при выполнении грантов РФФИ № 07-07-00169, 09-07-00066;

комбинированные методы и алгоритмы комплексного оперативного планирования и распределения ресурсов в КИС использованы при создании специального программно-математического модуля в составе программного комплекса мониторинга состояния сложных объектов в ЗАО «СКБ ОРИОН» и в учебных курсах «Проектирование информационных систем» и «Проектирование АСОИУ» БГТУ («Военмех») им. Д.Ф.Устинова;

- проведен комплекс исследований, направленных на оценивание возможностей применения перспективных технологий радиочастотной индентификации (RFID — технологий) и мобильных информационных технологий (технологий ZigBee, WiFi) для повышения эффективности создания и применения КТПС и КАИС. Было установлено, что важным достоинством технологии RFID при ее реализации в рамках рассматриваемых катастрофоустойчивых систем является возможность бесконтактного ввода данных о состоянии объектов и процессов, происходящих в ТРС, что позволяет существенно сократить общее время ввода указанных данных по сравнению с традиционными методами, исключить возможность ошибок.

Междисциплинарные исследования, выполненные по данной теме, осуществлялись при финансовой поддержке РФФИ (проекты 11-07-00302-а, 10-07-00311-а, 11-08-01016-а, 11-08-00767-а, 12-07-00302). Санкт-Петербургского Научного центра РАН (СПИИРАН проект 2012), программы фундаментальных исследований ОНИТ РАН (проект 2.11), программы приграничного сотрудничества ESTLATRUS project 2.1/ELRI-184/2011/14.

### 3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В целом *научная новизна и эффективность* полученных решений состоит в разработке методологических и методических основ создания и применения новой интеллектуальной информационной технологии (ИИТ) и модельно-алгоритмических средств автоматизации процессов совместного управления развитием КТЛС и КАИС, позволяющих осуществить переход от эвристических способов их описания к последовательности целенаправленных теоретически и практически обоснованных этапов построения моделей и алгоритмов анализа и синтеза многоструктурных макросостояний рассматриваемых систем, адаптивных к возможным изменениям внешней и внутренней обстановки.

Данный переход позволил существенно уменьшить трудоемкость процессов построения соответствующего программно-математического обеспечения, а также понизить уровень требований, предъявляемых к квалификации их разработчиков, за счет перевода данных процессов из категории «искусство» в категорию «технология». При этом в ходе выполнения исследований было установлено, что процессы управления

создания и функционирования КТЛС и КАИС различной природы и назначения на *функциональном уровне* их рассмотрения имеют существенно меньшее и вполне *обозримое* разнообразие, чем разнообразие их *конструктивных* реализаций. Основываясь на этом утверждении, были предложены комбинированные методы и алгоритмы решения различных классов задач многокритериального структурно-функционального анализа и синтеза облика катастрофоустойчивых транспортно-логистических и информационных систем на различных этапах их жизненного цикла безотносительно к их видовой принадлежности.

Разработанные в ходе выполнения перечисленных проектов методологические и методические основы решения задач структурно-функционального синтеза информационной технологии (ИТ) и системы мониторинга состояний (СМ) сложных технических объектов (СТО), базирующиеся на их полимодельном многокритериальном описании, полученном в рамках теории недоопределенных вычислений и управления структурной динамикой были включены в список важнейших результатов РАН в 2004, 2005, 2008 и 2010 гг.

Междисциплинарные исследования, выполненные по данной теме, осуществлялись при финансовой поддержке РФФИ (проекты 11-07-00302-а, 10-07-00311-а, 11-08-01016-а, 11-08-00767-а, 12-07-00302). Санкт-Петербургского Научного центра РАН (СПИИРАН проект 2012), программы фундаментальных исследований ОНИТ РАН (проект 2.11), программы приграничного сотрудничества ESTLATRUS project 2.1/ELRI-184/2011/14.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Юсупов Р.М. Наука и национальная безопасность. – СПб.: Наука, 2011. – 369 с. 45 ил.
2. Панкратова Н.Д., Курилин Б.И. Концептуальные основы системного анализа рисков в динамике управления безопасностью сложных систем // Проблемы управления и информатики. 2000, №6. С.120–132.
3. Ivanov, D., Sokolov, B. (2010), Adaptive Supply Chain Management, Springer, London et al.
4. Соколов Б.В., Юсупов Р.М. . Комплексное моделирование рисков при выработке управленческих решений в сложных организационно-технических системах // Проблемы управления и информатики. 2006, №1. С.1–22.
5. Охтилев М. Ю., Соколов Б. В., Юсупов Р. М. Интеллектуальные технологии мониторинга и управления структурной динамикой сложных технических объектов – М.: Наука, 2006. – 410 с.