

На правах рукописи

Иващенко Андрей Александрович



**МОДЕЛИ И МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ
ОРГАНИЗАЦИОННЫМИ ПРОЕКТАМИ**

Специальность: 05.13.18 – «Математическое моделирование,
численные методы и комплексы программ»

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва – 2003

Работа выполнена на кафедре проблем управления Московского физико-технического института (государственного университета)

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Новиков Дмитрий Александрович

Официальные оппоненты: доктор физико-математических наук,
профессор Кононенко Александр Федорович

кандидат физико-математических наук,
доцент Бирюков Сергей Иванович

Ведущая организация: Воронежский государственный архитек-
турно-строительный университет (ВГАСУ)

Защита состоится « 9 » октябре 2003 г. в 12.00
час. на заседании диссертационного совета К 212.156.02 при Мос-
ковском физико-техническом институте по адресу Московская обл.,
г. Долгопрудный, Институтский пер., д.9.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Московского
физико-технического института.

Автореферат разослан « 8 » сентябре 2003 г.

Ученый секретарь диссертационного
совета, кандидат
физико-математических наук



Федько О.С.

Общая характеристика работы

Актуальность темы. Многообразие и быстрое изменение условий функционирования экономических объектов, характерные для современного этапа социально-экономического развития России, делают необходимым разработку специальных методов управления проектами (процессами изменений). Теория управления проектами, развиваемая в работах В.Н. Буркова, В.И. Воропаева, В.А. Ирикова, Г. Кристиансена, В.И. Либерзона, Д.А. Новикова, Г.С. Поспелова, Т. Санталайнена, К. Флеминга, В.Д. Шапиро и др., если и выделяет организационные системы в качестве специфического предмета изменений, то, как правило, не предлагает адекватных моделей и механизмов (методов) управления. Поэтому необходимы исследование, разработка и адаптация теоретико-игровых и оптимизационных моделей и методов управления организационными проектами (ограниченными во времени целенаправленными изменениями организационных систем (ОС) с установленными требованиями к качеству результатов, возможными рамками расхода средств и ресурсов и специфической организацией), что обуславливает актуальность темы настоящей работы.

Цель работы состоит в исследовании, разработке и внедрении моделей и методов эффективного управления организационными проектами.

Достижение поставленной цели требует решения следующих **основных задач**:

1. Разработка формальной модели проекта, включая выявление специфики организационных проектов, введение системы классификаций задач управления ими и исследование возможности применения известных механизмов управления проектами.

2. Синтез эффективных механизмов управления организационными проектами, в том числе механизмов планирования и стимулирования, учитывающих активность поведения участников проекта и возможную неопределенность относительно условий его выполнения.

3. Внедрение теоретических результатов, полученных в результате анализа моделей, при управлении реальными организационными проектами.

Основным методом исследования является математическое моделирование, то есть разработка и исследование математических моделей управления организационными проектами с использованием подходов и результатов теории активных систем, теории игр, системного анализа и исследования операций.

Связь с планом. Исследования по теме диссертационной работы проводились в соответствии с плановой тематикой работ Московского физико-технического института (государственного университета).

Научная новизна работы заключается в следующем:

1. Сформулирована модель организационного проекта, в рамках которой изменение организационной системы заключается в изменении: ее состава, структуры и порядка функционирования, а также допустимых множеств, целевых функций и информированности участников.

2. Конструктивно обоснована возможность использования известных механизмов управления проектами на различных этапах жизненного цикла организационного проекта.

3. Построена модель саморазвития, в рамках которой сформулированы и решены задачи развития персонала, управляющего органа и комплексного развития.

4. В результате разработки и исследования теоретико-игровых и оптимизационных моделей предложены следующие методы управления организационными проектами: согласования интересов в матричной оргструктуре; нечеткого критического пути; синтеза состава исполнителей; управления риском; оптимизации распределенных организационных проектов.

Практическая значимость заключается в возможности разработки и обоснования эффективных механизмов управления организационными проектами. Предложенные процедуры имеют особую актуальность при их использовании для повышения эффективности управления организационными проектами в наукоемких отраслях.

Реализация результатов работы. Полученные в диссертационной работе результаты использованы при разработке, адаптации и внедрении систем управления организационными проектами в ряде биотехнологических фирм, что подтверждено актами и справками о внедрении.

Личный вклад. Все основные результаты получены автором.

Апробация работы. Основные результаты, полученные в диссертационной работе, докладывались на семинарах Московского физико-технического института, Института проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, XLIV научной конференции МФТИ «Современные проблемы фундаментальных и прикладных наук» (Долгопрудный, 2001), международной научно-практической конференции «Современные сложные системы управления» (Воронеж, 2003), международной конференции по проблемам управления (Москва, 2003).

Публикации. По теме диссертационной работы автором опубликовано 10 печатных работ общим объемом 6,3 печатных листов.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы и приложения. Работа содержит 131 стр. текста, список литературы включает 147 наименований. Приложение содержит акты и справки, подтверждающие практическую реализацию и внедрение результатов диссертационной работы.

Содержание работы

Во **введении** обоснована актуальность темы диссертационной работы, определены цель и задачи исследования, охарактеризованы используемые методы, описаны структура работы, взаимосвязь и краткое содержание ее разделов, а также приведен обзор современных подходов к теоретическому исследованию и практическому использованию методов управления проектами.

Первая глава посвящена обсуждению проблем управления организационными проектами.

В **разделе 1.1** отмечается, что в литературе, в зависимости от сферы деятельности, в которой осуществляется проект, во-первых, различают следующие их типы: технический проект; организационный проект; экономический проект; социальный проект, а также все их возможные комбинации (смешанные проекты). Во-вторых, подчеркивается, что, например, реформирование предприятия, реализация концепции новой системы управления, создание новой организации или проведение международного форума – как организационные проекты характеризуются следующим (что и отражает качественно основные проблемы, возникающие при управлении ОП):

- цели проекта заранее сформулированы, однако, результаты проекта количественно и качественно труднее определить, чем в других типах проектов;

- срок и продолжительность задаются предварительно и могут уточняться;

- ресурсы предоставляются, во многом, по мере возможности;

- расходы на проект фиксируются и подвергаются контролю на экономичность, однако, требуют корректировки по мере прогресса проекта;

- ОП имеют нестандартный жизненный цикл, в котором пропорции между основными фазами (концепции, разработки, реализации и завершения) отличаются от типовых в сторону большей продолжительности начальных фаз.

Проведенный анализ позволил предложить следующее определение **организационного проекта**: ограниченное во времени целенаправленное изменение организационной системы (ОС) с установленными требованиями к качеству результатов, возможными рамками расхода средств и ресурсов и специфической организацией.

В **разделе 1.2** в соответствии с классификацией параметров моделей активных систем (АС) предлагается следующая система классификаций задач управления организационными проектами. Организационный проект, как изменение организационной системы, может затрагивать изменения:

- состава АС (участников, входящих в АС, то есть ее элементов);

- структуры АС (совокупности информационных, управляющих, технологических и других связей между участниками АС);

- множество допустимых действий участников АС, отражающих, в том числе, институциональные, технологические и другие ограничения их совместной деятельности;

- целевых функций участников АС, отражающих их предпочтения и интересы и зависящих, в общем случае, от действий всех участников АС;

- информированности – той информации, которой обладают участники АС на момент принятия решений о выбираемых стратегиях;

- порядка функционирования – последовательности получения информации и выбора стратегий участниками АС.

Дополнительными параметрами, характеризующими АС, являются наличие или отсутствие: динамики, многоуровневости, множества взаимосвязанных агентов, распределенного контроля, неопределенности и т.д.

Перечисленные параметры позволяют ответить на вопрос – «Что подлежит изменениям в ходе реализации ОП». В диссертационной работе на основе постановки подобных вопросов предложены ряд других оснований системы классификаций задач управления ОП. Кроме того, существенным является то, «кто» осуществляет деятельность. Роль *субъекта деятельности* чрезвычайно велика, ведь ему приходится проектировать собственную деятельность, которая в ОП заключается в целенаправленном изменении некоторой АС (предмета деятельности), элементом которой или надсистемой для которой является сам субъект. Следовательно, отличительной (и во многом характеристической) чертой организационных проектов является то, что в них изменяется субъект управления. Другими словами, в ОП непременно имеет место саморазвитие.

В разделе 1.3 перечислены параметры АС, являющиеся предметами управления в ОП, и проведен обзор основных работ, посвященных разработке и исследованию соответствующих механизмов управления.

Для систематизации базовых механизмов управления проектами перечислены основные задачи управления проектами, соответствующие основным четырем фазам жизненного цикла проекта – разработка концепции, планирование и разработка, реализация (осуществление) и завершение проекта, и проанализирована целесообразность использования известных механизмов управления при решении тех или иных задач управления ОП.

Проведенный анализ позволил констатировать, что в управлении ОП на сегодняшний день можно выделить две общие проблемы – необходимость учета эффектов саморазвития и постановки и решения задачи синтеза оптимального комплекса механизмов управления. Кроме того, необходимо решение задач синтеза механизмов управления ОП: исследование теоретико-игровых моделей матричных структур управления, учет неопределенности методом нечеткого критического пути, изучение игр с переменным составом в управлении ОП, механизмов управления риском ОП,

оптимизационных моделей распределенных проектов. Перечисленные теоретические задачи решаются во второй главе диссертационной работы.

Вторая глава диссертационной работы посвящена изложению теоретических результатов разработки и исследования моделей и методов управления организационными проектами.

В разделе 2.1 описаны модели саморазвития в управлении ОП. Под саморазвитием понимается изменение объекта, связанное с переходом на более высокую ступень организации под влиянием внутренние присущих ему противоречий, факторов и условий. При этом внешние воздействия играют модифицирующую или опосредующую роль. Рассмотрим две теоретико-игровые модели саморазвития в управлении ОП.

Модель 1. Рассмотрим модель ОС – многоэлементную детерминированную двухуровневую активную систему (АС), состоящую из центра и n активных элементов (АЭ). Стратегией АЭ является выбор действий, стратегией центра – выбор функции стимулирования, то есть зависимости вознаграждения каждого АЭ от его действий и, быть может, действий других АЭ или других агрегированных показателей их совместной деятельности.

Обозначим $y_i \in A_i$ – действие i -го АЭ, $i \in I = \{1, 2, \dots, n\}$ – множество АЭ, $y = (y_1, y_2, \dots, y_n) \in A' = \prod_{i=1}^n A_i$ – вектор действий АЭ, $y_{-i} = (y_1, y_2, \dots, y_{i-1}, y_{i+1}, \dots, y_n) \in A_{-i} = \prod_{j \neq i} A_j$ – обстановка игры для i -го АЭ. Предположим, что i -ый АЭ характеризуется параметром $r_i \in \Omega_i$, называемым его типом и отражающим эффективность деятельности АЭ, $i \in I$. Вектор типов всех АЭ обозначим $r = (r_1, r_2, \dots, r_n) \in \Omega = \prod_{i=1}^n \Omega_i$.

Пусть результат деятельности $z \in A_0 = Q(A', \alpha)$ АС, $\alpha \geq 0$, состоящей из n АЭ, является функцией агрегирования их действий: $z = Q(y, \alpha)$, где α – скалярный параметр, отражающий «технологию» деятельности и характеризующий центр. Интересы и предпочтения участников АС – центра и АЭ – выражены их целевыми функциями. Целевая функция центра является функционалом $\Phi(\sigma, z)$ и представляет собой разность между его доходом λz , где λ может интерпретироваться как рыночная цена, и суммарным вознаграждением $\psi(z, r)$, выплачиваемым АЭ: $\psi(z, r) = \sum_{i=1}^n \sigma_i(z, r)$, где $\sigma_i(z, r)$ – стимулирование i -го АЭ, $\sigma(z, r) = (\sigma_1(z, r), \sigma_2(z, r), \dots, \sigma_n(z, r))$, то есть $\Phi(\sigma(\cdot), z, \lambda, r) = \lambda z - \sum_{i=1}^n \sigma_i(z, r)$.

Целевая функция i -го АЭ является функционалом $f_i(\sigma_i, y_i, r_i)$ и представляет собой разность между стимулированием, получаемым им от центра, и затратами $c_i(y, r_i)$, где $r_i \in \Omega_i \subseteq \mathbb{R}_+^1$ – тип АЭ, то есть: $f_i(\sigma_i(\cdot), z, y, r) = \sigma_i(z, r) - c_i(y, r_i)$, $i \in I$.

Примем следующий порядок функционирования АС. Центру и АЭ на момент принятия решения о выбираемых стратегиях (соответственно – функциях стимулирования и действиях) известны целевые функции и допустимые множества всех участников АС, а также функция агрегирования. Центр, обладая правом первого хода, выбирает функции стимулирования и сообщает их АЭ, после чего АЭ при известных функциях стимулирования выбирают действия, максимизирующие их целевые функции.

Рассмотрим случай, когда центр наблюдает только результат деятельности АС, от которого зависит его доход, но не знает и не может восстановить индивидуальных действий АЭ, то есть, имеет место агрегирование информации – центр имеет не всю информацию о действиях АЭ, а ему известен лишь некоторый их агрегат.

Обозначим $P(\sigma)$ – множество реализуемых (выбираемых АЭ при данной системе стимулирования) действий. Минимальными затратами центра на стимулирование по реализации действий АЭ $y' \in A'$ будем называть минимальное значение суммарных выплат элементам, при которых данный вектор действий является равновесием Нэша в игре АЭ, то есть решение следующей задачи: $\sum_{i \in I} \sigma_i(Q(y'), \alpha, r) \rightarrow \min_{\sigma(\cdot) \in \Xi(y')}$, где $\Xi(y') = \{\sigma(\cdot) \mid y' \in P(\sigma)\}$.

Гарантированной эффективностью (далее просто «эффективностью») стимулирования является минимальное значение целевой функции центра на соответствующем множестве решений игры (всюду, где встречаются минимумы и максимумы, будем предполагать, что они достигаются):

$$K(\sigma(\cdot), \lambda, \alpha, r) = \min_{y \in P(\sigma(\cdot))} \Phi(\sigma(\cdot), Q(y, \alpha), \lambda, r).$$

Задача синтеза оптимальной функции стимулирования заключается в поиске допустимой системы стимулирования σ^* , имеющей максимальную эффективность: $\sigma^*(\lambda, \alpha, r) = \arg \max_{\sigma(\cdot)} K(\sigma(\cdot), \lambda, \alpha, r)$.

Определим множество векторов действий АЭ, приводящих к заданному результату деятельности АС: $Y(z, \alpha) = \{y \in A' \mid Q(y, \alpha) = z\} \subseteq A'$, $z \in A_0$. Вычислим: минимальные суммарные затраты АЭ по достижению результата

деятельности $z \in A_0$ $\mathcal{G}^*(z, \alpha, r) = \min_{y \in Y(z, \alpha)} \sum_{i=1}^n c_i(y, r_i)$, а также множество

действий $Y^*(z, \alpha, r) = \text{Arg} \min_{y \in Y(z, \alpha)} \sum_{i=1}^n c_i(y, r_i)$, на котором достигается соответствующий минимум.

Введем относительно параметров АС следующие предположения:

A.1. $\forall i \in I$ A_i – отрезок \mathbb{R}_+^1 с левым концом в нуле.

A.2. $\forall i \in I$ 1) функция $c_i(\cdot)$ непрерывна по всем переменным; 2) $\forall y_i \in A_i, r_i \in \Omega_i$ $c_i(y_i, r_i)$ неотрицательна и не убывает по y_i и не возрастает по r_i , $i \in I$; 3) $\forall r_i \in \Omega_i$ $c_i(0, r_i) = 0, i \in I$.

A.3. Функции стимулирования принимают неотрицательные значения.

A.4. $Q: A' \times \mathbb{R}_+^1 \rightarrow A_0 \subseteq \mathcal{H}^m$ – однозначное непрерывное отображение, где $l \leq m \leq n$.

A.5. $\forall x \in A_0, \forall \alpha \geq 0 \quad \forall y' \in Y(x, \alpha), \forall i \in I, \forall y_i \in \text{Proj}_i Y(x, \alpha)$ $c_i(y_i, y'_i)$ не убывает по $y_i, j \in I$.

Фиксируем произвольный результат деятельности $x \in A_0$ и произвольный вектор $y^*(x, \alpha, r) \in Y^*(x, \alpha, r) \subseteq Y(x, \alpha)$.

Утверждение 1. При использовании центром следующей δ -оптимальной системы стимулирования

$$\sigma_{ix}^*(z, \alpha, r) = \begin{cases} c_i(y^*(x, \alpha, r), r_i) + \delta_i, & z = x \\ 0, & z \neq x \end{cases}, i \in I,$$

вектор действий АЭ $y^*(x, \alpha, r)$ реализуется как единственное РДС с минимальными затратами центра на стимулирование, равными

$$\mathcal{G}^*(x, \alpha, r) = \sum_{i \in I} c_i(y^*(x, \alpha, r), r_i) + \delta, \text{ где } \delta = \sum_{i \in I} \delta_i.$$

На втором шаге решения задачи стимулирования ищется наиболее выгодный для центра результат деятельности АС $x^*(\lambda, \alpha, r) \in A_0$ как решение задачи оптимального согласованного планирования:

$$x^*(\lambda, \alpha, r) = \arg \max_{x \in A_0} [\lambda x - \mathcal{G}^*(x, \alpha, r)].$$

Подставляя решение задачи управления в целевую функцию центра, получаем ее зависимость от параметров λ, α и r :

$$F(\lambda, \alpha, r) = \lambda x^*(\lambda, \alpha, r) - \mathcal{G}^*(x^*(\lambda, \alpha, r), \alpha, r).$$

Таким образом, мы осуществили переход от «микромоделей» (задачи синтеза оптимальной функции стимулирования), в которой описывалось взаимодействие центра с подчиненными ему АЭ, к «макромоделям», отражающей эффективность технологии деятельности сотрудников заданной квалификации в зависимости от внешних условий. Другими словами, получена возможность рассматривать оптимизационные задачи, не акцентируя внимания на аспектах активности участника и задачах управления

АЭ (отражаемыми в теоретико-игровых моделях стимулирования с агрегированием информации).

Понятно, что, как изменение технологии α , так и квалификации r (эффективности деятельности) сотрудников – АЭ – требует определенных затрат, которые будем описывать функциями $c_\alpha(\alpha_1, \alpha_2)$ и $c_r(r_1, r_2)$, которые отражают затраты центра соответственно на изменение технологии с $\alpha_1 \geq 0$ на $\alpha_2 \geq 0$ и изменение типов с $r_1 \in \Omega$ на $r_2 \in \Omega$.

Относительно функций затрат предположим следующее: если $\alpha_2 \geq \alpha_1$, то $c_\alpha(\alpha_1, \alpha_2) \geq 0$, если $\alpha_2 \leq \alpha_1$, то $c_\alpha(\alpha_1, \alpha_2) \leq 0$, если $r_2 \geq r_1$, то $c_r(r_1, r_2) \geq 0$. Обозначим (α_0, r_0) – начальное состояние (до реализации ОП) АС.

Возникают следующие три (две частных и одна общая) задачи:

1. Задача развития персонала. При заданных λ , α и r_0 определить $r \in \Omega$, максимизирующее целевую функцию центра $F(\lambda, \alpha, r)$ с учетом затрат на изменение квалификации персонала: $F(\lambda, \alpha, r) - c_r(r_0, r) \rightarrow \max_{r \in \Omega}$.

Решение этой задачи имеет вид $r^*(\lambda, \alpha, r_0)$;

2. Задача развития центра (совершенствования технологии деятельности). При заданных λ , r и α_0 определить $\alpha \geq 0$, максимизирующее целевую функцию центра $F(\lambda, \alpha, r)$ с учетом затрат на изменение технологии: $F(\lambda, \alpha, r) - c_\alpha(\alpha_0, \alpha) \rightarrow \max_{\alpha \geq 0}$. Решение этой задачи имеет вид $\alpha^*(\lambda, \alpha_0, r)$;

3. Задача комплексного развития. При заданном начальном состоянии (α_0, r_0) определить конечное состояние $(\alpha \geq 0, r \in \Omega)$, максимизирующее целевую функцию центра $F(\lambda, \alpha, r)$ с учетом затрат на изменение технологии и квалификации персонала:

$$F(\lambda, \alpha, r) - c_\alpha(\alpha_0, \alpha) - c_r(r_0, r) \rightarrow \max_{r \in \Omega, \alpha \geq 0}.$$

Решение этой задачи имеет вид $(r^*(\lambda, \alpha_0, r_0), \alpha^*(\lambda, \alpha_0, r_0))$.

При известных зависимостях $F(\cdot)$, $c_\alpha(\cdot)$, $c_r(\cdot)$ перечисленные три задачи являются стандартными оптимизационными задачами.

До сих пор мы рассматривали, фактически, статический случай, в котором решалась задача выбора конечного состояния при известном начальном (см. задачу комплексного развития выше), то есть процесс перехода от начального состояния к конечному не детализировался. В ОП во многих случаях существенным оказывается процесс перехода, поэтому сформулируем динамическую задачу комплексного развития.

Пусть имеются T периодов времени: $t = \overline{1, T}$, для которых известна (точно или в виде прогноза) последовательность цен $\{\lambda_t\}_{t=\overline{1, T}}$. Известно также начальное состояние ОС (α_0, r_0) . Требуется определить допустимые

траектории развития персонала $\{r_t \in \Omega_t\}_{t=1, T}$ и изменения технологии $\{\alpha_t \geq 0\}_{t=1, T}$, которые максимизируют суммарную полезность центра:

$$\sum_{t=1}^T \{F(\lambda_t, \alpha_t, r_t) - c_a(\alpha_{t-1}, \alpha_t) - c_r(r_{t-1}, r_t)\} \rightarrow \max_{\{r_t \in \Omega_t, \alpha_t \geq 0\}_{t=1, T}}.$$

Для решения этой задачи может быть использован метод динамического программирования.

Модель 2. Рассмотрим АС с распределенным контролем (РК), включающую один АЭ, характеризуемый функцией затрат $c(y, s)$, $y \in A$, $s \in S$, и k центрами, характеризуемыми функциями дохода $H_i(y, r_i)$, где $r_i \in \Omega_i$, $i \in K = \{1, 2, \dots, k\}$ – множеству центров. Целевая функция i -го центра имеет вид $\Phi_i(\sigma_i(\cdot), y, r_i) = H_i(y, r_i) - \sigma_i(y)$, $i \in K$, а целевая функция АЭ: $f(\sigma(\cdot), y, s) = \sum_{i \in K} \sigma_i(y) - c(y, s)$, где $\sigma(\cdot) = (\sigma_1(\cdot), \dots, \sigma_n(\cdot))$.

Порядок функционирования таков – сначала центры одновременно и независимо выбирают свои стратегии – функции стимулирования, а затем при известных функциях стимулирования АЭ выбирает действие, максимизирующее его целевую функцию.

Известно, что при использовании центрами компенсаторных систем стимулирования существуют два режима взаимодействия центров (два типа равновесий их игры) – режим сотрудничества и режим конкуренции, причем последний неэффективен для системы в целом. Поэтому одной из основных задач управления АС РК является обеспечение режима сотрудничества центром. Введем следующие величины:

$$W_i(s, r_i) = \max_{y \in A} \{H_i(y, r_i) - c(y, s)\}, i \in K; x^*(s, r) = \arg \max_{y \in A} \left\{ \sum_{i \in K} H_i(y, r_i) - c(y, s) \right\}, \text{ где } r = (r_1, r_2, \dots, r_n) \in \Omega = \prod_{i \in K} \Omega_i; W^*(s, r) = \max_{y \in A} \left\{ \sum_{i \in K} H_i(y, r_i) - c(y, s) \right\}.$$

Запишем область компромисса

$$A^*(r, s) = \{\lambda_i \geq 0 \mid H_i(x^*(s, r), r_i) - \lambda_i \geq W_i(s, r_i), i \in K; \sum_{i \in K} \lambda_i = c(x^*(s, r), s)\}.$$

Режим сотрудничества по определению имеет место тогда и только тогда, когда множество $A^*(r, s)$ не пусто. Обозначим $\Omega^* \times S^* = \{(r, s) \in \Omega \times S \mid A^*(r, s) \neq \emptyset\}$.

Пусть $s_0 \in S$ и $r_0 \in \Omega$ – начальные параметры АС, и известны затраты $c_{s,r}(s_0, r_0, s, r)$ по их изменению до значений $s \in S$ и $r \in \Omega$, соответственно. Тогда возможны две постановки задачи.

Первая задача, которую условно можно назвать *задачей выбора направления развития*, заключается в определении таких значений парамет-

ров участников АС из множества $\Omega^* \times S^*$, при которых затраты на изменения минимальны: $c_{s,r}(s_0, r_0, s, r) \rightarrow \min_{(s,r) \in \Omega^* \times S^*}$.

Второй задачей является *задача оптимального развития*, которая заключается в выборе таких значений параметров участников АС, при которых выигрыш АС в целом (с учетом затрат на изменения) максимален:

$$W^*(s, r) - c_{s,r}(s_0, r_0, s, r) \rightarrow \max_{(s,r) \in \Omega \times S}.$$

Данные две задачи являются стандартными задачами условной оптимизации.

В разделе 2.2 приводится постановка задачи синтеза оптимального комплекса механизмов управления ОС. Пусть ОС описывается вектором множества $L = \{1, 2, \dots, l\}$ переменных: $y = (y_1, y_2, \dots, y_l) \in A' = \prod_{i \in L} A_i$, где

$y_i \in A_i$, $i \in L$, $l < +\infty$, и существуют глобальные ограничения $A^* \subseteq A'$ на комбинации переменных: $y \in A' \cap A^*$.

Под *механизмом* $u(\cdot) \in \Xi$ будем понимать отображение множества $M_u \subseteq L$ значений управляемых переменных во множество $K_u \subseteq L$ значений управляющих переменных, то есть $u: A_{M_u} \rightarrow A_{K_u}$, где $A_{M_u} = \prod_{i \in M_u} A_i$,

$A_{K_u} = \prod_{i \in K_u} A_i$. Будем считать, что множество Ξ допустимых механизмов

таково, что для любого механизма $u(\cdot) \in \Xi$, выполнены глобальные ограничения, то есть

$$(1) \Xi = \{u(\cdot) \mid \forall (y_{M_u}, y_{K_u}): y_{K_u} = u(y_{M_u}) \rightarrow (y_{M_u}, y_{K_u}) \in Proj_{M_u \cup K_u}(A^*)\},$$

где $y_{M_u} = (y_j)_{j \in M_u}$, $y_{K_u} = (y_j)_{j \in K_u}$.

Введем $\Sigma \subseteq \Xi$ – подмножество множества допустимых механизмов, $\Sigma \in 2^\Xi$ – множеству всех подмножеств множества Ξ . Обозначим Q_Σ – множество всевозможных последовательностей элементов множества Σ , q_Σ – произвольный элемент множества Q_Σ .

Множество Σ механизмов назовем *непротиворечивым*, если

$$(2) \neg \exists q_\Sigma \in Q_\Sigma: \exists (u, \dots, v) \in q_\Sigma: M_u \cap K_v \neq \emptyset.$$

Свойство непротиворечивости означает, что для данного набора механизмов не существует их последовательности, для которой нашлась бы переменная, которая была бы одновременно управляемой для первого механизма в этой последовательности и управляющей – для последнего.

Непротиворечивость множества механизмов порождает в ОС иерархию: множество параметров АС может быть упорядочено – на нижнем уровне находятся параметры из множества $L_\Sigma = L \setminus \bigcup_{u \in \Sigma} K_u$, на следующем

уровне – параметры, которые являются управляющими по отношению к

параметрам нижнего уровня, но управляемыми для параметров, находящихся на более высоких уровнях иерархии, и т.д.

Поставим в соответствие i -му параметру АС активного агента, обладающего целевой функцией $f_i: A \rightarrow \mathcal{H}^i$, $i \in L$. При заданном комплексе механизмов Σ агенты из множества L_Σ будут стремиться выбирать равновесные по Нэшу стратегии. Обозначим соответствующее множество равновесий Нэша

$$(3) E^N(\Sigma) = \{y_{L\Sigma} \in A_{L\Sigma} \mid \forall i \in L_\Sigma \quad \forall y_i \in A_i \quad f_i(y_{L\Sigma} u(y_{L\Sigma})) \geq f_i(y_{L\Sigma} y_i, u(y_{L\Sigma} y_i))\},$$

где $u(y_{L\Sigma})$ – действия, выбираемые агентами из множества $\bigcup_{u \in \Sigma} K_u$ (эти

действия при заданном комплексе механизмов определяются действиями, выбираемыми агентами из множества L_Σ).

Пусть на множестве A' состояний системы задан функционал $\Phi(\cdot): A \rightarrow \mathcal{H}^l$, характеризующий эффективность ее функционирования. Задача синтеза оптимального комплекса механизмов может формулироваться следующим образом:

$$(4) \min_{y_{L\Sigma} \in E^N(\Sigma)} \Phi(y_{L\Sigma} u(y_{L\Sigma})) \rightarrow \max_{\Sigma \in 2^{\bigcup_{u \in \Sigma} K_u}, (1), (2)},$$

то есть требуется найти непротиворечивый и удовлетворяющий глобальным ограничениям (условия (2) и (1) соответственно) комплекс механизмов, обладающий максимальной гарантированной эффективностью.

Отметим, что при формулировке задачи (4) мы не учитывали явным образом интересы агентов из множества $\bigcup_{u \in \Sigma} K_u$. Если предположить, что

каждый из них может самостоятельно выбирать определенные механизмы управления, то получим задачу, аналогичную задаче структурного синтеза.

На сегодняшний день общих методов решения задачи (4) или задачи структурного синтеза неизвестно. Поэтому на практике при синтезе оптимального комплекса механизмов следует либо решать задачу последовательного синтеза, либо согласовывать в рамках той или иной метамодели отдельные оптимальные механизмы управления.

В разделе 2.3 решается задача согласования интересов в матричной структуре управления, в том числе, с учетом необходимости повышения квалификации участников ОС. В матричных структурах управления, характерных для проектно-ориентированных организаций, каждый из управляемых субъектов может быть одновременно подчинен нескольким управляющим органам (центрам). Примером может служить взаимодействие руководителей проектов (РП) и функциональных руководителей (ФР).

Руководитель проекта, который использует агента как ресурс, заинтересован в результатах его деятельности и осуществляет стимулирование в зависимости от этих результатов. Функциональный руководитель получает от руководителя проекта (косвенным образом в случае принадлежности

одной организации и/или в рамках договорных отношений) вознаграждение за результаты деятельности агента данной квалификации и стимулирует агента в зависимости от квалификации.

Рассмотрим АС, состоящую из трех участников: РП, ФР и агента (см. рисунок 1), имеющих соответственно следующие целевые функции: $\Phi(\sigma(\cdot), \sigma_0(\cdot), y, r) = H(y) - \sigma(y) - \sigma_0(y, r)$, $\Phi_0(\sigma_0(\cdot), \eta(\cdot), y, r) = \sigma_0(y, r) - \eta(r) - c_0(r)$, $f(\sigma(\cdot), \eta(\cdot), y, r) = \sigma(y) + \eta(r) - c(y, r)$, где $H(y)$ – функция дохода РП; $\sigma(y)$, $\sigma_0(y, r)$, $\eta(r)$ – функции стимулирования, $c(y, r)$ – функция затрат агента, $c_0(r)$ – функция затрат ФР, $y \in A$ – действие агента, $r \in \Omega$ – тип агента, отражающий его квалификацию (эффективность деятельности).

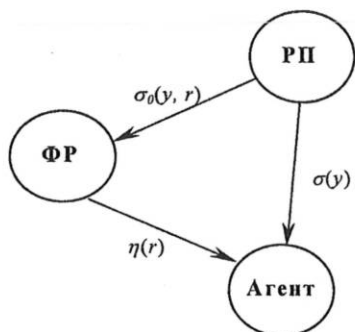


Рис. 1. Элемент матричной структуры управления

Вознаграждение агента складывается из стимулирования, получаемого от РП и зависящего от его действий, и стимулирования $\eta(r)$, получаемого от ФР и зависящего от его типа (квалификации). Вторая составляющая оплаты может рассматриваться как тарифный оклад, не зависящий от действий. Затраты агента $c(y, r)$ по выбору действия $y \in A$ зависят от его квалификации $r \in \Omega$. Повышение или поддержание квалификации агента требует от ФР затрат $c_0(r)$.

Множество решений игры (множество реализуемых типов и действий) можно записать как: $P(\sigma, \eta) = \{(y', r') \in A \times \Omega \mid \sigma(y') + \eta(r') - c(y', r') \geq \sigma(y) + \eta(r) - c(y, r) \quad \forall y \in A, \forall r \in \Omega\}$.

Лемма 1. $\forall \sigma, \eta, \forall y' \in A, \forall r' \in \Omega$: если $(y', r') \in P(\sigma, \eta)$, то $(y', r') \in P(\sigma^*, \eta^*)$, где $\sigma^*(y) = \begin{cases} \sigma(y'), & y = y' \\ 0, & \text{в остальных случаях} \end{cases}$, $\eta^*(r) = \begin{cases} \eta(r'), & r = r' \\ 0, & \text{в остальных случаях} \end{cases}$.

Введем следующие предположения: $A = \mathbb{R}_+^1$, Ω – компакт; $\forall r \in \Omega$ $\min_{y \in A} c(y, r) = 0$; $c(y, r)$ не убывает по $y \in A$ и не возрастает по $r \in \Omega$; $c_0(r)$ не убывает по $r \in \Omega$. В рамках введенных предположений для любых $(y', r') \in P(\sigma^*, \eta^*)$ имеет место $\sigma^*(y') + \eta^*(r') \geq c(y', r')$.

Обсудим теперь порядок функционирования. Предположим, что сначала РП устанавливает стимулирование для ФР и агента, затем свое стимулирование выбирает ФР и, наконец, агент выбирает свои действия и типы. Таким образом, в рассматриваемой игре стратегией РП является выбор функций стимулирования $\sigma(\cdot)$ и $\sigma_0(\cdot)$, стратегией ФР – выбор функции стимулирования $\eta(\cdot)$, стратегией агента – выбор типа r и действия y .

Задача ФР заключается в максимизации собственной целевой функции выбором функции стимулирования агента $\eta(\cdot)$ при известном стимулировании со стороны РП. Обозначим $P(\sigma_0)$ – множество систем стимулирования $\eta(\cdot)$, на которых достигается максимум целевой функции ФР.

Лемма 2. $\forall \sigma_0, \forall \sigma^*, \forall \eta^*, \forall (y', r') \in P(\sigma^*, \eta^*)$: если $\eta^* \in P(\sigma_0)$, то $\eta^* \in P(\sigma_0^*)$, где $\sigma_0^*(y, r) = \begin{cases} \sigma_0(y', r'), & y = y', r = r' \\ 0, & \text{в остальных случаях} \end{cases}$.

Лемма 3. Парето-эффективными для РП и ФР и реализующими соответствующие действия и типы агента являются платежи, удовлетворяющие следующему условию: $\forall (y', r') \in P(\sigma^*, \eta^*) \quad \sigma^*(y') + \eta^*(r') = c(y', r')$.

Лемма 4. Целевая функция РП достигает максимума при реализации действий и типов агента (y^*, r^*) , определяемых в результате решения следующей задачи: $(y^*, r^*) = \arg \max_{y \in A, r \in \Omega} \{H(y) - c_0(r) - c(y, r)\}$.

Утверждение 2. Оптимальные с точки зрения РП действия и типы агента реализуются системами стимулирования, определяемыми леммами 1-4. При этом значение его целевой функции равно $\Delta = H(y^*) - c_0(r^*) - c(y^*, r^*)$.

В разделе 2.4 предлагается и исследуется метод нечеткого критического пути. Рассмотрим проект, состоящий из набора операций (работ). Технологическая зависимость между операциями задается в виде сети (сетевого графика), то есть ориентированного графа (V, E) , $|V| = m$, без контуров, в котором выделены два множества вершин – входы сети и выходы сети. При этом дуги сети соответствуют операциям, а вершины – событиям (моментам окончания одной или нескольких операций). В четком случае для каждой операции $(i; j)$ задана ее продолжительность t_{ij} .

Для сети всегда существует правильная нумерация (такая, при которой из вершины с большим номером не идет дуг в вершины с меньшими номерами). Поэтому будем считать, что события занумерованы таким образом, что нумерация является правильной. Предположим, что выполнение комплекса операций (проекта) начинается в нулевой момент времени. Обозначим Q_0 – множество событий, не требующих выполнения ни одной из операций, то есть входы сети; Q_i – множество событий, непосредственно предшествующих событию i , то есть множество вершин j сети, для которых существует дуга $(j; i)$.

В зависимости от имеющейся информации различают интервальную (известен диапазон значений продолжительностей операций), вероятност-

ную (известно распределение вероятностей продолжительностей операций) и нечеткую (имеется нечеткая информация относительно продолжительностей операций) неопределенность.

При вероятностной неопределенности в общем случае невозможно (исключение составляют операции, выполняемые последовательно или параллельно) получение аналитических выражений для распределений вероятностей и других характеристик событий проекта, поэтому для исследования свойств критического пути применяют методы имитационного моделирования – Монте-Карло и другие, реализованные в современных программных комплексах управления проектами. Поэтому остановимся на анализе интервальной и нечеткой неопределенности, то есть случаев информированности, при которых возможно получение аналитических выражений для параметров событий.

Сначала обобщим известный метод критического пути на случай интервальной неопределенности относительно продолжительности операций, а именно, будем считать, что $t_{ij} \in [t_{ij}^-, t_{ij}^+]$, $i, j \in V$.

Тогда ранние моменты t_i^- свершения событий принадлежат отрезкам $\Delta_i^- = [t_i^{--}, t_i^{-+}]$, где $t_i^{--} = t_i^{-+} = 0$, $i \in Q_0$; $t_i^{--} = \max_{j \in Q_i} (t_j^{--} + t_{ji}^-)$, $t_i^{-+} = \max_{j \in Q_i} (t_j^{-+} + t_{ji}^+)$, $i \in V \setminus Q_0$. Длина критического пути принадлежит отрезку $\Delta = [T^-, T^+]$, где $T^- = \max_{i \in V} t_i^{--}$, $T^+ = \max_{i \in V} t_i^{-+}$.

Вычислим для каждой вершины-события i оценки $[l_i^-; l_i^+]$ длины максимального пути от этой вершины до выхода сети – события, заключающегося в завершении всего комплекса операций (для выходов сети считаем соответствующие величины равными нулю): $l_i^- = \max_{j \in R_i} (l_j^- + t_{ij}^-)$, $l_i^+ = \max_{j \in R_i} (l_j^+ + t_{ij}^+)$, $i \in V$. Положим $t_i^{+-} = T^- - l_i^-$, $t_i^{++} = T^+ - l_i^+$, $i \in V$. Получаем следующую оценку границ отрезков, которым принадлежат полные резервы событий: $\Delta t_i^- = t_i^{+-} - t_i^{--}$, $\Delta t_i^+ = t_i^{++} - t_i^{-+}$, $i \in V$.

В интервальной модели, в отличие от «классической», нельзя однозначно сказать является ли событие критическим. Все операции могут быть разделены на три класса. В первый класс попадают события, для которых имеет место полная определенность, то есть, события, для которых верхняя и нижняя границы равны между собой и равны нулю. Эти операции можно с полным основанием назвать критическими. Во второй (промежуточный по степени «критичности») класс попадают события, для которых нижняя

граница отрезка полных резервов равна нулю, а правая строго положительна. Такие события могут в рамках существующей неопределенности оказаться критическими. Условно назовем их «полукритическими». И, наконец, третий класс составляют события, для которых нижняя граница отрезка полных резервов строго положительна. Такие события можно с полной определенностью отнести к некритическим.

Рассмотрим теперь нечеткий случай, при котором относительно продолжительностей операций имеется нечеткая информация $\mu_{\tilde{t}_{ij}}(t_{ij})$, где

$\mu_{\tilde{t}_{ij}}(\cdot): \mathcal{R}_+^1 \rightarrow [0; 1]$ – функция принадлежности нечеткой продолжительности операции (i, j) , $i, j \in V$. Нечеткая информация относительно продолжительности операций может быть получена от экспертов в ситуации, когда проект и каждая операция являются уникальными (например, научные, организационные и др. проекты) и отсутствуют как нормативы, так и статистические данные.

В соответствии с принципом обобщения, функция принадлежности нечеткого раннего времени свершения i -го события, $i \in V$, имеет вид (ранние времена свершения событий – входов сети являются четкими и равны нулю):

$$\mu_{\tilde{t}_i^-}(x) = \max_{\{(x_{ji}), j \in Q_i, x_j | \max_{j \in Q_i} (x_j + x_{ji}) = x\}} \min_{j \in Q_i} [\min(\mu_{\tilde{t}_{ji}}(x_{ji})); \mu_{\tilde{t}_j^-}(x_j)].$$

Функция принадлежности нечеткого времени завершения проекта (длины критического пути) есть $\mu_{\tilde{T}}(T) = \max_{\{(x_i), i \in V | \min_{j \in V} (x_j) = T\}} \min_{j \in V} (\mu_{\tilde{t}_j^-}(x_j))$.

Нечеткие длины максимального пути от вершины $i \in V$ до выхода сети (соответствующие длины для событий – выходов сети – являются четкими и равны нулю) имеют функцию принадлежности

$$\mu_{\tilde{t}_i}(x) = \max_{\{(x_{ij}), j \in R_i, x_j | \max_{j \in R_i} (x_j + x_{ij}) = x\}} \min_{j \in R_i} [\min(\mu_{\tilde{t}_{ij}}(x_{ij})); \mu_{\tilde{t}_j}(x_j)].$$

Функции принадлежности нечетких поздних времен свершения событий имеют вид: $\mu_{\tilde{t}_i^+}(x) = \max_{\{(T, x_i) | T - x_i = x\}} \min [\mu_{\tilde{T}}(T); \mu_{\tilde{t}_i}(x_i)]$, $i \in V$.

Функции принадлежности нечетких полных резервов событий имеют вид: $\mu_{\Delta \tilde{t}_i}(x) = \max_{\{(y_i, x_i) | y_i - x_i = x\}} \min [\mu_{\tilde{t}_i^+}(y_i); \mu_{\tilde{t}_i^-}(x_i)]$, $i \in V$. Величину

$\mu_i = \mu_{\Delta \tilde{t}_i}(0) \in [0; 1]$ можно интерпретировать как степень принадлежности i -го события критическому пути, $i \in V$.

Информация о степенях принадлежности событий критическому пути может служить для руководителя ОП индикатором, отражающим требова-

ние первоочередного внимания к событиям, у которых эти степени равны единице или близки к ней.

В разделе 2.5 рассматриваются игры с переменным составом и модели управления составом исполнителей ОП. Обозначим: $I = \{1, 2, \dots, n\}$ – множество игроков (агентов), A_i – множество допустимых действий (выборов) i -го агента, $f_i(y, r_i)$ – его целевую функцию, где $y = (y_1, y_2, \dots, y_n) \in A' = \prod_{i \in I} A_i$ – вектор действий агентов, $r_i \in \mathcal{R}_i$ – тип i -го агента, $i \in I, J \subseteq I$ – подмножество множества игроков.

Пусть у i -го агента существует действие $z \in A_i$, такое, что $\forall y_{-i} \in A_{-i}$ $f_i(y_{-i}, z) = Z$, где $y_{-i} = (y_1, \dots, y_{i-1}, y_{i+1}, \dots, y_n)$ – обстановка игры для него, $A_{-i} = \prod_{j \neq i} A_j$, $i \in I$. Содержательно, выбирая действие $z \in A_i$, i -ый игрок

отказывается от игры и получает гарантированный (не зависящий от действий других игроков) выигрыш Z . Игроков, отказавшихся от игры, будем называть пассивными, принимающих участие в игре – активными. Итак, множество активных игроков есть $J = \{i \in I \mid y_i \neq z\}$, множество пассивных игроков – $I \setminus J = \{i \in I \mid y_i = z\}$.

Введем множество равновесий Нэша $E_N(J)$ игры активных игроков: $E_N(J) = \{x_J \in A_J \mid \forall i \in J, \forall y_i \in A_i, f_i(x_J, z_{I \setminus J}) \geq f_i(x_J, y_i, z_{I \setminus J})\}$, $J \subseteq I$, где $x_J = (x_i)_{i \in J}$ – вектор действий активных игроков, $z_{I \setminus J}$ – вектор действий пассивных игроков (то есть, вектор размерности $|I \setminus J|$, все элементы которого равны z), $x_J | y_i$ – вектор x_J действий активных игроков, в котором действие i -го игрока x_i заменено на y_i . Очевидно, что на одной и той же исходной игре в нормальной форме $\Gamma_0 = \{I, (A_i)_{i \in I}, (f_i)_{i \in I}\}$ можно определить $2^{|I|}$ игр, каждая из которых будет соответствовать участию в ней некоторого подмножества множества I игроков.

Определим следующий функционал, отражающий гарантированный суммарный выигрыш активных игроков: $f(J) = \min_{x_J \in E_N(J)} \sum_{i \in J} f_i(x_J, z_{I \setminus J})$, $J \subseteq I$,

и функционал $f_0(J) = f(J) + |I \setminus J| Z$, $J \subseteq I$, отражающий суммарный гарантированный выигрыш всех (и активных, и пассивных) игроков. Очевидно, $f(I) = f_0(I)$.

Обозначим $\Phi(y)$ – целевую функцию центра, определенную на множестве A' всевозможных векторов действий агентов. С точки зрения центра гарантированная эффективность деятельности множества $J \subseteq I$ активных игроков равна $K(J) = \min_{x_J \in E_N(J)} \Phi(x_J, z_{I \setminus J})$.

Таким образом, в рамках рассматриваемой модели возможны следующие пять постановок задач: максимизировать, варьируя множество активных игроков, один из функционалов: $f(J)$, $f_0(J)$, $f(J) / |J|$, $f_0(J) / |J|$ или $K(J)$.

Рассмотрим случай, в котором ОС однородна, то есть, все агенты одинаковы: $f_i(y, r_i) = g(y)$, $A_i = A$, $i \in I$, поэтому зависимость от r будем опускать. Тогда действие, доставляющее максимум целевой функции любого активного агента, одинаково для всех из них и определяется числом активных агентов. Обозначим это действие $v_m = \arg \max_{q \in A} g((q)_m, (z)_{n-m})$,

$m = \overline{1, n}$. Выигрыш любого агента равен $g((v_m)_m, (z)_{n-m})$, поэтому $f(m) = m g((v_m)_m, (z)_{n-m})$, $f_0(m) = f(m) + (n - m) Z$, $f_0(m) / m = g((v_m)_m, (z)_{n-m}) + (n - m) Z / m$, $K(m) = \Phi((v_m)_m, (z)_{n-m})$, $m = \overline{1, n}$.

Задача оптимизации состава однородной ОС заключается в определении оптимального (по тому или иному, но определенному, критерию) числа однородных активных агентов. Для ее решения достаточно сравнить $n + 1$ вариант – включение в состав проекта m агентов, где $m = \overline{1, n}$, и отказ от выполнения проекта ($m = 0$).

Рассмотрим это решение для случая, когда целевая функция агента имеет вид: $g(q, m) = H(q) W_+(m) - c(q) W_-(m)$. Введем следующие предположения: $A = \mathfrak{R}_1^+$; $z = 0$; $H(q)$ – неотрицательная непрерывно дифференцируемая положительнозначная вогнутая функция; $c(q)$ – неотрицательная непрерывно дифференцируемая положительнозначная возрастающая строго выпуклая функция, $c(0) = 0$; $W_-(m)$ и $W_+(m)$ – неубывающие положительнозначные функции; $\lim_{q \rightarrow \infty} \frac{c(q)}{H(q)} = +\infty$; $\lim_{m \rightarrow \infty} \frac{W_-(m)}{W_+(m)} = +\infty$.

Утверждение 3. В АС с однородными агентами для любого числа $m \leq n$ активных агентов оптимальное действие v_m существует, конечно, единственно и удовлетворяет $v_m = g_0^{-1}(W(m))$, где $g_0^{-1}(\cdot)$ – функция, обратная к функции $g_0(q) = \frac{H'(q)}{c'(q)}$, $W(m) = \frac{W_-(m)}{W_+(m)}$.

Утверждение 4. В АС с однородными агентами, имеющими целевую функцию $g(q, m) = q m - c_0(q) W_0(m)$, для любого числа $m \leq n$ активных агентов равновесное действие v_m существует, конечно, единственно, удовлетворяет $v_m = c_0^{-1}(m / W_0(m))$, и достигает максимума при конечном числе активных агентов.

В разделе 2.6 рассматриваются проблемы управления риском в организационных проектах. Обсуждается взаимосвязь между эффективностью и надежностью механизма управления, понимаемой как его свойство, состоящее в способности обеспечивать принадлежность основных параметров АС некоторой (заданной, допустимой и т.д.) области в процессе ее функционирования. Таким образом, задачу (двухкритериальную) синтеза

управлений можно формулировать либо как задачу синтеза управления, имеющего максимальную эффективность при заданном уровне риска, либо как задачу синтеза управления, минимизирующего риск при заданном уровне гарантированной эффективности. Для управления ОП можно предложить следующую общую технологию учета и анализа риска, состоящую из трех этапов.

На первом этапе решается задача синтеза оптимального механизма управления. Если неопределенные факторы отсутствуют (модель детерминированная), то ни о каком управлении риском речи не идет. Если в модели присутствуют неопределенные факторы, то может быть получено параметрическое решение задачи синтеза.

На втором этапе центр может устранить неопределенность и решать детерминированную задачу, то есть рассчитывать на наихудший случай, или на ожидаемую полезность и т.д. При этом управление риском заключается в анализе зависимости оптимального решения от информации, имеющейся о неопределенном параметре. Альтернативой является исследование зависимости оптимального решения от значений неопределенных параметров, и поиск решения, оптимального в рамках имеющейся информации о возможных значениях неопределенных параметров.

На третьем этапе центр производит выбор управлений, реализуется состояние управляемой системы, производится анализ эффективности используемых процедур принятия решений, их корректировка, а затем этапы повторяются с учетом принятых изменений и вновь поступившей информации о неопределенных факторах.

В диссертационной работе описанная методика управления риском реализована на примере моделей саморазвития с учетом возможной неопределенности относительно следующих параметров: целевых функций участников системы и множеств их допустимых стратегий; начального состояния (α_0, r_0) управляемой системы; прогноза цен λ ; параметров функций затрат $c_\alpha(\alpha_0, \alpha)$ и $c_r(r_0, r)$.

В разделе 2.7 рассматриваются распределенные проекты. Пусть для выполнения работ проекта требуется ресурс одного типа. Обозначим: $I = \{1, 2, \dots, n\}$ – множество «пунктов производства» – пространственно локализованных мест концентрации ресурса, $J = \{1, 2, \dots, m\}$ – множество «пунктов потребления» – пространственно локализованных мест выполнения работ, d_j – количество ресурса, необходимого для реализации работ в j -ом пункте потребления, $j \in J$, s_i – количество ресурса в i -ом пункте производства, $i \in I$, c_{ij} – затраты на перемещение единицы ресурса из i -го пункта производства в j -ый пункт потребления, x_{ij} – количество ресурса, перемещаемого из i -го пункта производства в j -ый пункт потребления. Тогда задача минимизации затрат на перемещение ресурса заключается в реше-

нии классической транспортной задачи:
$$\sum_{i \in I, j \in J} x_{ij} c_{ij} \rightarrow \min_{\{x_{ij}\}}; \quad x_{ij} \geq 0, \\ i \in I, j \in J; \quad \sum_{i \in I} x_{ij} \geq d_j, \quad j \in J; \quad \sum_{j \in J} x_{ij} \leq s_i, \quad i \in I.$$

Рассмотрев статическую модель, обратимся к динамическому случаю (в качестве отступления отметим, что статическую задачу можно использовать как эвристический метод решения и для динамики, решая ее для каждого фронта работ). Без ограничений общности предположим, что пункты производства и потребления совпадают: $I = J$. Пусть имеются T периодов времени, и заданы: потребности в ресурсах — $d_j^t, t = \overline{1, T}, j \in J$, и распределение ресурсов в начальный момент времени — $x_j^0, j \in J$.

Обозначая x_{ij}^t — количество ресурса, перемещаемого из пункта i в пункт j в конце $(t-1)$ -го (или в начале t -го) периода времени, получим, что динамика количества ресурса в пунктах потребления будет описываться следующей системой рекуррентных уравнений:

$$x_j^t = x_j^{t-1} + \sum_{i \in J} x_{ij}^t - \sum_{i \in J} x_{ji}^t, \quad j \in J, t = \overline{1, T}.$$

Суммарные затраты на перемещение ресурсов в периоде t равны $\sum_{i, j \in J} x_{ij}^t c_{ij}, t = \overline{1, T}$. В качестве критерия эффективности выберем суммар-

ные по всем периодам затраты. Тогда задача оптимальной динамики ресурсов заключается в следующем:
$$\sum_{t=1}^T \sum_{i, j \in J} x_{ij}^t c_{ij} \rightarrow \min_{\{x_{ij}^t\}}, \quad x_{ij}^t \geq 0, \quad i, j \in J, \\ t = \overline{1, T}, \quad x_j^t \geq d_j^t, \quad t = \overline{1, T}, \quad j \in J, \text{ где } x_j^t \text{ определяется приведенной выше} \\ \text{системой рекуррентных уравнений при известных } x_j^0, j \in J.$$

Сформулированная задача имеет решение, если $\sum_{j \in J} x_j^0 \geq \max_{t=1, T} \sum_{j \in J} d_j^t$, и может быть решена методом динамического программирования при условии, что на каждом шаге решается соответствующая транспортная задача.

Третья глава диссертационной работы посвящена описанию результатов внедрения моделей и методов управления организационными проектами в области биотехнологий. Изложение материала каждого из разделов имеет следующую общую структуру: рассматривается исходная ситуация (описывается сфера бизнеса и первоначально используемая технология деятельности), характеризуются изменения внешних условий, потребовавшие реализации организационного проекта, детализируются использован-

ные подходы (теоретические результаты) и, наконец, перечисляются полученные результаты реализации организационного проекта.

Раздел 3.1 содержит описание внедрения теоретических результатов второй главы на примере организационного проекта перехода лаборатории тонкого химического синтеза к работе «под заказ». Организационный проект заключается в переводе биотехнологической фирмы на новый механизм функционирования, при котором параллельно выполнялись бы как «старая» процессная деятельность (синтез на склад), так и эффективно реализовывались новые проекты – синтез под заказ клиента. Были сформулированы и решены следующие задачи: планирования текущей деятельности в рамках существующего набора заказов; прогнозирования будущих заказов и опережающей подготовки предложений клиентам; стимулирования сотрудников, участвующих одновременно в нескольких проектах; оперативного управления реализацией проектов, в том числе – отчетности клиентам.

Раздел 3.2 содержит описание внедрения теоретических результатов второй главы на примере организационного проекта в области международной системы продаж биотехнологической фирмы. Были сформулированы и решены следующие задачи: перехода на систему управления по принципу CRM (Customer Relationship Management) с соответствующим изменением оргструктуры; планирования и оперативного управления комплексом долгосрочных проектов и программ; создания и поддержания информационной системы – базы данных, содержащей сведения о клиентах (фактических и потенциальных), необходимые для принятия управленческих решений; стимулирования сотрудников, участвующих одновременно в подготовке и заключении нескольких договоров и реализации нескольких проектов.

Раздел 3.3 содержит описание внедрения теоретических результатов второй главы на примере организационного проекта управления развитием биотехнологической фирмы с учетом возможных вариантных изменений внешних условия. Были сформулированы и решены следующие задачи: развитие персонала фирмы; разработка сценариев развития фирмы при различных вариантах изменения внешних условий; выбор организационных мер, являющихся инвариантными при различных сценариях; разработка системы стимулирования сотрудников высшего управленческого звена.

Эффективность использования моделей и методов управления организационными проектами в перечисленных областях подтверждена актами и справками о внедрении, приведенными в приложении к диссертационной работе.

Основные результаты и выводы

Основные научные и практические результаты, полученные в диссертационной работе, состоят в следующем:

1. Сформулирована модель организационного проекта, в рамках которой изменение организационной системы заключается в изменении: ее состава, структуры и порядка функционирования, а также допустимых множеств, целевых функций и информированности участников.

2. Введена система классификаций задач управления организационными проектами; обоснована возможность применения известных механизмов управления проектами; описана специфика организационных проектов.

3. Построена модель саморазвития, в рамках которой сформулированы и решены задачи развития персонала, управляющего органа и комплексного развития.

4. В результате разработки и исследования теоретико-игровых и оптимизационных моделей предложены следующие методы управления организационными проектами:

- согласования интересов в матричной организационной структуре;
- нечеткого критического пути;
- синтеза состава исполнителей;
- управления риском;
- оптимизации распределенных организационных проектов.

5. Разработанные модели и методы использованы при управлении организационными проектами в области биотехнологий, что подтверждено актами о внедрении.

Основные публикации по теме диссертации

1. Иващенко А.А., Осадчий Н.А. Пакетное прогнозирование макроэкономических показателей / Тезисы докладов XLIV научной конференции МФТИ «Современные проблемы фундаментальных и прикладных наук». Часть VII. М.: МФТИ, 2001. – С. 73.

2. Иващенко А.А., Колобов Д.В., Кулибаба М.С. Интерактивные алгоритмы с визуализацией для решения многокритериальных нелинейных задач экономического взаимодействия / Тезисы докладов XLIV научной конференции МФТИ «Современные проблемы фундаментальных и прикладных наук». Часть VII. М.: МФТИ, 2001. – С. 70.

3. Иващенко А.А., Осадчий Н.А. Многосторонние бинарные взаимодействия и общее экономическое равновесие / Сборник статей МФТИ «Обработка информации и моделирование». М.: МФТИ, 2002. – С. 182 – 196.

4. Gerasimenko V.A., Ivaschenko A.A., Kozyukov A.V., Savchuk N.P., Trepalin S.V. New Diversity Calculations Algorithms Used for Compound Selection // *Journal of Chem. Inf. Comp. Sci.* 2002. 42. 249 – 258.
5. Balakin K.V., Ivashchenko A.A., Lang S.A., Okun I., Savchuk N.P., Tkachenko S.E. Property-Based Design of GPCR-Targeted Library // *Journal of Chem. Inf. Comp. Sci.* 2002. 42. 1332 – 1342.
6. Балашов В.Г., Заложнев А.Ю., Иващенко А.А., Новиков Д.А. Механизмы управления организационными проектами. М.: ИПУ РАН, 2003. – 84 с.
7. Иващенко А.А. Управление организационными проектами в области биотехнологий / Труды Международного симпозиума по проблемам управления. М.: ИПУ РАН, 2003. Том 2. С. 55.
8. Иващенко А.А. Раздел 7.1. в монографии «Модели и механизмы в управлении организационными системами. Том 1. Основы управления организационными системами». М.: Издательство «Тульский полиграфист», 2003. – 560 с. С. 251 – 298.
9. Заложнев А.Ю., Иващенко А.А., Новиков Д.А., Пужанова Е.О. Модели саморазвития в управлении организационными проектами / Труды международной научно-практической конференции «Современные сложные системы управления». Воронеж: ВГАСУ, 2003. Том 1. С. 17 – 21.
10. Заложнев А.Ю., Иващенко А.А., Лысаков А.В., Новиков Д.А. Задача синтеза оптимального комплекса механизмов управления / Труды Международного симпозиума по проблемам управления. М.: ИПУ РАН, 2003. Том 2. С. 48.

Личный вклад автора в работах, опубликованных в соавторстве, состоит в следующем: в работах [1-3] автору принадлежат модели и методы разработки сценариев и прогнозирования, в [6, 9] – описание моделей и механизмов саморазвития, матричных структур управления, игр с переменным составом и управления риском, в [10] – методы решения задачи синтеза оптимального комплекса механизмов управления, в [4, 5] – описание опыта прикладного использования механизмов управления организационными проектами и соответствующей информационной поддержки.

Иващенко Андрей Александрович

**МОДЕЛИ И МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ
ОРГАНИЗАЦИОННЫМИ ПРОЕКТАМИ**

Автореферат

Подписано в печать 30.06.03. Формат 60х90 1/16. Печать на аппарате
CP 1280. Усл. печ. Л.1.0. Тираж 80 экз. Заказ № 319.
Московский физико-технический институт
(государственный университет)