

*На правах рукописи*



Андреев Михаил Владимирович

**Управление сетевым взаимодействием  
в цепях поставок научно-производственных предприятий**

Специальность:

05.13.10 – «Управление в социальных и экономических системах»

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Самара – 2015

Работа выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.А. Королева (национальный исследовательский университет)».

Научный руководитель: **Иващенко Антон Владимирович**  
доктор технических наук, доцент,  
профессор кафедры информационных систем и технологий  
ФГАОУ ВО «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»

Официальные оппоненты: **Юрков Николай Кондратьевич**  
доктор технических наук, профессор,  
заведующий кафедрой конструирования и производства радиоаппаратуры ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет», г. Пенза

**Орешков Вячеслав Игоревич**  
кандидат технических наук,  
доцент кафедры САПР ВС ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет», г. Рязань

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», г. Самара

Защита диссертации состоится « 27 » апреля 2016 г. в 10.00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.211.02 в ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет» по адресу: 390005, г. Рязань, ул. Гагарина, д. 59/1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный радиотехнический университет» <http://www.rsreu.ru>.

Автореферат разослан « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
кандидат технических наук, доцент



Д.А. Перепелкин

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Сложность управления современными промышленными предприятиями связана с необходимостью применения новых подходов к организации производства, обеспечивающих высокий уровень качества и конкурентоспособности изделий. Повышение сложности изделий, наукоемкий характер производства приводит ко все более узкой специализации предприятий. При этом особая роль отводится конкуренции и кооперации предприятий, эффективность которых напрямую зависит от автоматизации управления цепями поставок (supply chain management).

Данная проблема является особенно актуальной для научно-производственных предприятий (НПП), имеющих опытное производство, часто обновляющих свою продукцию, внедряющих новые средства производства и технологические процессы, реагирующих на изменение спроса и предложения и т.д.

Для решения данной задачи используют различные модели управления логистикой классов 1PL – 4PL. Вместе с этим в настоящее время получают распространение порталы, относящиеся к классу 5PL. Эти порталы формируют единое информационное пространство, создание которого повышает эффективность участников этого портала. Однако, использование таких систем для логистических цепей поставок и их внедрение часто затруднены вследствие необходимости взаимодействовать с различными контрагентами в рамках одного заказа, так и с изменением их состава при выполнении похожих заказов, что существенным образом влияет на эффективность таких систем. В этом смысле управление логистической цепью поставок можно рассматривать как организацию производственной сети (ПС) НПП и управление взаимодействием в данной сети.

Вопросам организации и управления производством посвящены работы множества исследователей, среди которых можно назвать Ю.П. Анисимова, Б.С. Балакшина, Э.М. Голдратта, Р.Р. Загидуллина, Б.Г. Ильясова, В.В. Куминова, В.Г. Митрофанова, А.А. Первозванского, Ю.М. Соломенцева, Н.М. Султан-Заде, О.Г. Туровца, Е.Б. Фролова, С.Б. Юсифова и других авторов.

Необходимо также отметить множество работ таких авторов, как С.А. Ашманова, Е.С. Вентцель, Д. Филлипса и других, которые посвящены постановке и решению задач планирования на основе классических методов математического программирования, теории графов и сетей. Вопросам управления в цепях поставок посвящены работы таких ученых, как В.В. Лукинский, Ю.В. Малевич, Э.В. Пасюнин, В.М. Свистунов, С.А. Уваров, Д.В. Чернова. Построению мультиагентных систем посвящены работы таких ученых как В.А. Виттиха, В.И. Городецкого, И.Демазо, К.Кольски, Р. Мандье, П.О. Скобелева, В.Б. Тарасова, В.Ф. Хорошевского.

При этом задача кооперации и управления взаимодействием в сети предприятий – участников логистической цепи поставок, не решена. В связи с этим, необходимо разработать новую модель, методы и алгоритмы управления сетевым взаимодействием в цепях поставок научно-производственных предприятий. В основе такой модели должны лежать методы статистического анализа, имитационного моделирования, которые обеспечивают высокую возможность реализации оперативной реакции на события, гибкого планирования, индивидуального подхода к производству каждого предприятия, а также контроль их совместной работы.

Работа поддержана в рамках программы повышения конкурентоспособности Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика

С.П. Королева (национального исследовательского университета) среди ведущих мировых научно-образовательных центров на 2013–2020 годы (НОЦ «Информационные технологии и нанотехнологии»).

**Целью работы** является повышение эффективности управления в логистической цепи поставок путем организации сетевого взаимодействия в интегрированной среде научно-производственных предприятий.

Для достижения указанной цели необходимо решить следующие основные задачи:

1. Исследовать методы, алгоритмы и определить принципы построения систем управления сетевым взаимодействием в цепях поставок научно-производственных предприятий.
2. Разработать модель сетевого взаимодействия в цепях поставок научно-производственных предприятий.
3. Разработать систему управления сетевым взаимодействием в цепях поставок научно-производственных предприятий.
4. Разработать алгоритмы управления сетевым взаимодействием в цепях поставок научно-производственных предприятий.
5. Разработать программное обеспечение платформы управления сетевым взаимодействием в цепях поставок научно-производственных предприятий в среде Java EE.
6. Исследовать разработанные алгоритмы, а также выработать рекомендации по их использованию.

**Методы исследования.** В работе использовались методы системного анализа, теории управления, теории ограничений, численные методы, математической логики и программирования.

**Научная новизна работы** заключается в следующем:

1. Модель бРL-оператора, отличающаяся от существующих возможностью формировать стратегические – контрактные отношения в процессе взаимодействия акторов.
2. Система управления бРL-оператором, позволяющая на основе анализа статистики взаимодействий в цепи поставок формировать контрактные отношения и отличающаяся от существующих направленностью на долгосрочную кооперацию.
3. Алгоритм формирования контрактных отношений в производственной сети НПП, отличающийся управлением на основе контрактных отношений, формируемых на основе введенного в данной работе показателя ритмичности и индикатора реактивности взаимодействия акторов, что позволяет определить обстоятельства их взаимодействия и повысить эффективность производственной сети в целом путем имитационного моделирования альтернативных взаимодействий.
4. Алгоритм управления интенсивностью взаимодействия акторов в производственной сети НПП, отличающийся возможностью построения планов по изменению контрактных отношений, допускающего как линейные изменения, так и перерегулирование, а также их нарушение.

**Практическая ценность** работы заключается в следующем:

1. Реализация модели бРL-оператора в разработанной платформе позволила сформировать единое информационное пространство и повысить эффективность производственной сети НПП в целом.

2. Система управления bPL-оператором позволила формировать контрактные отношения в производственной сети НПП, информация о наличии которых повысила эффективность принимаемых управленческих решений предприятиями.

3. Алгоритм формирования контрактных отношений в производственной сети НПП позволил участникам находить рациональные решения и осуществить оперативное управление с привлечением альтернативных исполнителей в соответствии с заданными индивидуальными предпочтениями, что позволило повысить эффективность работы самих предприятий.

4. Алгоритм управления интенсивностью взаимодействия контрагентов в производственной сети НПП позволил настраивать переходные процессы, что позволило снизить риски взаимодействия с новыми акторами и, как следствие, повысить внедряемость разработанной платформы.

#### **Основные научные положения, выносимые на защиту:**

1. Модель bPL-оператора, которая позволяет объединить участников цепи поставок в единое информационное пространство в рамках программной платформы и сформировать контрактные отношения.

2. Система управления bPL-оператором, которая на основе анализа статистики взаимодействий в цепи поставок формирует контрактные отношения.

3. Алгоритм формирования контрактных отношений в производственной сети НПП, использующий в качестве характеристик контрактного отношения показатель ритмичности и индекс реактивности, определяемые на основе анализа ритмичности взаимодействий акторов с использованием корреляционного анализа неэквидистантных временных рядов, а для поиска контрагентов в сетях НПП использующий имитационное моделирование мультиагентной системы производственной сети НПП.

4. Алгоритм управления интенсивностью взаимодействия контрагентов в производственной сети НПП, позволяющий управлять переходными процессами при изменении или формировании контрактного отношения. Данный алгоритм позволяет осуществить перерегулирование, когда выход на необходимые параметры контрактного отношения может быть осуществлен раньше или заложена повышенная надежность.

**Реализация и внедрение научно-технических результатов работы в промышленности.** Результаты диссертационной работы нашли свое применение на следующих предприятиях:

- ОАО «Ижевский мотозавод «Аксион-холдинг», г. Ижевск, по разработке программно-технического комплекса управления инструментальным цехом на основе мультиагентной технологии;
- ОАО «Тяжмаш», г. Сызрань, по разработке и внедрению мультиагентной системы автоматизированного распределения производственных ресурсов (МАС «Оптимизатор»);
- ООО «Научно-производственная компания Маджента Девелопмент», г. Самара, при разработке программного обеспечения платформы для интеллектуального управления распределением ресурсов RA SDK и мультиагентных решений по планированию производственных ресурсов в реальном масштабе времени;
- ООО «Открытый код», г. Самара, по созданию различных программных платформ управления цепями поставок научно-производственных предприятий и их подразделений.

**Соответствие диссертации паспорту научной специальности.** Работа соответствует следующим пунктам паспорта научной специальности 05.13.10: 3. разработка

моделей описания и оценок эффективности решения задач управления и принятия решений в социальных и экономических системах; 4. разработка методов и алгоритмов решения задач управления и принятия решений в социальных и экономических системах; 5. разработка специального математического и программного обеспечения систем управления принятия решений в социальных и экономических системах; 12. разработка новых информационных технологий в решении задач управления и принятия решений в социальных и экономических системах.

**Апробация работы.** Основные результаты диссертационной работы докладывались на международных конференциях «Проблемы управления и моделирования в сложных системах» (г. Самара, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2010, 2011, 2012), международном симпозиуме «Надежность и качество» (г. Пенза, 2009), научно-техническом семинаре «Управление в распределенных сетевых и мультиагентных системах» (г. Санкт-Петербург, 2010), международной научно-практической конференции «Теория активных систем» (г. Москва, 2011), расширенном семинаре «Вычислительные технологии в естественных науках. Перспективные компьютерные системы: устройства, методы и концепции» (г. Таруса, 2011), международных конференциях «Перспективные информационные технологии» (г. Самара, 2010, 2012, 2014, 2015).

**Публикации.** Основные результаты диссертации опубликованы в 45 печатных работах, в том числе 8 работах в изданиях, рекомендованных ВАК.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа состоит из введения, 5 разделов, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы и 2 приложений. Диссертация включает 164 страницы текста, 74 рисунка, 2 таблицы, список литературы из 132 наименования на 16 страницах.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обоснована актуальность темы диссертации, сформулирована цель работы, а также задачи, подлежащие решению, приведены положения, выносимые на защиту, рассмотрена структура диссертации.

**Первый раздел** посвящен системному анализу методов, алгоритмов управления цепями поставок промышленных предприятий. Рассмотрены особенности, как самих участников ПС, так и взаимодействия между ними. Обоснована актуальность автоматизации цепи поставок НПП с точки зрения повышения эффективности. Рассмотрены подходы к управлению отдельными предприятиями и их взаимодействием. Проведен анализ основных классов логистики. Проведен анализ порталов, которые могут быть использованы для управления цепями поставок.

Автоматизация управления ПС НПП может быть произведена с помощью различных методов, алгоритмов. Автоматизированные системы, накапливающие знания о производственных процессах в едином информационном пространстве предприятия, становятся инструментом поддержки принятия решений и их согласования группой всех заинтересованных участников жизненного цикла продукции, включая производственные и транспортные предприятия, склады.

Наличие различного рода сложностей при создании единого информационного пространства (ЕИП) НПП, обладающих, как правило, разнородными автоматизированными системами управления, оказывает существенное влияние на эффективность работы ПС. В этом смысле, модель, методы и алгоритмы управления цепями поставок должны учитывать автономность предприятий и возможность образования различных коопераций.

В современной литературе выделяют несколько классов логистических операторов и в соответствии с этим классифицируют логистику, в которой они работают. В работе рассмотрены особенности 1PL – 5PL операторов. В диссертации отмечается, что автономность предприятий, повышается с ростом класса логистики – чем выше класс логистики, тем более самостоятельны предприятия (см. рисунок 1). В диссертации показано, что при переходе от 3PL к 5PL происходит существенное развитие информационного пространства, однако 4PL и 5PL-операторы осуществляют деятельность в оперативном режиме.

Тип логистики	1PL	2PL	3PL	4PL	5PL
<b>Особенности ЕИП, свойства ресурсов</b>	Собственные ресурсы, ориентация на конкретных заказчиков	Выделенное подразделение ресурсов, широкий спектр заказчиков	Аутсорсинг ресурсов, ресурсы в качестве заказчиков	Консалтинг, разнородные ресурсы, заказчики	Ресурсы объединены в рамках портала
<b>Тип взаимодействия ресурсов</b>	Ресурсы в прямом подчинении у руководителя	Ресурсы обособлены в подразделении	Возможно привлечение внешних автономных ресурсов	Решение задачи о кооперации различных ресурсов	Кооперация ресурсов в виде свободных взаимодействий в ЕИП

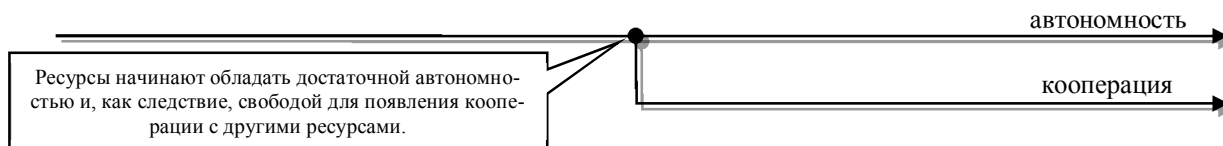


Рисунок 1 – Автономность и возможность кооперации в различных классах логистики

При всех достоинствах рассмотренных классов логистики, в них не решается вопрос формирования долгосрочных отношений. Если оперативный уровень позволяет решать текущие задачи предприятий, актуальные на данный момент времени, то вопросы перспективного развития самой ПС остаются не решенными. В соответствии с теорией ограничений определяются основные показатели, характеризующие коммерческие предприятия:

- скорость генерации дохода (throughput –  $T$ );
- связанный капитал (inventory –  $I$ );
- операционные расходы (operational expense –  $OE$ ).

С учетом выше сказанного необходимо разработать такую модель, которая позволит осуществить не только разовые оперативные взаимодействия, но и позволит учитывать долгосрочные отношения. В связи с этим целесообразно рассматривать управление цепями поставок как организацию ПС НПП, взаимодействие между которыми и является основой для кооперации. В соответствии с этим такие системы необходимо строить с использованием средств имитационного моделирования и методов статистического анализа. Среди алгоритмов, на основе которых осуществляется имитационное моделирование, выделяются многоагентные алгоритмы, обеспечивающие наиболее высокое соответствие объектов реального мира и виртуального, в котором осуществляется имитационное моделирование.

**Второй раздел** посвящен описанию модели 6PL-оператора, которая учитывает рассмотренные особенности производственной сети и обеспечивает возможность формировать контрактные отношения в процессе взаимодействия акторов.

В диссертации вводится понятие 6PL-оператора и описывается его модель, основываясь на результатах системного анализа 1PL – 5PL операторов первого раздела. Предложенная в работе модель 6PL-оператора включает информационную среду 5PL-оператора, так как основой для формирования устойчивых взаимодействий являются

оперативные взаимодействия, и инфраструктурный уровень принятия решений 4PL, необходимый для взаимодействий в рамках информационного пространства цепей поставок. В рамках модели 6PL-оператора вводятся контрактные отношения между НПП, с учетом которых осуществляются оперативные взаимодействия. В этом смысле 6PL-оператор формирует инфраструктуру единого информационного пространства, в рамках которого формируется кооперативная среда (см. рисунок 2).

Обозначим множество НПП как  $U = \{u_i\}$ , где  $i=1 \dots N$ . Обозначим множество заказов через  $B = \{b_j\}$ , где  $j=1 \dots M$  – номер Заказа. У каждого заказа указано, что необходимо произвести  $q_j$  единиц продукции. Процесс изготовления  $b_j$  представлен соответствующим множеством операций  $W_j = \{w_{j,k}\}$ , где  $k=1 \dots K_j$  – номер операции для изготовления заказа  $j$  (см. рисунок 3). Для линейных цепей поставок задано условие следования:  $w_{jk}$  предшествует  $w_{j,k'}$ , если  $k < k'$ .

Определим контрактные отношения как упорядоченную пару  $Q = (U, L)$ , где  $U$  – непустое множество НПП,  $L$  – множество упорядоченных пар НПП, между которыми задано контрактное отношение, и значения согласованного ритма между ними, задаваемое следующим образом:  $(u_{i1}, u_{i2}, r_{i1,i2,j,k})$ , где  $u_{i1}$  – исходящее НПП,  $u_{i2}$  – входящее НПП,  $r_{i1,i2,j,k}$  – ритм контрактного отношения между данными НПП.

<b>Тип логистики</b>	<b>6PL</b>
<b>Особенности ЕИП, свойства ресурсов</b>	Конструктор сети, ресурсы объединены общими интересами
<b>Тип взаимодействия ресурсов</b>	Формирование кооперативной среды

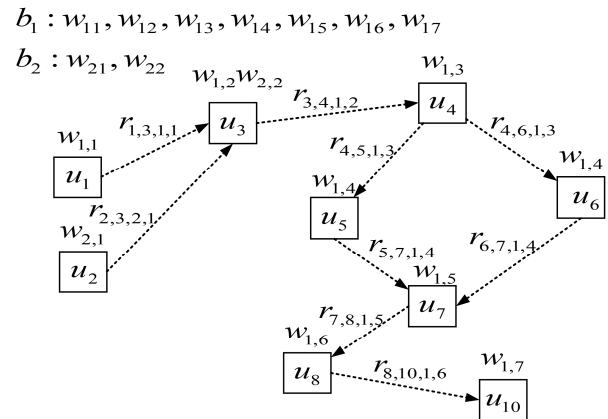


Рисунок 2 – 6PL-оператор

Рисунок 3 – Производственная сеть

Введем события взаимодействия между акторами. Одним из его видов является взаимодействие между исполнителями по выполнению операций в цепи поставок. Зададим события по изменению состояния операций:

- событие  $start(u_i, w_{j,k}, t_{j,k}^{start})$  – начало выполнения  $u_i$  операции  $w_{j,k}$ ;
- событие  $exec(u_i, w_{j,k}, t_{j,k}^{exec})$  – окончание выполнения  $u_i$  операции  $w_{j,k}$ .

В обобщенном виде данные события могут быть записаны в виде четверки  $(e^{type}, u_i, w_{j,k}, t_{j,k}^{type})$ , где  $e^{type}$  – тип события (start или exec),  $t_{j,k}^{type}$  – время возникновения соответствующего события. Множество таких событий обозначим как  $E$ . При этом взаимодействие будет рассматривать как наличие пары событий окончания выполнения операции и начале выполнения следующей операции в цепи.

Пусть для выполнения заказа доступны несколько предприятий и заказчику необходимо выбрать какое предприятие будет выполнять операцию. Пусть  $c_{i,j,k}$  – стоимость выполнения  $w_{j,k}$  производственным предприятием  $u_i$ . Обозначим количество изделий, являющихся результатом выполнения операции  $w_{j,k}$  исполнителем  $u_i$ , как



$q_{i,j,k}$ . Введем ключевой показатель эффективности заказчика  $C_{b_j}$  (1). В соответствии с введенными обозначениями:

$$C_{b_j} = \sum_{k=1}^{K_j} \sum_{i=1}^N c_{i,j,k} \cdot q_{i,j,k} \rightarrow \min, \quad (1)$$

где  $c_{i,j,k}$  – стоимость выполнения операции  $w_{j,k}$  производственным центром  $u_i$ . Для всей производственной сети – стоимость  $C$  выполнения всех заказов (2):

$$C = \sum_{j=1}^M C_{b_j} \rightarrow \min. \quad (2)$$

Для предприятий может быть выполнено улучшение всех указанных ранее показателей. Если улучшение показателей  $I$  и  $OE$  в основном связано с внутренней деятельностью предприятия, то улучшение показателя  $T$  связано с внешними для предприятия факторами. В данной работе рассматривается, что необходимые действия по оптимизации  $I$  и  $OE$  выполнены в рамках самого предприятия. В дополнение отметим еще раз, что предприятия достаточно автономны. В связи с этим улучшение их  $I$  и  $OE$  на уровне производственной сети крайне затруднено. С учетом этого в качестве ключевого показателя эффективности будем рассматривать скорость генерации дохода –  $T$ . Пусть генерируемый доход предприятия, который учитывается при расчете  $T$ , будет линейно зависеть от стоимости операций. Тогда ключевой показатель эффективности – скорость генерации дохода для всей производственной сети (3) определим следующим образом:

$$T = \frac{1}{\Delta t} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^{K_j} k_i \cdot c_{i,j,k} \cdot q_{i,j,k} \rightarrow \max, \quad (3)$$

где  $k_i$  – коэффициент генерации дохода конкретного предприятия;  $\Delta t = t^{end} - t^{start}$  – расчетный период ( $t^{start}$  – начало расчетного периода,  $t^{end}$  – окончание расчетного периода). Необходимо отметить, что ключевые показатели (2) и (3), которые задаются для всей производственной сети, противоречивы. Как было рассмотрено ранее целью коммерческого предприятия является повышение  $T$ , а сокращение расходов является косвенной задачей, то будем выражение (2) рассматривать как ограничение, а в качестве целевой функции использовать выражение (3). Для этого введем ограничения на стоимость в виде (4):

$$\sum_{k=1}^{K_j} \sum_{i=1}^N c_{i,j,k} \cdot q_{i,j,k} \leq C_{b_j}^{max}. \quad (4)$$

Другими словами  $C_{b_j}^{max}$  – максимальная стоимость заказа, которую заказчик готов заплатить. Отметим, что показатель  $T$  зависит не только от стоимости выполнения операций, но и как быстро они выполняются. Если выполнение конкретных операций зависит только от самих предприятий, то для получения готовой продукции критичным является взаимодействие между предприятиями. Несогласованность ритмов между предприятиями приводит к увеличению сроков выполнения заказа в целом, что приводит к снижению  $T$ . В связи с этим необходимо формирование ритмичного взаимодействия – переходу к контрактным отношениям. Наличие возможности сформировать контрактное отношение позволяет стабилизировать во времени взаимодействие и принимать управленческие решения с их учетом.

В соответствии с введенными контрактными отношениями, скорость генерации дохода по операции  $w_{j,k}$  может быть записана следующим образом (5):

$$T_{i1,j,k} = \frac{1}{t^{end} - t^{start}} \cdot k_{i1} \cdot c_{i1,j,k} \cdot r_{i1,i2,j,k} \cdot (t^{end} - t^{start}), \quad (5)$$

где  $t^{start}$  – начало расчетного периода,  $t^{end}$  – окончание расчетного периода,  $r_{i1,i2,j,k}$  – ритм по рассматриваемой операции,  $t^{start}$  – начало действия контрактного отношения в расчетном периоде скорости генерации дохода,  $t^{end}$  – окончание действия контрактного отношения в расчетном периоде скорости генерации дохода.

Предлагаемая модель 6PL-оператора позволяет описывать контрактные отношения, которые лежат в основе организации ПС НПП и управления взаимодействием в данной сети.

**В третьем разделе** диссертации описана система управления 6PL-оператора, позволяющая на основе анализа статистики взаимодействий в цепи поставок формировать контрактные отношения, которые ориентированы на долгосрочную перспективу.

Ниже представлена иллюстрация предлагаемого решения (см. рисунок 4), реализующего информационное управление.

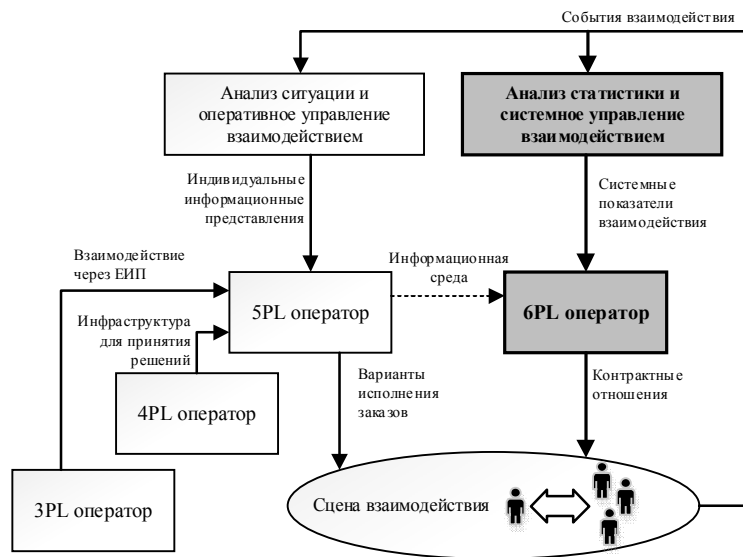


Рисунок 4 – Система управления 6PL-оператором

Предложения формируются на основе анализа текущей ситуации, таким образом, обеспечивается оперативное управление взаимодействием акторов. 6PL-оператор формирует новые контрактные отношения, которые определяют долгосрочную кооперацию или конкуренцию между акторами. Деятельность 6PL-оператора основывается на программном обеспечении, которое реализует системное управление взаимодействием на основе анализа статистики взаимодействия и формировании контрактных отношений, в рамках которого формируется кооперативно-конкурентная среда или другими словами обстоятельства взаимодействий.

Введем функцию выборки по типу события и актору  $f^{select}(E, e^{type^*}, u_{i^*}) = \{(e^{type}, u_i, w_{j,k}, t_{j,k}^{type}) \in E \mid type = type^*, i = i^*\}$ . Введем дополнительную функцию выборки по операции  $f^{op}(E, w_{j^*,k^*}) = \{(e^{type}, u_i, w_{j,k}, t_{j,k}^{type}) \in E \mid j = j^*, k = k^*\}$ . Выделим потоки событий, упорядочив элементы соответствующих множеств по времени:

–  $F_{i1,j,k}^{exec} = f^{op}(f^{select}(E, exec, u_{i1}), w_{j,k})$  – поток  $F_{i1,j,k}^{exec}$  событий окончания выполнения операций первого предприятия  $u_{i1}$ ;

- $F_{i_2,j,k+1}^{start} = f^{op}(f^{select}(E, start, u_{i_2}), w_{j,k+1})$  – поток  $F_{i_2,j,k+1}^{start}$  событий начала выполнения операций второго предприятия  $u_{i_2}$ .

На основе анализа полученных потоков, принимается решение о формировании контрактного отношения. Для этого вычисляется ритм контрактного отношения  $r_{i_1,i_2,j,k} = f^{rithm}(F_{i_1,j,k}^{exec}, F_{i_2,j,k+1}^{start})$ , алгоритм расчета которого рассмотрен в четвертом разделе диссертации – “алгоритм формирования контрактных отношений в производственной сети НПП”. С учетом полученного значения  $r_{i_1,i_2,j,k}$  принимается решение о создании контрактного отношения  $(u_{i_1}, u_{i_2}, r_{i_1,i_2,j,k})$  на основе выражения (6):

$$\begin{cases} \{(u_{i_1}, u_{i_2}, r_{i_1,i_2,j,k})\}, & \text{если } r_{i_1,i_2,j,k} > 0 \\ \emptyset, & \text{если } r_{i_1,i_2,j,k} = 0 \end{cases} \quad (6)$$

Полученное множество может содержать только один элемент или быть пустым (если контрактное отношение не может быть установлено). В зависимости от настроек актора данное преобразование может осуществляться как предприятиями вручную, так и с помощью алгоритмов, основанных на анализа данных потоков, что является частью поддержки принятия решения. После формирования контрактного отношения предприятия строят свою деятельность так, чтобы не нарушать его. В дополнение введем функцию выборки по времени:  $f^{time}(E, t^{min}, t^{max}) = \{(e^{type}, u_i, w_{j,k}, t_{j,k}^{type}) \in E \mid t^{min} \leq t_{j,k}^{type} < t^{max}\}$ . На основе выборок событий взаимодействия блок анализа статистики и системного управление взаимодействием модифицирует контрактные отношения. В соответствии с этим осуществляется построение плана по изменению существующих отношений. Это обусловлено тем, что установка новых ритмов может рассматриваться как переходный процесс во времени, для которого целесообразно формировать план изменения.

В соответствии с тем, что шаги плана привязаны к изменению конкретных характеристик контрактного отношения, в данной работе предлагается допустить возможность перерегулирования с целью повышения эффективности выхода на необходимый уровень характеристик контрактного отношения.

**В четвертом разделе** диссертации описывается реализация модели и системы управления цепями поставок. Основной особенностью предлагаемых алгоритмов является использование мультиагентных технологий, аукционов и корреляционного анализа неэквидистантных временных рядов. Описаны алгоритм формирования контрактных отношений в производственной сети НПП и алгоритм управления интенсивностью взаимодействия акторов в производственной сети НПП.

Реализация описанной выше модели и системы управления цепями поставок может быть произведена на основе различных алгоритмов. Ключевым является необходимость обеспечения логики формирования контрактных отношений и поиска альтернативных вариантов выполнения цепи поставок в соответствии с данными контрактными отношениями.

Работа алгоритма формирования контрактных отношений в производственной сети НПП, на основе которого строится система управления BPL-оператора, заключается в следующем:

- Шаг 1. Агент заказа  $b_j$  осуществляет построение опорной цепи. Для этого он инициирует процесс поиска исполнителей – для каждой операции  $w_{j,k}$  по очереди: проводится аукцион среди исполнителей  $u_i$ ; исполнители сообщают свои стоимости

выполнения  $c_{i,j,k}$ ; выбирается один исполнитель с минимальной стоимостью  $c_{j,k}^{min} = \min_i(c_{i,j,k})$ .

- Шаг 2. Агент заказа  $b_j$  рассчитывает характеристики взаимодействия акторов - показателя коритмичности  $r_{i1,i2,j,k}$  и индикатора реактивности для акторов опорной цепи  $I^{re}(u_{i2})$ . Показатель коритмичности вычисляется как

$$r_{i1,i2,j,k} = \min(r_{i1,j,k}^{source}, r_{i2,j,k+1}^{dest}), \quad \text{где} \quad r_{i1,j,k}^{source} = \frac{1}{t^{new} - t^0} \left| f^{time}(F_{i1,j,k}^{exec}, t^0, t^{new}) \right| \quad \text{и}$$

$r_{i2,j,k+1}^{dest} = \frac{1}{t^{new} - t^0} \left| f^{time}(F_{i2,j,k+1}^{start}, t^0, t^{new}) \right|$ ,  $t^0$  – момент времени начала взаимодействия между акторами,  $t^{new}$  – момент времени расчета показателя. Индикатор реактивности  $I^{re}(u_{i2})$  определяется следующим образом:

$$I^{re}(u_{i2}) = \frac{\sum_{i1=1}^N ([I(u_{i1}) \leq I(u_{i2})][u_{i1} \in G_m])}{\sum_{i1=1}^N [u_{i1} \in G_m]}, \quad \text{где} \quad I(u_{i2}) = \frac{\sum_{i1=1}^N \sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^{K_j} I_{j,k}(u_{i1}, u_{i2})}{\sum_{i1=1}^N \sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^{K_j} [I_{j,k}(u_{i1}, u_{i2}) > 0]},$$

а  $I_{j,k}(u_{i1}, u_{i2})$  – показатель отклика между акторами  $u_{i1}$ ,  $u_{i2}$  по операции  $w_{j,k}$ , вычисляемый с использованием корреляционного анализа неэквидистантных рядов.

- Шаг 3. Агент заказа  $b_j$  формирует начальные контрактные отношения, параметрами которых являются рассчитанные характеристики.
- Шаг 4. Агент заказа  $b_j$  определяет контрактное отношение с самой низкой коритмичностью по всей опорной цепи и передает управление агенту исходного предприятия этого отношения.
- Шаг 5. Агент исходного предприятия определяет необходимость использования вспомогательного алгоритма повышения эффективности для найденного контрактного отношения путем поиска альтернативных контрагентов на основе индикатора реактивности с учетом принципа Парето относительно актора  $u_{i2} \in G_m$  контрактного отношения:

- Шаг 5.1. Если  $I^{re}(u_{i2}) \leq 0.8$  – отклики оперативные, сигнализирующие о недозагрузке и возможности повышения показателя коритмичности, то переход к шагу 6.
- Шаг 5.2. Если  $I^{re}(u_{i2}) > 0.8$  – предприятие перегружено, то текущий показатель коритмичности не изменяется и выполняется вспомогательный алгоритм поиска альтернативных контрагентов в ПС НПП с целью повысить ритм, ограничением которого выступил рассматриваемый контрагент.

- Шаг 6. Выполняется вспомогательный алгоритм управления интенсивностью взаимодействия контрагентов в ПС НПП с целью повышения коритмичности рассматриваемого контрактного отношения.
- Шаг 7. Агент заказа  $b_j$  выполняет следующую итерацию – переход к шагу 2.

*Алгоритм управления интенсивностью взаимодействия контрагентов в ПС НПП.* В рамках данного алгоритма формируется план по изменению контрактного отношения. Итерации данного плана привязаны ко времени. Так как предпочитаемый

интервал времени между итерациями задается индивидуально для каждого актора, выбирается максимальный из указанных  $\Delta t = \max(t_{i1}, t_{i2})$ . В общем виде управление может быть представлено двумя функциями:  $r_{i1,j,k}^{source*} = f^{source}(r_{i1,j,k}^{source}, r_{i2,j,k+1}^{dest}, F_{i1,j,k}^{exec}, F_{i2,j,k+1}^{start})$  и  $r_{i1,j,k+1}^{dest*} = f^{dest}(r_{i1,j,k}^{source}, r_{i2,j,k+1}^{dest}, F_{i1,j,k}^{exec}, F_{i2,j,k+1}^{start})$ , где  $r_{i1,j,k}^{source*}$  и  $r_{i1,j,k+1}^{dest*}$  новые значения ритмов соответствующих контрагентов на следующей итерации.

В данной работе рассматривался вариант алгоритма, который осуществляет изменение ритмов следующими шагами:

- Шаг 1. Агент заказа  $b_j$  определяет контрактор  $u_{j*} \in G_i$  с минимальным ритмом в выбранном контрактном отношении.
- Шаг 2. Агент заказа  $b_j$  по цепи определяет целевое значение показателя коритмичности: упорядочивает по возрастанию ритмы акторов  $u_i$ , за исключением  $u_{j*}$ ; удаляет повторяющиеся значения.
- Шаг 3. Если получено только одно значение ритма, то сообщаем данному контрагенту его значение. В результате значение коритмичности будет повышено.
- Шаг 4. Если получено несколько значений ритма, то выбирается не первое, а следующее значение. Данное значение будет больше целевого – осуществляется перерегулирование. На следующем шаге устанавливается целевое значение. Возможность такого перерегулирования позволяет нарастить темп по изменению контрактного отношения и проверить наличие запаса мощности (для снижения рисков, дальнейшего повышения ритма или поиска альтернативных контрагентов).

*Алгоритм поиска альтернативных контрагентов в ПС НПП.* Вначале агент предприятия  $u_{i1}$  проверяет: компенсируется ли повышенная коритмичность на операции  $w_{j,k}$  (и как следствие повышенная скорость генерации прибыли  $\Delta T$ ) повышенную стоимость исполнения альтернативным актором исполнителем, так как его услуги будут стоить дороже, чем у исходного исполнителя. В зависимости от значения  $I_{i1,i2,j,k}^{comp}$ , формула расчета которого приводится в диссертации, выполняются действия, описанные ниже:

- если компенсирует ( $I_{i1,i2,j,k}^{comp} \geq 0$ ), то агент предприятия  $u_{i1}$  самостоятельно начинает взаимодействовать (посылает запрос на выполнение) с альтернативными исполнителями  $u_{i2}$  операции  $w_{j,k+1}$ , которые на аукционе предлагали такие же или более высокие стоимости  $c_{i2,j,k+1} \geq c_{i2*,j,k+1}$  выполнения операции  $w_{j,k+1}$ , чем основной исполнитель  $u_{i2*}$ ;
- если не компенсирует ( $I_{i1,i2,j,k}^{comp} < 0$ ), то агент заказа запрашивает у пользователя в режиме диалога разрешение компенсировать потери предприятия – это актуально, если заказчик хочет получить готовую продукцию раньше, вложив дополнительные средства. Если разрешение получено, то новому контрагенту посылается запрос на выполнение соответствующей операции.

Затем агент предприятия  $u_{i1}$  устанавливает контрактное отношение с новым исполнителем. Значение коритмичности в контрактном отношении для альтернативного исполнителя устанавливается с перерегулированием – в улучшаемом контрактном отношении задается более высокий ритм, и для альтернативного задается ритм с запасом, так что сумма данных ритмов превосходит ритм контрактора. На следующем шаге, если актуальный суммарный ритм стал больше целевого, то происходит снижение

ритма альтернативного исполнителя (так как стоимость изготовления у него больше), так чтобы сумма равнялась целевому значению ритма. Если целевое значение не достигнуто суммой, то принимается решение о необходимости продолжение действия данного целевого значения: если сумма на данном шаге увеличилась, то продолжаем. Если не изменилась или уменьшилась – ищем еще одного альтернативного исполнителя.

**В пятом разделе** описывается реализация предлагаемых алгоритмов в программной платформе управления сетевым взаимодействием в цепях поставок НПП. Проводится их анализ.

На основе предложенных модели, методов и алгоритмов была разработана программная платформа 6PL-оператора (см. рисунок 5).

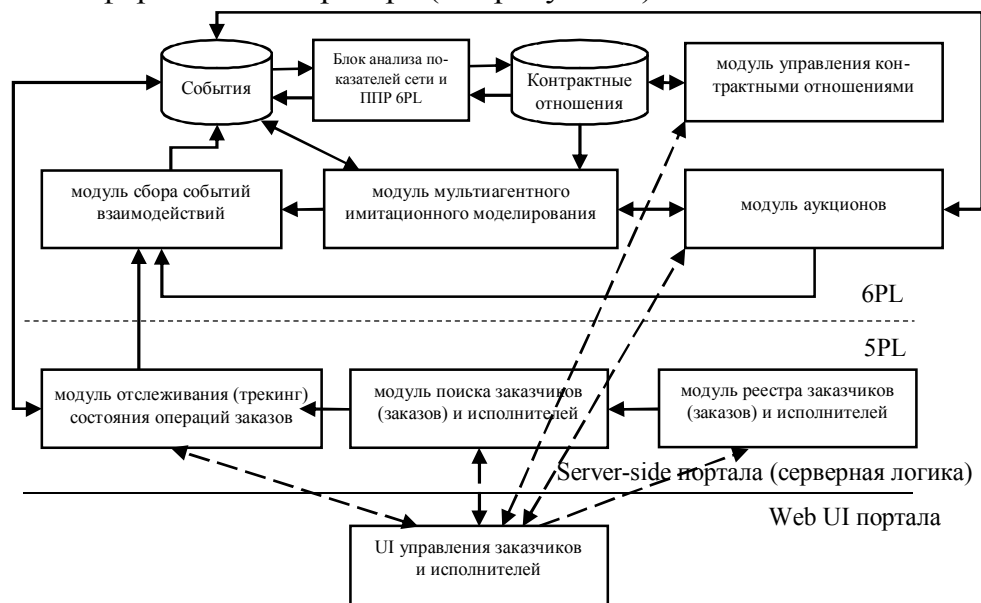


Рисунок 5 – Программная архитектура платформы 6PL-оператора

Данная программная платформа построена по трехслойной архитектуре. Пользовательский интерфейс включает в себя как элементы поддержки принятия решений (ППР) заказчиков, так и исполнителей.

На основе разработанной программной платформы управления цепями поставок проведен анализ, в котором были исследованы зависимости  $T$  во времени в сравнении моделей без и с использованием предлагаемой в данной работе модели управления. Показано, что  $T$  с использованием предлагаемой модели управления больше, чем без нее. Используя знания о наличии контрактных отношений, агенты предприятий ищут новые возможности по взаимодействию с другими предприятиями, что и повышает показатель  $T$  для всей производственной сети. Полученные результаты представлены на графике количества обработанных изделий от времени (см. рисунок 6). Большой угол наклона означает более высокий ритм, что в свою очередь означает повышение целевой функции  $T$  (throughput) для всей ПС.

Полученные результаты были внедрены в ООО «Научно-производственная компания Маджента Девелопмент», по построению платформы для разработки автоматизированных систем управления распределением производственных ресурсов и построении системы управления мобильными ресурсами MaxOptra. Параллельно с этим, результаты были использованы в ФГУП ГНПРКЦ «ЦСКБ-ПРОГРЕСС», при создании автоматизированной системы внутрицехового управления планом производства цеха (см. рисунок 7).

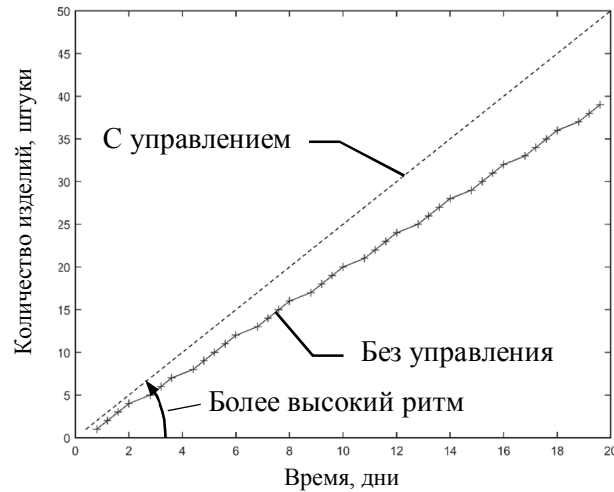


Рисунок 6 – Составляющие потока с использованием управления

В этой системе на основе детального оперативного планирования оценивались сроки готовности изделий, а управление осуществлялось путем формирования контрактных отношений между изделиями по изготовлению готовой продукции и их комплектующих. Затем в ОАО «Тяжмаш», результаты были использованы при разработке и внедрении мультиагентной системы автоматизированного распределения производственных ресурсов (см. рисунок 8). В данной системе осуществлялось управление взаимодействиями между производственными центрами, которые выполняли операции по производству готовой продукции.

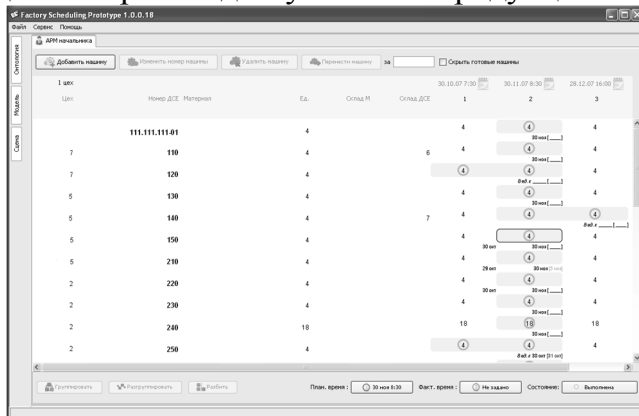


Рисунок 7 – Экранная форма системы, внедренной в ФГУП ГНПРКЦ «ЦСКБ-ПРОГРЕСС»



Рисунок 8 – Экранная форма системы, внедренной в ОАО «Тяжмаш»

По результатам внедрения в ОАО «Ижевский мотозавод «Аксион-холдинг», разработанного программно-технического комплекса управления инструментальным цехом на основе мультиагентной технологии (см. рисунок 9) благодаря организации выполнения цепи операций и взаимодействий между отделами и участками предприятия позволило получить для цеха 14 нормо-часов экономии рабочего времени ежедневно, возможность осуществлять анализ ритмов производства позволило получить 48 нормо-часов в месяц экономии, возможность анализа потребности в рабочих той или иной специальности дало экономию в 36 нормо-часов в месяц, возможность анализа выполнения цепи операций по производству между участками и его рабочими позволил сэкономить порядка 256 нормо-часов в месяц. С учетом того, что с системой работало 30 человек, то суммарное повышение эффективности составляет до 11% экономии фонда оплаты труда цеха.

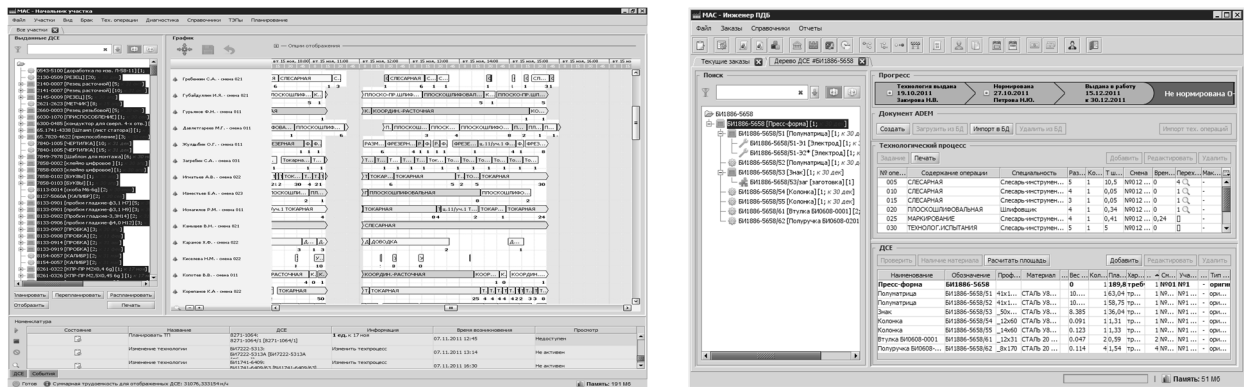


Рисунок 9 – Экранные формы системы, внедренной в ОАО «Ижевский мотозавод «Акссион-холдинг»

Программная платформа BPL-оператора может быть использована в системах управления ресурсами логистической цепи поставок, системах производственного планирования, системах управления посреднической деятельностью.

## ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

Диссертация посвящена решению проблемы повышения эффективности управления в логистической цепи поставок путем организации сетевого взаимодействия в интегрированной среде научно-производственных предприятий. В ходе решения данной проблемы были получены следующие результаты:

1. Исследованы методы, алгоритмы и определены принципы построения систем управления сетевым взаимодействием в цепях поставок научно-производственных предприятий.
2. Разработана модель сетевого взаимодействия в цепях поставок научно-производственных предприятий, включающая контрактные отношения.
3. Разработана система управления сетевым взаимодействием в цепях поставок научно-производственных предприятий, позволяющая на основе анализа статистики взаимодействий в цепи поставок формировать контрактные отношения.
4. Разработаны алгоритмы управления сетевым взаимодействием в цепях поставок научно-производственных предприятий, которые на основе показателя критичности и индекса реактивности позволяют формировать контрактные отношения и планы по их изменению, а также с учетом сформированных отношений находить альтернативных исполнителей.
5. Разработано программное обеспечение платформы управления сетевым взаимодействием в цепях поставок научно-производственных предприятий в среде Java EE.
6. Исследованы разработанные алгоритмы, а также выработаны рекомендации по их использованию. В рамках исследования получено, что повышение эффективности составило до 11% экономии фонда оплаты труда цеха.

## ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

### Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1. Иващенко, А.В. Адаптивное управление планом мелкосерийного производства на промышленном предприятии / А.В. Иващенко, М.В. Андреев // Системы управления и информационные технологии. – 2008. – №3 (33). – с. 62-66.
2. Иващенко, А.В. Автоматизированная система адаптивного управления производственным планом / А.В. Иващенко, М.В. Андреев // Автоматизация и современные технологии. – 2009. – № 2. – с. 37 – 41.



3. Андреев, М.В. Построение адаптивной системы управления предприятием с использованием мультиагентных технологий / М.В. Андреев, А.В. Иващенко, П.О. Скобелев, А.В. Царев // Вестник Самарского государственного технического университета, Серия «Технические науки». – 2009. – № 1 (23). – с. 5 – 14.
4. Андреев, М.В. Применение мультиагентных технологий динамического планирования персональных задач при организации коллективного взаимодействия в автоматизированных системах управления распределением ресурсов / М.В. Андреев, А.В. Иващенко, Д.М. Мартышкин, П.О. Скобелев, Л.В. Уланова, А.В. Царев // Мехатроника. Автоматизация. Управление. – 2010. – № 7. – с. 21 – 27.
5. Андреев, М.В. Мультиагентная система распределения производственных ресурсов в тяжелом машиностроении / М.В. Андреев, А.В. Иващенко, С.А. Кривенко, П.О. Скобелев // Программные продукты и системы. – 2010. – № 3. – с. 100 – 103.
6. Андреев, М.В. Мультиагентная система динамического планирования персональных задач для пользователей мобильных устройств связи / М.В. Андреев, А.В. Иващенко, Е.В. Сиимонова, П.О. Скобелев, Л.В. Уланова, А.В. Царев // Инфо-коммуникационные технологии. – 2010. – № 3. – с. 61 – 67.
7. Андреев, М.В. Некоторые особенности построения онтологии для мультиагентной системы внутрицехового планирования // Программные продукты и системы. – 2012. – № 3. – с. 44 – 47.
8. Иващенко, А.В. Программная платформа для оператора 6PL / А.В. Иващенко, М.В. Андреев // Программные продукты и системы. – 2015. – № 3 (111). – с. 171 – 174.

#### **Статьи в изданиях, включенных в список Scopus**

9. Skobelev, P.O. Adaptive Planning for Supply Chain Networks / M.V. Andreev, P.O. Skobelev, P.K. Shveykin, A.V. Tsarev, A.A. Tugashev // 3rd International Conference on Industrial Applications of Holonic and Multi-Agent Systems September 3 - 5, 2007, Regensburg, Germany. – pp. 215–224.
10. Skobelev, Petr. A Multi-agent platform design for adaptive networks of intelligent production schedulers / Michael Andreev, Anton Ivaschenko, Petr Skobelev, Alexander Tsarev // 10th IFAC Workshop on Intelligent Manufacturing Systems (IMS'10), Lisbon, Portugal, 1-2 July, 2010. – pp. 87 – 92.
11. Ivaschenko, A. Knowledge engineering based on big data for enterprise project management / A. Ivaschenko, O. Dvoynina, M. Andreev, P. Sitnikov, D. Martyshkin // International Journal of Applied Engineering Research (IJAER), Volume 10, Number 14, 2015. – pp 34532 – 34534.

#### **Публикации в других изданиях**

12. Батищев, С.В. Мультиагентный конструктор и планировщик транспортных сетей / В.В. Андреев, М.В. Андреев, С.В. Батищев, Т.В. Искварина, П.О. Скобелев // Труды VI-ой международной конференции «Проблемы управления и моделирования в сложных системах». – Самара: СНЦ РАН, 2004. – с. 254-259.
13. Чевелёв, А.С. Конструкция агента в системах оперативного планирования и принятия решений / В.В. Андреев, М.В. Андреев, Т.В. Батищева, А.В. Олейников, П.О. Скобелев, А.С. Чевелёв // Труды VII-ой международной конференции «Проблемы управления и моделирования в сложных системах». – Самара: СНЦ РАН, 2005. – с. 414-420.
14. Глащенко, А.В. Логика динамической балансировки трейд-оффов агентов в задачах построения связанных расписаний в транспортной логистике реального времени / М.В. Андреев, А.В. Глащенко, С.В. Иноземцев, И.П. Киселев, А.В. Сафронов, П.О. Скобелев // Труды VIII-ой международной конференции «Проблемы управления и моделирования в сложных системах». – Самара: СНЦ РАН, 2006. – с. 541-546.
15. Andreev, M.V. Adaptive Multy-Agent Manufacturing Execution System / M.V. Andreev, A.V. Ivashchenko, P.O. Skobelev // Interactive Systems and Technologies: The Problem of Human-Computer Interaction. – Collection of scientific papers. – Ulyanovsk: UISTU, 2007. – pp. 245-248.

16. Андреев, М.В. Применение адаптивного планирования для производственных процессов / М.В. Андреев, П.О. Скобелев, А.В. Царев, П.К. Швейкин // Труды IX Международной конференции «Проблемы управления и моделирования в сложных системах», 22 июня - 28 июня 2007 года. – Самара. 2007. – с.567-576.
17. Иващенко, А.В. Современные подходы к построению автоматизированной системы адаптивного внутрицехового планирования / А.В. Иващенко, М.В. Андреев // в сб. Проблемы автоматизации и управления в технических системах: труды международной научно-практической конференции. – Пенза: Информационно-издательский центр ПензГУ, 2008 – с. 11 – 14.
18. Николаев, Д.В. Современные принципы построения системы управления мобильными ресурсами / М.В. Андреев, П.В. Виноградов, А.В. Иващенко, Д.В. Николаев, П.О. Скобелев // Труды X-ой международной конференции «Проблемы управления и моделирования в сложных системах». – Самара: СНИЦ РАН, 2008 – с 420 – 425.
19. Андреев, М.В. Логика принятия решений в мультиагентной системе внутрицехового планирования / М.В. Андреев, А.В. Иващенко, П.О. Скобелев // Труды X-ой международной конференции «Проблемы управления и моделирования в сложных системах». – Самара: СНИЦ РАН, 2008 – с 426 – 431.
20. Иващенко, А.В. Управление планом производства на основе анализа загруженности ресурсов / А.В. Иващенко, М.В. Андреев // Материалы Международной научной конференции «Инновационные технологии в управлении, образовании, промышленности «АСТИНТЕХ-2008». – Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2008. – с. 97-100.
21. Иващенко, А.В. Адаптивное управления планом цеха на машиностроительном предприятии / А.В. Иващенко, М.В. Андреев // в сб. Надежность и качество. Труды международного симпозиума. Том 2. – Пенза: Инф-изд. Центр ПГУ, 2008. – с 267 – 269.
22. Леднев, А.М. Особенности информационной поддержки систем производственного планирования / А.М. Леднев, М.В. Андреев, А.В. Иващенко // Труды VII всероссийской межвузовской научно-практической конференции «Компьютерные технологии в науке, практике и образовании». – Самара: СамГТУ, 2008. – с. 141 – 144.
23. Андреев, М.В. Проблемы анализа и отладки мультиагентных систем для адаптивного планирования производственных ресурсов / М.В. Андреев, А.В. Иващенко, А.М. Леднев // в сб. Современные проблемы информатизации в экономике и обеспечении безопасности: Выпуск 14. – Воронеж: «Научная книга», 2009. – с. 31 – 35.
24. Иващенко, А.В. Обеспечение функционирования автоматизированной системы управления распределением производственных ресурсов в реальном времени / А.В. Иващенко, М.В. Андреев, А.М. Леднев // в сб. Надежность и качество. Труды международного симпозиума. Том 2. – Пенза: Инф-изд. Центр ПензГУ, 2009. – с 311 – 313.
25. Андреев, М.В. Применение конструктора онтологии в мультиагентной системе динамического планирования персональных задач для мобильных пользователей / М.В. Андреев, А.В. Иващенко, Д.М. Мартышкин, П.О. Скобелев, Л.В. Уланова, А.В. Царев // Труды XII Международной конференции «Проблемы управления и моделирования в сложных системах». – Самара: Самарский научный центр РАН, 2010. – с. 670 – 677.
26. Андреев, М.В. Мультиагентные технологии управления распределением производственных ресурсов / М.В. Андреев, И.О. Бабанин, А.В. Иващенко, П.О. Скобелев // Труды Международной конференции «Перспективные информационные технологии для авиации и космоса» (ПИТ-2010). – Самара, 2010. – с. 373 – 376.
27. Скобелев, П.О. Поддержка процессов коллективного принятия решений по управлению инструментальным производством на основе мультиагентной системы планирования ресурсов в реальном времени / М.В. Андреев, А.В. Иващенко, О.В. Карсаев, В.В. Самойлов, П.О. Скобелев, А.В. Царев // Материалы научно-технического семинара «Управление в распределенных сетцентрических и мультиагентных системах». – СПб.: «ЦНИИ «Электроприбор», 2010. – с. 75 – 80.

28. Андреев, М.В. Особенности реализации распределенной мультиагентной системы цехового планирования / М.В. Андреев, А.В. Иващенко, О.В. Карсаев, В.В. Самойлов, П.О. Скобелев, А.В. Царев // *Материалы научно-технического семинара «Управление в распределенных сетцентрических и мультиагентных системах»*. – СПб.: «ЦНИИ «Электроприбор», 2010. – с. 92 – 95.
29. Вылегжанин, А.С. Мультиагентная система управления инструментальным цехом / М.В. Андреев, И.О. Бабанин, А.С. Вылегжанин, А.В. Иващенко, Э.В. Кольбова, П.О. Скобелев // *Труды XIII Международной конференции "Проблемы управления и моделирования в сложных системах"*. – Самара. 2011. – с.451-459.
30. Скобелев, П.О. Мультиагентные технологии для управления распределением производственных ресурсов в реальном времени / П.О. Скобелев, А.В. Иващенко, М.В. Андреев, И.О. Бабанин // *Вычислительные технологии в естественных науках. Перспективные компьютерные системы: устройства, методы и концепции: Труды семинара*. Таруса, 2011. М.: ИКИ РАН, 2011. – с. 110-122.
31. Иващенко, А.В. К вопросу интеграции компонентов единого информационного пространства при автоматизации производственного планирования / А.В. Иващенко, М.В. Андреев, И.О. Бабанин, Т.И. Субботина // *Современные проблемы информатизации в моделировании и социальных технологиях: Сб. трудов. Вып. 16*. – Воронеж: «Научная книга», 2011. – с. 237 – 241.
32. Андреев, М.В. Сетцентрический подход к созданию мультиагентной системы управления производством / М.В. Андреев, И.О. Бабанин, А.В. Иващенко // *Труды международной научно-практической конференции «Теория активных систем» (14-16 ноября 2011 г., Москва, Россия)*. Том 3. – М.: ИПУ РАН, 2011. – с. 214 – 217.
33. Тюрин, И.Ю. Результаты внедрения и перспективы развития мультиагентной системы для оперативного управления инструментальным цехом ОАО «Ижевский мотозавод – Аксион холдинг» / И.Ю. Тюрин, А.С. Вылегжанин, М.В. Андреев, Э.В. Кольбова, П.О. Скобелев, Я.Ю. Шепилов // *Труды XIV-ой международной конференции «Проблемы управления и моделирования в сложных системах»*. – Самара: СНЦ РАН, 2012. – с 735 – 740.
34. Андреев, М.В. Особенности разработки распределенных мультиагентных автоматизированных mes-систем для крупных наукоемких производств, отличающихся высокой динамикой изменения номенклатуры изделий // *Труды научно-технической конференции с международным участием «Перспективные информационные технологии в научных исследованиях, проектировании и обучении (ПИТ 2012)»*. – Самара: Издательство Самарского научного центра РАН, 2012. – с. 207 – 209.
35. Андреев, М.В. Интеллектуальная программная платформа создания баз знаний / М.В. Андреев, Д.М. Мартышкин, П.В. Ситников, О.Л. Сурнин, С.В. Федотов // *Перспективные информационные технологии (ПИТ 2014): труды Международной научно-технической конференции*. – Самара: СНЦ РАН, 2014. – с. 94 – 97.
36. Андреев, М.В. Практические аспекты применения онтологий при создании порталов оказания электронных услуг гражданам / М.В. Андреев, П.В. Ситников, О.Л. Сурнин, С.В. Федотов // *Перспективные информационные технологии (ПИТ 2014): труды Международной научно-технической конференции*. – Самара: СНЦ РАН, 2014. – с. 97 – 99.
37. Андреев, М.В. Практические аспекты применения онтологий и баз знаний в сфере здравоохранения / М.В. Андреев, Д.Б. Гордеев, Д.М. Мартышкин, П.В. Ситников, О.Л. Сурнин, С.В. Федотов // *Перспективные информационные технологии (ПИТ 2014): труды Международной научно-технической конференции*. – Самара: СНЦ РАН, 2014. – с. 258 – 261.
38. Андреев, М.В. Некоторые аспекты реализации комплексной услуги на портале рпгу: предпосылки, разработка, развитие / М.В. Андреев, М.Н. Алексеев, Д.В. Козлов, О.Л. Сурнин, С.В. Федотов, П.В. Ситников, К.В. Ситников // *Перспективные информационные технологии (ПИТ 2015), Том 1: труды Международной научно-технической конференции*. – Самара: СНЦ РАН, 2015. – с. 163 – 169.

39. Андреев, М.В. Использование интеллектуальных информационных систем при предоставлении услуг населению. База знаний Законодательства самарской области / М.В. Андреев, О.А. Марухнова, П.В. Ситников, О.Л. Сурнин // Перспективные информационные технологии (ПИТ 2015), Том 1: труды Международной научно-технической конференции. – Самара: СНЦ РАН, 2015. – с. 183 – 186.
40. Ivaschenko, A. Multi-agent solution for 6PL intermediary provider / A. Ivaschenko, M. Andreev // Proceedings of XIII International Logistics and Supply Chain Congress October 22-23, 2015, Izmir, Turkiye. – p. 207 – 214.

### **Учебные пособия**

41. Симонова, Е.В. Автоматизация адаптивного управления производством на промышленном предприятии / М.В. Андреев, А.В. Иващенко, Е.В. Симонова, П.О. Скобелев, А.В. Царев // Учебное пособие. Поволжский государственный университет телекоммуникации и информатики. – Самара, 2009 – 184 с.

### **Свидетельства о регистрации программ для ЭВМ**

42. Автоматизированная система адаптивного планирования мелкосерийного производства. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2008615720 / Авторы: Андреев М.А., Иващенко А.В., Скобелев П.О., Царев А.В. – 28 ноября 2008 г.
43. Мультиагентная система управления транспортными ресурсами. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2009616690 / Авторы: Царев А.В., Тарарышкин В.А., Хантеев А.Д., Дорофеева А.Д., Кононов А.В., Майоров И.В., Васильев А.С., Филиппова Е.В., Диязитдинова А.Р., Иващенко А.В., Лада А.Н., Андреев М.В., Скобелев П.О., Сурнин О.Л. – 2 декабря 2009 г.
44. Мультиагентная система динамического планирования персональных задач для мобильных пользователей. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2010614043 / Авторы: Царев А.В., Иващенко А.В., Уланова Л.В., Андреев М.В., Бабанин И.О., Скобелев П.О. – 22 июня 2010 г.
45. Мультиагентная система оперативного управления инструментальным производством. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2011616367 / Авторы: Андреев М.В., Бабанин И.О., Иващенко А.В., Кольбова Э.В., Скобелев П.О., Царев А.В., Шепилов Я.Ю. – 15 августа 2011 г.

Андреев Михаил Владимирович

### **Управление сетевым взаимодействием в цепях поставок научно-производственных предприятий**

### **АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

Подписано в печать 2016. Формат 60 x 84 1/16.

Бумага ксероксная. Печать оперативная.

Усл. печ. л. 1,0. Тираж 100 экз.

Отпечатано в типографии издательства «Инсома-пресс»

443080, г. Самара, ул. Санфириковой, 110А, оф. 22А,

тел. 222-92-40, E-mail: insoma@bk.ru