### Михеева Татьяна Викторовна

# ИССЛЕДОВАНИЕ КОРПОРАТИВНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ С ПРИМЕНЕНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО И КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

#### АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

Работа выполнена на кафедре математических методов в социальных науках ГОУ ВПО «Алтайский государственный университет»

Научный руководитель: доктор физико-математических наук,

профессор Алгазин Геннадий Иванович

Официальные оппоненты: доктор технических наук,

профессор Цхай Александр Андреевич;

кандидат технических наук,

доцент Понькина Елена Владимировна

Ведущая организация: Институт автоматики и электрометрии СО РАН

г. Новосибирск

Защита состоится 22 октября 2010 года в 12-00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.005.04 при ГОУ ВПО «Алтайский государственный университет» по адресу: 656049, г. Барнаул, пр. Ленина, 61.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГОУ ВПО «Алтайский государственный университет» по адресу: 656049, г. Барнаул, пр. Ленина, 61.

Автореферат разослан «20» сентября 2010 г.

Ученый секретарь диссертационного совета д.ф.-м.н., профессор

С.А. Безносюк

#### ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** Проводимое в диссертации исследование направлено на решение задачи повышения эффективности управления производственными корпорациями в условиях рыночных отношений.

Для решения указанной задачи сегодня существует большое количество математических моделей, методов И инструментов исследования производственных систем, включая системы корпоративных поддержки принятия управленческих решений. Центральное место здесь занимают такие разделы теории управления социально-экономическими системами как теория активных систем и теория иерархических игр. Их применение, основанное на подходе, лает теоретико-игровом возможность изучить свойства проектируемых механизмов функционирования, обусловленные проявлениями активности участников системы. Также одним из наиболее перспективных области методов исследования данной является имитационное моделирование. Применение имитационного моделирования позволяет создавать и изучать ситуации, которые могут возникнуть на предприятиях, устанавливать с помощью машинных экспериментов условия их возникновения и варианты решения задач управления, определять, какие факторы являются наиболее важными в данной ситуации и какой вероятный эффект может повлечь за собой изменение параметров.

В сложных, многоуровневых системах управления промышленными предприятиями содержание проблемы производственного планирования во многом сводится к развитию методов согласования взаимодействий Получение согласованных решений подразделений. является основных теоретических проблем, возникающих при анализе и оптимизации корпоративных производственных систем. Пути решения этой проблемы основываются применении математических моделей системного на компромисса, дающих возможность ввести в рассмотрение стратегии обмена полномочий выбору информации И распределения ПО управляющих переменных.

Также следует отметить, что задача согласования принимаемых решений должна учитывать многоцелевую направленность, противоречивость требований к производственной программе со стороны различных

предприятий, неполноту априорной информации (о поставках продукции, ресурсах, множестве допустимых вариантов производственных программ и т.д.), а также большое число параметров систем и разнохарактерность связей между ними. Ни один из выше указанных методов в полной мере не позволяет учесть все аспекты моделируемых систем.

В связи с этим актуальность темы работы состоит в том, что для повышения эффективности управления корпоративными производственными системами требуется разработка новых математических моделей и методов. Одним из решений этой проблемы может быть комплексное применение теории активных систем (теоретико-игрового моделирования), методов имитационного моделирования и математических моделей системного компромисса.

проблемы. Степень изученности В СВОИХ исследованиях полагался труды отечественных И зарубежных ученых, внесших значительный вклад в развитие теории моделирования и управления организационными системами:

- исследование механизмов функционирования и управления организационными системами (В.Н. Бурков, Д.А. Новиков, В.А. Горелик, В.А. Витих, Н.М. Оскорбин, М.В. Губко, Т.Л. Саати, К.А. Багриновский, Л.В. Канторович, Э.Й. Вилкас и др.).
- развитие имитационного моделирования (Н.П. Бусленко, Н.Н.Моисеев, Б.Я. Советов, Ю.Г. Карпов, Р. Шеннон, Т. Нейлор, Е. Киндлер, А. Прицкер, А.А. Вавилов, В.В. Леонтьев, Ю.Н. Павловский и др.).

**Цель диссертационного исследования** — исследование корпоративных отношений и разработка механизмов корпоративного управления активными производственными системами с применением математического и компьютерного моделирования.

Поставленная цель определила следующие основные задачи, которые подлежали решению в рамках данного диссертационного исследования:

- 1. Рассмотреть существующие методы и модели управления промышленными корпорациями.
- 2. Разработать математическую модель согласованного функционирования корпоративной производственной системы с активными

производственными элементами и провести ее исследование на модельных и реальных данных.

- 3. Провести анализ чувствительности разработанной модели, а также вычислительные эксперименты с целью исследования количественных оценок возможных результатов реализации принятых решений в зависимости от структурных изменений и вариации параметров модели.
- 4. Провести апробацию результатов исследования на примере корпоративной системы с крупносерийным типом производства.

**Объектом исследования** выступают механизмы корпоративного управления промышленными предприятиями.

**Предметом исследования** диссертационной работы является применение теоретико-игровых моделей системного компромисса и методов имитационного моделирования для исследования функционирования структурных подразделений промышленных предприятий.

И обоснованность результатов Достоверность полученных исследования диссертационной работы базируется на использовании аппарата теории управления, теории активных систем, теории иерархических игр, системного анализа И имитационного моделирования, метода недоопределенных вычислений, теоретическом исследовании построенной модели и ее практическом применении. Использование данных методов соответствует обозначенной цели исследования, ее задачам, предмету и объекту исследования.

В качестве нормативной и информационной базы были использованы нормативно-организационные документы, статистическая и бухгалтерская отчетность предприятия, научные публикации и материалы периодической печати.

Научная новизна проведенного исследования заключается в следующем:

- 1. Предложен новый механизм корпоративного управления производственными системами, основанный на комплексном применении методов теории активных систем, математических моделей системного компромисса и имитационного моделирования.
- 2. Предложена новая динамическая модель системного компромисса с активными производственными элементами.

3. Показана возможность применения имитационных моделей системного компромисса для анализа и оптимизации функционирования корпоративных производственных систем на модельных и реальных данных.

#### Основные положения, выносимые на защиту:

- 1. Базисная теоретико-игровая модель системного компромисса для корпоративных систем с активными производственными элементами.
- 2. Применение метода недоопределенных вычислений А.С. Нариньяни для анализа чувствительности математической модели системного компромисса корпоративной производственной системы.
- 3. Модификация базисной теоретико-игровой модели для оценки потенциала экономии энергопотребления структурных подразделений ОАО «АСМ-Запчасть».
  - 4. Результаты экспериментальных исследований разработанной модели.

**Практическая значимость** результатов исследования. Разработанные механизмы могут служить основой формирования стратегий в задачах управления деятельностью корпоративных производственных систем с крупносерийным типом производства при краткосрочном планировании для анализа последствий управленческих решений, а также для обоснования рационального варианта управления на основе количественных оценок возможных результатов реализации принятых решений.

Апробация работы и внедрение результатов исследования. Основные положения диссертационной работы докладывались на международной конференции «Вычислительные и информационные технологии в науке, технике и образовании» (Алматы, 2008), на десятой городской научнопрактической конференции молодых ученых «МОЛОДЕЖЬ — БАРНАУЛУ» (Барнаул, 2008), на шестнадцатой международной конференции «Математика. Компьютер. Образование» (Пущино, 2009), на двенадцатой региональной конференции по математике «МАК-2009» (Барнаул, 2009), на семнадцатой международной конференции «Математика. Компьютер. Образование» (Пущино, 2010), на тринадцатой региональной конференции по математике «МАК-2010» (Барнаул, 2010).

Теоретические и практические результаты диссертационной работы внедрены в практику управления машиностроительного предприятия ОАО «АСМ-Запчасть» (г. Рубцовск, Алтайский край).

Диссертационная работа выполнена в рамках проекта РФФИ 08-01-98002 – р сибирь а.

**Публикации.** По теме исследования опубликовано 10 печатных работ, в том числе 5 статей в периодических изданиях (1 в изданиях, рекомендованных ВАК РФ), 5 тезисов докладов конференций.

Структура и объем диссертационной работы. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованных источников и литературы (111 наименований) и приложение. Основное содержание работы изложено на 120 страницах машинописного текста и содержит 12 рисунков и 32 таблицы.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обосновывается актуальность темы диссертационного исследования, дается характеристика степени изученности связанных с ней вопросов, определяются цель, задачи, предмет и объект исследования, его теоретическая, информационная и методологическая базы, формулируются элементы научной новизны, указывается практическая значимости работы. Приведены основные положения, выносимые на защиту.

первой главе «Основные методы и средства моделирования корпоративных производственных систем» рассмотрены различные точки зрения на понятия «корпорация» и «корпоративное управление», а также основные схемы корпоративного управления. Приведены основные механизмы, обеспечивающие реализацию корпоративного управления. Рассмотрены механизмы системного компромисса, дающие возможность ввести рассмотрение стратегии обмена информации и распределения управляющих переменных.

Проведен обзор основных подходов И задач имитационного моделирования, принципов разработки имитационных моделей. Определен перечень характеристик и проведен сравнительный анализ современных программных инструментов имитационного моделирования систем протекающими в них дискретными динамическими процессами, в результате выбор которого произведен программных средств ДЛЯ реализации динамической имитационной модели системного компромисса и проведения вычислительных экспериментов.

Для исследования организационных механизмов функционирования корпоративных производственных систем автором предлагается комплексное применение теории активных систем (теоретико-игрового моделирования) и моделей системного компромисса, а также методов имитационного моделирования и сценарного подхода.

**Во второй главе** «Исследование корпоративных производственных систем с активными элементами с применением теории активных систем, моделей системного компромисса и имитационного моделирования» приведена теоретико-игровая модель системного компромисса для корпоративных систем с активными производственными элементами.

В исследовании рассматривается промышленная корпорация, состоящая из управляющей компании, производственных предприятий, производящих конечную продукцию и маркетингового подразделения (торговая компания). Функции принятия решений между участниками распределены следующим образом. Производственные предприятия обеспечивают организацию производства. Функции обеспечения материальными ресурсами процесса производства и реализации готовой продукции выполняет торговая компания, сбыта. имеющая сеть каналов Управляющая компания стратегическим управлением объединения. При этом участники корпорации, в целом, остаются независимыми, и преследуют, прежде всего, свои интересы.

Основой для проведения данного исследования является динамическая модель системного компромисса с активными производственными элементами, включающая:

– задачу участника верхнего уровня – центра

$$\begin{cases} F_0^T(x_0, x^T) \to \max_{x_0, x^T}, \\ x_0 \in X_0, \\ x^T \in X^T(\alpha_c), \end{cases}$$
 (1)

– задачи участников нижнего уровня – подразделений (на примере одного)

$$\begin{cases} f^{T}(x_{0}, x^{T}) \to \max_{x^{T}}, \\ x^{T} \in X^{T}(\alpha_{s}). \end{cases}$$
 (2)

Здесь  $x_0$  — вектор переменных, которые выбирает управляющая компания (центр). Именно право выбора этого системного фактора определяет

подчиненное положение остальных участников (производственных подразделений — подсистем) системы;  $x^T$  — переменная (вектор переменных), которая совместно контролируется участниками различных уровней иерархии;  $X_0, X^T$  — множества выборов переменных  $x_0, x^T$ , соответственно;  $\alpha_c$  и  $\alpha_c \le \alpha_s$  — информированность центра и подсистем о множестве  $X^T$ , соответственно.

Для формализованного описания модели используются следующие обозначения:

- $F_0(\cdot)$  целевая функция корпоративного центра (управляющей компании);
- $f_{i}(\cdot)$  целевая функция элемента нижнего уровня (*i*-го предприятия);
- $x_0$  коэффициент отчислений прибыли центром элементам нижнего уровня;
- $x_{i}$  объем (вектор объемов) производства i-го предприятия;
- $\pi_i(\cdot)$  производственная функция i-го предприятия;
- р цена (вектор цен) единицы продукции;
- $c_i(\cdot)$  функция затрат i-го производства;
- $\bar{x}_{i}$  верхняя граница выпуска *i*-го производства за период;
- $R^{t}$  объем ресурсов (вектор), имеющийся на начало периода t;
- $r_i^t$  объем ресурсов (вектор), получаемый *i*-м производством в периоде t;
- $r_{i \ ocm}^{t}$  объем остатка ресурсов (вектор) i-го производства в конце периода t;
- $s_i^t$  объем ресурсов (вектор), запрашиваемый i-м производством в периоде t;
- *m* число видов ресурсов, участвующих в производстве;
- n число элементов нижнего уровня (предприятий).

Деятельность промышленной корпорации рассматривается в течение планового периода T, состоящего из нескольких периодов оперативного  $t (t = \overline{1,l})$ . Задачами вмешательства корпоративного центра являются: определение коэффициента отчислений от прибыли предприятий  $x_0$  на весь период планирования Т и распределение между предприятиями фактически имеющихся ресурсов  $R^t$  на каждый период оперативного вмешательства  $t \ (t = \overline{1,l})$  исходя из своей информированности таким образом, чтобы достичь максимума возможной собственной прибыли, учитывая также и интересы производителя. Предполагается, что в задаче каждого предприятия зависимость между объемом производимой продукции и объемами используемых ресурсов задана в виде производственной функции.

Исследование проведено на следующем модельном примере, иллюстрирующем важный частный случай функционирования корпоративной системы, включающей n предприятий. Задача центра имеет вид:

$$\begin{cases} F_0^T(x_0, x^T) = (1 - x_0) \cdot \sum_{i=1}^n p \cdot x_i^T \to \max_{x_0}, \\ x^T = (x_1^T, x_2^T, \dots, x_n^T), \\ x_i^T = \sum_{i=1}^l x_i^t, \\ x_0 \in [0;1], \\ x_i^T \in [0; \alpha_c \cdot \overline{x}_i]. \end{cases}$$
(3)

Соответственно задача подсистем для периода t может быть записана в следующем виде:

$$\begin{cases} f_i^t(x_0, x_i^t) = x_0 \cdot p \cdot x_i^t - c_i(x_i^t) \to \max_{x_i^t}, \\ x_i^t \in [0; \alpha_s \cdot \overline{x}_i], \\ x_i^t = \pi_i(h_i^t), \\ h_i^t = r_i^t + r_{i \text{ ocm}}^{t-1}, \\ i = \overline{1, n}, \\ t = \overline{1, l}. \end{cases}$$

$$(4)$$

Таким образом, процесс планирования осуществляется в два этапа:

- 1) определение коэффициента отчислений  $x_0$  на основе решения задачи типа  $\Gamma_1$ ;
- 2) распределение ресурсов между предприятиями.

Основным содержанием настоящего исследования является изучение организационных механизмов функционирования корпоративных систем с проведением многовариантного сценарного анализа и анализа чувствительности модели.

Сценарный анализ включает в себя:

Сценарий 1. Формирование показателей корпоративной производственной системы в зависимости от уровня информированности корпоративного центра о производственных возможностях предприятий.

Сценарий 2. Формирование показателей корпоративной производственной системы в зависимости от распределения приоритетов целей участников при принятии решений.

Варианты сценария 2 в порядке уменьшения влияния центра на подсистемы:

1) центр игнорирует существование целей подсистем при распределении ресурсов, а также заявки подсистем и распределяет ресурсы, исходя из своей информации об их производственных возможностях. Если бы центр имел полную информацию о производственной функции элементов нижнего уровня, то с точки зрения получения своей максимальной прибыли центр должен расставить приоритеты по вкладу в общий объем производства. Если центр не имеет достоверной информации о производственной функции, как это предполагается в нашей модели, то больший приоритет получает тот участник, информации который ПО центра имеет большие производственные возможности. Таким образом, заявки участников, также как и их интересы, не учитываются центром. Также полагаем, что в начале каждого периода оперативного вмешательства центр уточняет свою информированность о производственных возможностях предприятий. Тогда, задача корпоративного центра запишется в следующем виде. На первом шаге центр определяет коэффициент отчислений  $x_0$  на период [0,T]:

$$\begin{cases} F_0^T(x_0, x^T) = (1 - x_0) \cdot \sum_{i=1}^n p \cdot x_i^T \to \max_{x_0}, \\ x_0 \in [0;1], \\ f_i^T(x_0, x_i^T) = p \cdot x_0 \cdot x_i^T - c_i(x_i^T) \to \max_{x_i^T}, \\ x_i \in [0; \alpha_c \cdot \overline{x_i}], \\ i = \overline{1, n}. \end{cases}$$

Далее для каждого периода t центр решает следующую задачу:

$$\begin{cases} F_0^t(x_0, x^t) = (1 - x_0) \cdot \sum_{i=1}^n p \cdot x_i^t \to \max_{x^t} \\ x_i^t \in [0; \alpha_c^t \cdot \bar{x}_i], \\ x_i^t = \pi_i(h_i^t), \\ \alpha_c^t = \lambda \cdot \alpha_c^{t-1} \\ i = \overline{1, n}, \\ t = \overline{1, l}. \end{cases}$$

Здесь возможно два варианта сценария:

- а) случай, когда подсистемы информируют центр об остатках ресурсов;
- б) случай, когда подсистемы не информируют центр об остатках ресурсов.

- 2) центр учитывает существование целей подсистем, обеспечивая им результат не ниже гарантированного, определяемый по оценке центра, а также учитывает заявки подсистем. Центр принимает заявки подсистем  $(s_1^t, s_2^t, ..., s_n^t)$ , но ресурсы распределяет исходя из своих собственных интересов и интересов подсистем. Последнее *<u>УЧИТЫВАЕТСЯ</u>* В форме ограничений  $f_i^t(x_0^t, x_i^t) \ge L(\alpha_c^t) = \max_{x_i^t \in X_i^t(\alpha_c^t)} \min_{x_0^t \in X_0} f_i^t(x_0^t, x_i^t)$ , в задаче оптимизации, решаемой центром, следующий приоритетный механизм: центр упорядочивает подсистемы в порядке убывания предельной эффективности использования ресурса (выпуска продукции на единицу ресурса), информация о которой поступает вместе с заявками на ресурсы, и распределяет ресурс в размере, заявленном подсистемами, пока не будет распределен весь ресурс. Здесь также полагаем, что в начале каждого периода оперативного вмешательства центр уточняет свою информированность;
- 3) центр делегирует выбор решений в определении объемов ресурсов на нижний уровень. При этом на временном интервале [0,T] центром решается задача определения коэффициента отчислений от прибыли предприятий  $x_0$ , в которой цели подсистем учитываются так, чтобы они могли рассчитывать на гарантированный результат:

$$\begin{cases} F_0^T(x_0, x^T) = p \cdot (1 - x_0) \sum_{i=1}^n x_i^T \to \max_{x_0}, \\ x_0 \in [0;1], \\ f_i^T(x_0, x_i^T) \ge L(\alpha_c) = \max_{x_i^T \in X_i^T(\alpha_c)} \min_{x_0 \in X_0} f_i^T(x_0, x_i^T) \\ x_i \in [0; \alpha_c \cdot x_i], \\ i = \overline{1, n}; \end{cases}$$

4) центр делегирует выбор решений в определении объемов ресурсов на нижний уровень. Но здесь, в отличие от предыдущего варианта, на временном интервале [0,T] решается задача определения коэффициента отчислений от прибыли предприятий  $x_0$ , в которой центр считает, что подсистемы действуют оптимальным для себя образом.

Сравнительные значения параметров для сценария 1 приведены в таблице 1.

Таблица 1 Значения параметров при разной информированности центра

Параметр						
$\alpha_c$	$x_0$	$X^{T}$	$F_0^T$	$f_1^T$	$f_2^T$	$f_3^T$
0,3	0,87	1435	14007,02	24184,1	14124,8	20337,1
0,4	0,75	1436	26945,4	19186,2	11377,5	18950,6
0,5	0,67	1434	35491,5	18792,2	10771,8	16855,2
0,6	0,61	1435	42097,0	13239,2	6822,8	10394,4
0,7	0,57	1439	46325,3	11720,1	5578,4	9097,0
0,8	0,53	1435	50597,8	10006,3	4445,2	7606,1
0,9	0,50	1436	53816,7	8662,4	3673,8	6549,5
1	0,48	1433	55879,9	7791,8	3158,1	5740,0

Таким образом, ОНЖОМ отметить следующее: чем выше производственных информированность центра  $\alpha_{c}$ 0 возможностях предприятий, тем меньше величина коэффициента  $x_0$ . Другими словами, тем меньше доля прибыли остающейся в распоряжении производственных подразделений и выше прибыль корпоративного центра. На изменение величины  $x_0$  подсистемы реагируют уменьшением величины заявок на ресурс. Это связано с тем, что при уменьшении значения  $x_0$  уменьшается и значение  $x_i$ , в котором целевая функция производственного подразделения достигает своего максимума.

Сравнительные значения параметров для вариантов сценария 2 приведены в таблице 2.

Таблица 2 Значения параметров в зависимости от распределения приоритетов между центром и подсистемами

Параметр									
Вариант	$x_0$	$r_1^T$	$r_2^T$	$r_3^T$	$X^{T}$	$F_0^T$	$f_1^T$	$f_2^T$	$f_3^T$
сценария									
1.1	0,67	2638,9	1942,7	1188,4	1433	35466,8	22500,9	17014,2	9713,0
1.2	0,67	2640,2	1986,9	1142,9	1435	35516,3	22533,4	17416,9	9367,5
2	0,67	2281,5	1616,8	1871,7	1438	35590,5	19562,8	14692,5	15297,2
3	0,65	2406,3	1322,8	2040,9	1433	37616,3	19690,8	11551,7	15957,7
4	0,67	2188,4	1403,7	2178,0	1435	37590,0	18792,2	12791,5	17757,8

С точки зрения общей прибыли корпорации, как суммы прибылей участников, варианты 1 и 2, в которых влияние центра на подсистемы больше,

чем в остальных вариантах, являются наименее выгодными. Также в варианте 2 наблюдается перераспределение прибыли от подсистем с меньшей предельной эффективностью использования ресурса (предприятия 2 и 3) в пользу подсистемы с большей предельной эффективностью использования ресурса (предприятие 1), которое является характерной чертой выбранного механизма распределения ресурсов. Наиболее выгодным с точки зрения общей прибыли корпорации и корпоративного центра являются варианты 3 и 4, в которых влияние центра на подсистемы является наименьшим. Таким образом, можно сказать, что чем слабее влияние центра (в условиях его неполной информированности) на подсистемы, тем больше общая прибыль корпорации.

Анализ чувствительности модели корпоративной производственной системы проведен с применением метода недоопределенных вычислений.

Метод недоопределенных вычислений (Н-моделей) – новая теория и технология эффективного решения широкого спектра проблем (от прикладных расчетов до обработки знаний и задач искусственного интеллекта). Данный метод был разработан в Российском институте искусственного интеллекта в начале 80-х годов А.С. Нариньяни для предоставления и обработки не полностью определенных знаний. Рассматриваемый вначале как оригинальный подход области искусственного интеллекта, ОН постепенно трансформировался в прикладную технологию, относящуюся к направлению «программирование в ограничениях», которое активно развивается в последнее время в мире, как одно из наиболее перспективных в информационных технологиях.

Рассмотрим методологические вопросы применения данной технологии. Понятие «недоопределенное значение» в теории недоопределенных вычислений является базовым и определяется как оценка величины, которая в общем случае является по своей природе более точной, чем позволяет установить доступная нам в данный момент информация. Недоопределенная переменная (Н-переменная) может принимать любое из недоопределенных значений (Н-значений), каждое из которых представляет собой ту или иную подобласть области значений данного параметра.

Любой формальной системе можно сопоставить ее недоопределенное расширение (H-расширение), которое включает как соответствующий тип H-переменной, так и соответствующее расширение операций (H-операции) и отношений (H-отношения) исходной формальной системы.

С применением метода недоопределенных вычислений проведено исследование на чувствительность показателя  $x^T$  (общий выпуск корпорации за период T) к изменению параметра  $R^T$ ,  $R^T = \sum_{i=1}^{J} r^i$ .

Предполагается, что на начало каждого периода t в распоряжении центра имеется  $r^t$  единиц ресурса, который он распределяет между предприятиями корпорации  $r^t = \sum_{i=1}^n r_i^t$ . Задача заключается в таком распределении ресурсов, чтобы суммарный выпуск корпорацией был максимален. Ценность ресурса для i-го производственного подразделения определяется его производственной функцией, т.е. объемом произведенной продукции  $x_i^t = \frac{r_i^t}{a_i}$ , где  $a_i$  — вектор норм расхода ресурсов.

Общий объем производства за период планирования T составит:

$$x^{T} = \sum_{t=1}^{l} x^{t} \left( x^{t} = \sum_{t=1}^{n} x_{i}^{t} \right).$$
 (5)

Имеем:

$$\Delta R^T = \sum_{t=1}^l \Delta r^t = \sum_{t=1}^l \sum_{i=1}^n \Delta r_i^t, \tag{6}$$

$$\Delta x^{T} = \sum_{t=1}^{l} \Delta x^{t} = \sum_{t=1}^{l} \sum_{i=1}^{n} \frac{\Delta r_{i}^{t}}{a_{i}},$$
(7)

где  $\Delta x^{T}$  — изменение объема производства  $x^{T}$ , если объем ресурса системы изменится на  $\Delta R^{T}$ .

Тогда, имеем следующее:

$$\Delta x_{\text{max}}^T = \frac{1}{a^{\min}} \Delta R^T, \tag{8}$$

$$\Delta x_{\min}^T = \frac{1}{a^{\max}} \Delta R^T, \tag{9}$$

$$\Delta x^T \in [\Delta x_{\min}^T, \Delta x_{\max}^T]. \tag{10}$$

В рассматриваемой модели корпорации механизм распределения ресурсов между предприятиями при переходе по оперативным периодам t не меняется на всем периоде планирования T. Это определяет, в конечном счете то, что на изменение  $\Delta x^T$  влияет только распределение ресурса  $\Delta R^T$  между предприятиями за весь период T.

В связи с этим основная процедура решения здесь состоит в том, как далее организовать процесс последовательного монотонного уточнения границ интервала изменения параметра  $\Delta x^T$  модели с применением метода недоопределенных вычислений.

Учитывая то, что интервал возможных значений результата равен сумме интервалов возможных значений аргументов, рассмотрим изменение параметра  $x^{T}$  по каждому предприятию отдельно. Тогда запишем следующее:

$$\begin{cases} \Delta x_i^T = \frac{\Delta r_i^T}{a_i}, \\ \Delta r_i^T = \frac{s_i}{\sum_{i=1}^n s_i} \cdot \Delta R^T, \\ i = \overline{1, n}, \end{cases}$$
(11)

где  $s_i$  – заявки i-ого предприятия на ресурс.

Динамика изменения значений параметров  $\Delta x_i^T$  и  $\Delta r_i^T$  в процессе вычислений представлена в таблице 3.

Таблица 3 Динамика изменения значений параметров модели корпорации в процессе недоопределенных вычислений

<u>№</u>	Н-значения (текущее\новое)	№	Н-значения (текущее\новое)
1	$\Delta x_1 = [0,750] \setminus [0,300]$	16	$\Delta r_2 = [0,768] \setminus [650,768]$
2	$\Delta r_1 = [0,3000] \setminus [0,1200]$	17	$\Delta x_3 = [0,273] \setminus [0,273]$
3	$\Delta x_2 = [0,789] \setminus [0,750]$	18	$\Delta r_3 = [0,1146] \setminus [0,1146]$
4	$\Delta r_2 = [0,3000] \setminus [0,2850]$	19	$\Delta x_1 = [274,300] \setminus [274,296]$
5	$\Delta x_3 = [0,714] \setminus [0,274]$	20	$\Delta r_1 = [1095, 1200] \setminus [1095, 1185]$
6	$\Delta r_3 = [0,3000] \setminus [0,1150]$	21	$\Delta x_2 = [171,202] \setminus [193,202]$
7	$\Delta x_1 = [0,300] \setminus [271,300]$	22	$\Delta r_2 = [650,768] \setminus [731,768]$
8	$\Delta r_1 = [0,1200] \setminus [1085,1200]$	23	$\Delta x_3 = [0,273] \setminus [258,273]$
9	$\Delta x_2 = [0,750] \setminus [0,202]$	24	$\Delta r_3 = [0,1146] \setminus [1083,1146]$
10	$\Delta r_2 = [0,2850] \setminus [0,768]$	25	$\Delta x_1 = [274,296] \setminus [278,296]$
11	$\Delta x_3 = [0,274] \setminus [0,273]$	26	$\Delta r_1 = [1095,1185] \setminus [1112,1185]$
12	$\Delta r_3 = [0,1150] \setminus [0,1146]$	27	$\Delta x_2 = [193,202] \setminus [193,202]$
13	$\Delta x_1 = [271,300] \setminus [274,300]$	28	$\Delta r_2 = [731,768] \setminus [731,768]$
14	$\Delta r_1 = [1085, 1200] \setminus [1095, 1200]$	29	$\Delta x_3 = [258,273] \setminus [258,271]$
15	$\Delta x_2 = [0,202] \setminus [171,202]$	30	$\Delta r_3 = [1083,1146] \setminus [1083,1139]$

Поскольку интервал возможных значений результата равен сумме интервалов возможных значений аргументов, получим для  $\Delta R^T = 3000$  изменение параметра  $x^T$  составит  $\Delta x^T = [731,769]$ .

Таким образом, с применением метода недоопределенных вычислений получена более точная оценка для величины изменения выпуска продукции корпорации обусловленного изменением величины используемого ресурса, по сравнению с оценкой, полученной аналитически (10)  $\Delta x^T = [714,789]$ .

Анализ коэффициента чувствительности  $\frac{\Delta x^T}{\Delta R^T} \approx 0,25$ , отражающий влияние изменения параметра величины используемого ресурса  $R^T$  на показатель выпуска продукции корпоративной системы  $x^T$  показал, что параметр  $R^T$  имеет существенное влияние на исследуемый показатель.

В третьей главе «Модификация базисной модели для оценки потенциала экономии энергопотребления структурных подразделений ОАО «АСМ-Запчасть» рассматривается прикладная математическая модель системного компромисса при распределении дохода от экономии ресурсов, являющаяся частным случаем задачи, описанной во второй главе.

Базисная модель в данном случае записана в виде следующих моделей A и Б.

Модель А. Потенциал энергосбережения реализуется за счет активности элементов. Модель основывается на следующих базисных положениях:

- 1) подразделение считается активным элементом системы, т.е. оно свободно выбирает размер экономии, который может быть осуществлен на данном производстве за определенный промежуток времени,  $\Theta_i^*$  в пределах  $[0;\alpha,\cdot\overline{\Theta}_i]$ ;
- 2) поведение подразделений зависит от трудозатрат в области экономии ресурса, которые можно выразить функцией  $c_i(\theta_i)$ , зависимой только от активности подразделения и удовлетворяющей специальным ограничениям;
- 3) фонд оплаты экономии ресурсов K формируется за счет экономии ресурсов, а плата за экономию устанавливается как доля  $x_0 \in [0;1]$  этого фонда.

Математическая модель поведения центра с учетом описанных условий может быть представлена в виде следующей модели системного компромисса:

задача центра -

$$\begin{cases} F_0(x_0, \Im) = (1 - x_0) \cdot \sum_{i=1}^n \Im_i \to \max_{x_0, \Im_i}, \\ x_0 \in [0;1], \\ \Im = (\Im_1, \Im_2, \dots, \Im_n), \\ \Im_i \in [0; \alpha_c \cdot \overline{\Im}_i]; \end{cases}$$

$$(12)$$

задача подсистем -

$$\begin{cases} f_{i}(x_{0}, \Im_{i}) = x_{0} \cdot \Im_{i} - c_{i}(\Im_{i}) \to \max_{\Im_{i}}, \\ \Im_{i} \in [0; \alpha_{s} \cdot \overline{\Im}_{i}], \\ i = \overline{1, n}. \end{cases}$$
(13)

Решение о целесообразности стимулирования подразделений на экономию ресурсов принимает руководство путем сравнения полученного дохода от экономии этих ресурсов с затратами на организацию системы стимулирования и поддержания ее функционирования (например, на установку приборов учета ресурсов).

Модель Б. Потенциал энергосбережения реализуется мероприятиями центра. Эта модель отличается от предыдущей модели тем, что здесь реализация энергосберегающих технологий зависит от трудовых и денежных ресурсов по решениям центра в виде производственной функции Кобба-Дугласа  $\Im_i = \alpha_0 \cdot K^{\alpha_1} \cdot L^{1-\alpha_1}$ , где K- вложенные средства, L- трудовые ресурсы, осуществляющие энергосбережение. Другим отличием является возникновение новой задачи по оценке оптимального распределения указанных ресурсов, ответственным за определение которого выступает центр.

Дадим общую характеристику рассматриваемого предприятия и его системы энергопотребления. ОАО «АСМ-Запчасть» относится к отрасли сельскохозяйственного машиностроения, специализируется на выпуске запасных частей для сельскохозяйственных машин и другой продукции. По направлениям использования энергопотребление производственного подразделения ОАО «АСМ-Запчасть» разделяется: на технологические нужды, двигательную нагрузку и обеспечение условий труда. Удельный вес энергозатрат технологических процессов ОАО «АСМ-Запчасть» превышает 50%. Поэтому, оценка потенциала и разработка технологий сбережения электроэнергии является наиболее актуальной задачей энергосбережения.

В качестве примера выбран процесс производства лапы «АСМ 00120 (сормайт)» участка по производству культиваторных лап. Выбор данного вида

продукции предприятия обусловлен его высоким удельным весом в объеме произведенной и реализованной продукции (24,55% и 26,33% соответственно), а также высоким электропотреблением кузнечно-прессового оборудования.

На данном участке производства существует возможность сокращения затрат на электроэнергию за счет снижения времени работы оборудования во время технологического простоя. В настоящее время данный резерв снижения затрат не используется, так как работники не имеют материальной заинтересованности в экономии ресурса.

Согласно принятым обозначениям, модель системного компромисса запишется следующим образом:

поведение центра –

$$\begin{cases} F_{_{0}}^{T}(x_{0}, \Im^{T}) = (1 - x_{0}) \cdot \sum_{i=1}^{n} \Im_{i}^{T} \rightarrow \max_{x_{0}, \Im^{T}}, \\ \Im^{T} = (\Im_{1}^{T}, \Im_{2}^{T}, ..., \Im_{n}^{T}), \\ \Im_{i}^{T} = \sum_{t=1}^{l} \Im_{i}^{t}, \\ x_{0} \in [0; 1], \\ \Im_{i}^{T} \in [0; \alpha_{c} \cdot \overline{\Im}_{i}^{T}]; \end{cases}$$

$$(14)$$

задача подсистем -

$$\begin{cases} f_i^T(x_0, \beta_i^T) = x_0 \cdot \beta_i^T - c_i(\beta_i^T) \to \max_{\beta_i^T}, \\ \beta_i^T \in [0; \alpha_s \cdot \overline{\beta}_i^T], \\ \beta_i^T = \sum_{t=1}^l \beta_i^t, \\ i = \overline{1, n}. \end{cases}$$

$$(15)$$

Кроме того, предлагается ввести механизм пересмотра норм расхода электроэнергии, например методом экспоненциального сглаживания. Экспоненциальное сглаживание — метод прогнозирования временных рядов, применяется для предсказания значения на основе прогноза для предыдущего периода, скорректированного с учетом погрешностей в этом прогнозе. Основное преимущество данного метода в том, что он может быть использован для краткосрочных прогнозов будущей тенденции на один период вперед.

Механизм пересмотра определяется следующим выражением:

$$\Pi_i(t+1) = \beta \cdot \Pi_i^{\phi}(t) + (1-\beta) \cdot \Pi_i(t), \tag{16}$$

здесь  $\Pi_i(t)$  — норма расхода для периода t ,  $\Pi_i^\phi(t)$  — расход за период t . Коэффициент  $\beta$  выбирается таким образом, чтобы суммарная экономия за

период [0;Т] была максимальна.

Одновременно с корректировкой норм расхода уточняются оценки информированности  $\alpha_c$  и  $\alpha_s$ .

По результатам моделирования доход участников составит  $F_0^T=28,96$ ;  $f_1^T=0,65$ ;  $f_2^T=0,71$ ;  $f_3^T=0,8$ ;  $f_4^T=1,12$ ;  $f_5^T=0,25$ ;  $f_6^T=0,42$ ;  $f_7^T=0,07$ ;  $f_8^T=1,10$ ;  $f_9^T=0,01$  тыс. руб.

Проведенный сравнительный анализ результатов, полученных в результате моделирования, с фактическими данными производства позволяет сделать вывод об эффективности использования предлагаемой модели. В частности использование результатов моделирования позволяет снизить потребление электроэнергии в среднем на 20%.

В диссертации проведено экономическое обоснование целесообразности использования на практике данного механизма, период окупаемости которого составит менее года.

В заключении диссертационной работы представлены основные результаты проведенного исследования, выражающиеся в следующих положениях:

- 1. Разработаны новые механизмы корпоративного управления производственными системами, основанные на комплексном применении методов теории активных систем, системного компромисса и имитационного моделирования. Особенностью данных механизмов является введение в рассмотрение стратегии обмена информации и распределения управляющих переменных в задачах согласования взаимодействия подразделений системы.
- 2. В рамках исследования разработана динамическая теоретико-игровая модель системного компромисса для корпоративных систем с активными Предложенная производственными элементами. модель может быть рекомендована ДЛЯ использования на практике при краткосрочном планировании корпоративной системы с крупносерийным типом производства, а также для обоснования рационального варианта управления на основе количественных оценок возможных результатов реализации принятых решений.

- 3. С применением вычислительных экспериментов проведено исследование разработанной модели, включающее проведение сценарного анализа модели и анализа чувствительности с применением метода недоопределенных вычислений.
- 4. Предложена новая математическая модель системного компромисса при распределении дохода от экономии ресурсов, позволяющая с использованием соответствующих данных оперативно корректировать нормы расхода ресурса и оценки информированности подразделений. Данная модель рекомендована для разработки энергосберегающих технологий структурных подразделений предприятия, оценки потенциала энергосбережения каждого подразделения (в рамках выбранных технологий энергосбережения).

# ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ИССЛЕДОВАНИЯ\*

- 1. Комкина Т.В. (Михеева Т.В.) Интегративный подход к проблеме принятия решений в социальных общностях с использованием математических методов // Интеллектуальный потенциал ученых России: труды Сибирского института знаниеведения. Выпуск VI. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2006. С. 109-111.
- 2. Алгазин Г.И., Михеева Т.В. Имитационное моделирование корпоративных систем с активными производственными элементами // Вестник алтайской науки. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2008. №2(2). С. 37-48.
- 3. Алгазин Г.И., Михеева Т.В. Применение игровых имитационных моделей системного компромисса анализа функционирования ДЛЯ корпоративных производственных систем // Вычислительные технологии, том КАЗНУ Аль-Фараби. Серия 13. Вестник им. математика, механика, информатика. Алматы-Новосибирск, 2008. – №3(58). – С. 120-125.
- 4. Михеева Т.В. Сценарный подход в задачах исследования организационных механизмов функционирования корпоративных производственных систем // Математика. Компьютер. Образование: сборник научных тезисов шестнадцатой международной конференции (Пущино, 19-24 января, 2009). Выпуск 16. Часть 1. Москва-Ижевск: R&C Dinamics, РХД, 2009. С. 151.

-

<sup>\*</sup>Жирным шрифтом выделены статьи в изданиях, рекомендованных ВАК РФ

- 5. Михеева Т.В. Обзор существующих программных средств имитационного моделирования при исследовании механизмов функционирования и управления производственными системами // Известия Алтайского государственного университета. Серия: Математика и механика; управление, вычислительная техника и информатика; физика. Барнаул, 2009. №1(61). С. 87-90.
- 6. Михеева Т.В. Оценка последствий принятия управленческих решений в корпоративных производственных системах // МАК-2009: материалы двенадцатой региональной конференции по математике (Барнаул, июнь, 2009). Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2009. С. 103-104
- 7. Михеева Т.В. Информационные технологии имитационного моделирования в организации корпоративной производственной системы // Вестник Новосиб. гос. ун-та. Серия: Информационные технологии. 2009. Новосибирск: Редакционно-издательский центр НГУ, 2009. Т.7, вып. 2. С. 42-48
- 8. Михеева Т.В. Совершенствование методов управления корпоративной производственной системой путем использования технологий имитационного моделирования и математических моделей системного компромисса // Молодежь-Барнаулу: материалы десятой городской научно-практической конференции молодых ученых (17-21 ноября 2008 г.). Т.2. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2009. С. 281-282.
- 9. Михеева Т.В. Модель сбережения ресурсов в подразделениях производства // Математика. Компьютер. Образование: сборник научных тезисов семнадцатой международной конференций (Пущино, 25-30 января, 2010 г.). Выпуск 17. Москва-Ижевск: РХД, 2010. С. 157.
- 10. Михеева Т.В. Модель оценки потенциала экономии энергопотребления в подразделениях производства // МАК-2010: материалы тринадцатой региональной конференции по математике (Барнаул, июнь, 2010). Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2010. С. 100-101.

Подписано в печать 14.09.2010г. Формат бумаги 60х84/16
Офсетная печать. Объем 1 печ. л.
Заказ № Тираж 100 экз. Бесплатно.
Типография АлтГУ
656049, Барнаул, ул. Димитрова, 66