

## БИЗНЕС-РЕИНЖИНИРИНГ

### МОДЕЛИ И МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ РЕГИОНАЛЬНЫМ РАЗВИТИЕМ

Леонтьев С.В., д.т.н., вице-президент по  
инвестиционному бизнесу

ОАО ИКГ «РОЭЛ Консалтинг»

#### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время типичное состояние регионов России таково:

- большинство предприятий находятся в кризисном или предкризисном состоянии, то есть попадает под формальные критерии банкротства; в то же время имеется уже достаточный опыт, показывающий, что при грамотном проведении ряда мероприятий, называемых обычно реформированием предприятия, значительная их часть имеет собственные резервы для успешной деятельности. Сказанное относится как к промышленным предприятиям, так и к предприятиям агропромышленного комплекса;
- резкий дефицит бюджетных средств, вызванный как низким уровнем экономики, так и слабой собираемостью налогов существенно затрудняет решение социальных задач.

Это приводит к низкому уровню жизни (отношение среднедушевого дохода к величине прожиточного минимума), большой доле населения, живущей «за чертой бедности», тяжелой демографической ситуации.

В то же время на уровне региональных администраций России постепенно формируется понимание того, что преодоление кризисного положения, подъём экономики невозможен без прямого участия администрации, изменения всей системы управления регионом, превращения её в антикризисный штаб комплексного решения стоящих проблем.

Решение задач управления регионом, отличающихся большой сложностью требует серьёзного методического обеспечения, разработки моделей и методов оптимизации региональных программ развития и создания на этой основе систем поддержки принятия решений. Это определяет **актуальность** темы данной работы, так как она посвящена разработке моделей и методов формирования и реализации комплексных программ регионального развития.

## 1. ТЕХНОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ ПРОГРАММ РЕГИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ

### 1.1. Основные цели и методы формирования программы регионального развития

На данном этапе развития России одна из самых важных задач — восстановление экономики, которое немислимо без существенного улучшения состояния финансов предприятий российской промышленности. К сожалению, пока большинство предприятий формально являются банкротами. Поэтому сейчас главная задача вывести их из состояния корпоративного кризиса и создать такие условия, когда станет возможным их конкурентное развитие.

Достичь этой цели без соответствующей поддержки и даже при некоторой доли сопротивления местных властей представляется практически невозможным.

Поэтому именно на региональном уровне так необходим всеобъемлющий подход для разработки Программы промышленного развития, принимающий в расчет цели реформирования и специфику объекта управления. Но сразу необходимо оговориться: пытаться поддерживать предприятия, выбранные произвольно, будет самой существенной ошибкой.

Основная цель этой работы — разработать подходы для формирования подробной, логически связанной стратегии промышленного развития регионов, а затем описать в деталях методы и механизмы в соответствии с этими подходами.

Некоторые региональные центры принятия решений участвуют в повторяющихся процессах формирования стратегии. В том числе:

- службы или департаменты стратегического развития (на корпоративном уровне);
- комитеты по промышленности (в рамках регионального управления);
- департаменты промышленности и центры предпринимательства.

Так, задача формирования стратегии развития регионов тесным образом связана с конкретными исполнителями. Формально, постановка проблемы приводит к формированию задачи многокритериальной оптимизации со следующим набором параметров:

- налоги (совокупность налоговых отчислений на уровне предприятий, а также налоговых поступлений на уровне администраций);
- продукция (ассортиментный ряд и качество выпускаемой продукции);
- экономические показатели (для предприятий — это прежде всего прибыль, маржинальная прибыль; для бюджетов администраций — объем совокупной экономии бюджетных средств);
- совокупные показатели (средний уровень жизни, уровень безработицы, размер бюджетных отчислений по социально-значимым направлениям (здравоохранение, образование и т.п.)

В данной работе описаны принципы формализации вышеперечисленных проблем, обозначены принципы разработки распределенной процедуры формирования программы регионального развития.

Заметим, что в ходе формирования и принятия ряда решений возникают дополнительные задачи, связанные с необходимостью уточнения соответствующих параметров для отдельных подсистем, одновременно, различные объекты преследуют и различные цели:

1. Предприятия пытаются найти возможность для увеличения объемов продаж, доходов. Однако, на региональном уровне это означает существование задачи оптимизации в рамках сформировавшейся конкурентной среды.

2. В условиях современной России администрации стремятся реализовать максимальное число социально-значимых программ. Это приводит к неадекватному увеличению налоговых отчислений, что приводит к уменьшению деловой активности отдельных предприятий.

Мы приходим к выводу, что задача формирования консолидированного бюджета напрямую зависит от построения оптимальной схемы налогообложения. Это чрезвычайно сложная задача, решить которую можно только, используя подходы теории распределенных систем принятия решений.

В основном, формальное описание системы можно реализовать следующим образом:

$$S_0 = \{ \{Z^0\}, M^0, ЛФР^0, \{A^0\} \},$$

{Z<sup>0</sup>} — задачи, которые необходимо решить Администрации Области;

M<sup>0</sup> — совокупная математическая модель областной экономики, опирающаяся на областной бюджет;

ЛФР<sup>0</sup> — лицо, формирующее решение на уровне области;

{A<sup>0</sup>} — методы (процедуры) дающие решение задач класса {Z<sup>0</sup>} при условии реализации модели M<sup>0</sup>.

Аналогичный подход при формализации используется, как на более высоких, так и на более низких уровнях иерархии.

Перечислим основные задачи, решаемые с помощью метода распределенных процедур принятия решений.

1. Формирование сбалансированного бюджета.
2. Формирование целеориентированных экономических программ развития области.
3. Формирование целеориентированных социальных программ.

Настоящие методы были разработаны в ходе формирования региональных программ развития, в частности в ходе разработки Планов реформирования предприятий Нижегородской области и комплексной программы реформирования промышленности Владимирской области.

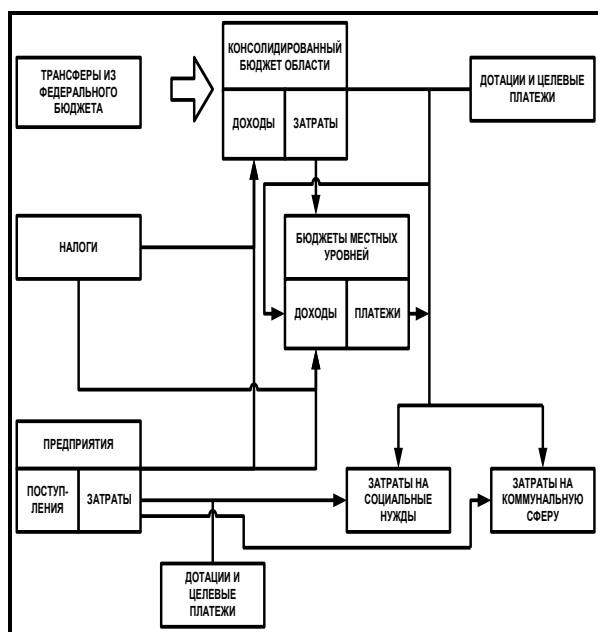


Рис. 1.1. Структура финансовых потоков Области

Имеющийся опыт показывает: выделяются следующие этапы технологии формирования и управления реализацией региональной промышленной политики:

- формирование целей и критериев развития;
- формирование комплексной оценки вариантов программы;
- оптимизация программы по стоимости с учетом риска;
- формирование списка предприятий для комплексного реформирования;
- разработка и реализация программ реформирования предприятий.

Существенным этапом является этап разработки взаимосвязанной стратегии развития, как региональной промышленной сферы, так и региона в целом и Программ реформирования предприятий, отобранных для участия в региональной программе. В обычном случае, цели предприятия не коррелируют с целями

административно-территориальных структур. Прежде всего, основной акцент делается на максимизацию налоговых отчислений (и других платежей) в то время, как предприятия стараются эти отчисления по возможности уменьшить.

Программа реформирования разрабатывается в ключе формирования согласованных целей предприятия и административных структур.

Администрация региона начинает реформирование с переноса части финансового бремени с плеч непосредственно предприятия. Фактически, взаимоотношения между налогоплательщиком и бюджетом трансформируются в отношения между инвестором и бенефициаром. По сути, администрация прекращает «резать куриц, несущих золотые яйца» и согласует налоговое бремя с реальными возможностями предприятия. Предприятие, в свою очередь, обязуется соблюдать «правила игры», в частности приложить усилия к улучшению социальной и экономической обстановки в прилегающих к предприятию населенных пунктах. Также они получают право реструктуризовать свои старые долги в случае, если экономическая ситуация на предприятии значительно улучшится. На основе сбалансированных целей предприятия и региона, администрация снижает фискальную составляющую в практике управления, тем самым, внедряя позитивный всесторонний подход в управлении регионом. Этот подход – ключ к экономическому развитию региона.

## 1.2. Комплексный подход к реформированию предприятий

Важнейшей частью технологии формирования комплексных программ регионального развития является технология реформирования и реструктуризации предприятий региона. Рассмотрим основные элементы этой технологии на примере ОАО «Подольскогнеупор».

Подавляющая часть промышленности России находится в настоящий момент в состоянии кризиса [6]. Причиной для этого послужили следующие факторы:

- недостаток оборотного капитала на большинстве предприятий
- непомерно высокий уровень налоговой нагрузки
- неподготовленность предприятий к работе в условиях рыночной экономики.
- непродуманность приватизации, вследствие чего руководство завода обычно не может считать себя «хозяевами» предприятия, а ярко выраженный собственник отсутствует.

Из последнего пункта вытекают следующие последствия, выражающиеся в недостатках управления предприятием [21, 22, 36]. Обычно это следующие недостатки:

- подчиненный характер коммерческой службы (отделы сбыта, снабжения, бартера и взаимозачетов) по отношению к центральной в советские времена службе управления производством.
- часто это проявляется в том, что для некоторых работников предприятия, например, для главного энергетика коммерческие обязанности являются побочными к основным.
- отсутствует ориентация на потребителя, а, следовательно, отсутствует служба маркетинга.
- система управления предприятием крайне консервативна.

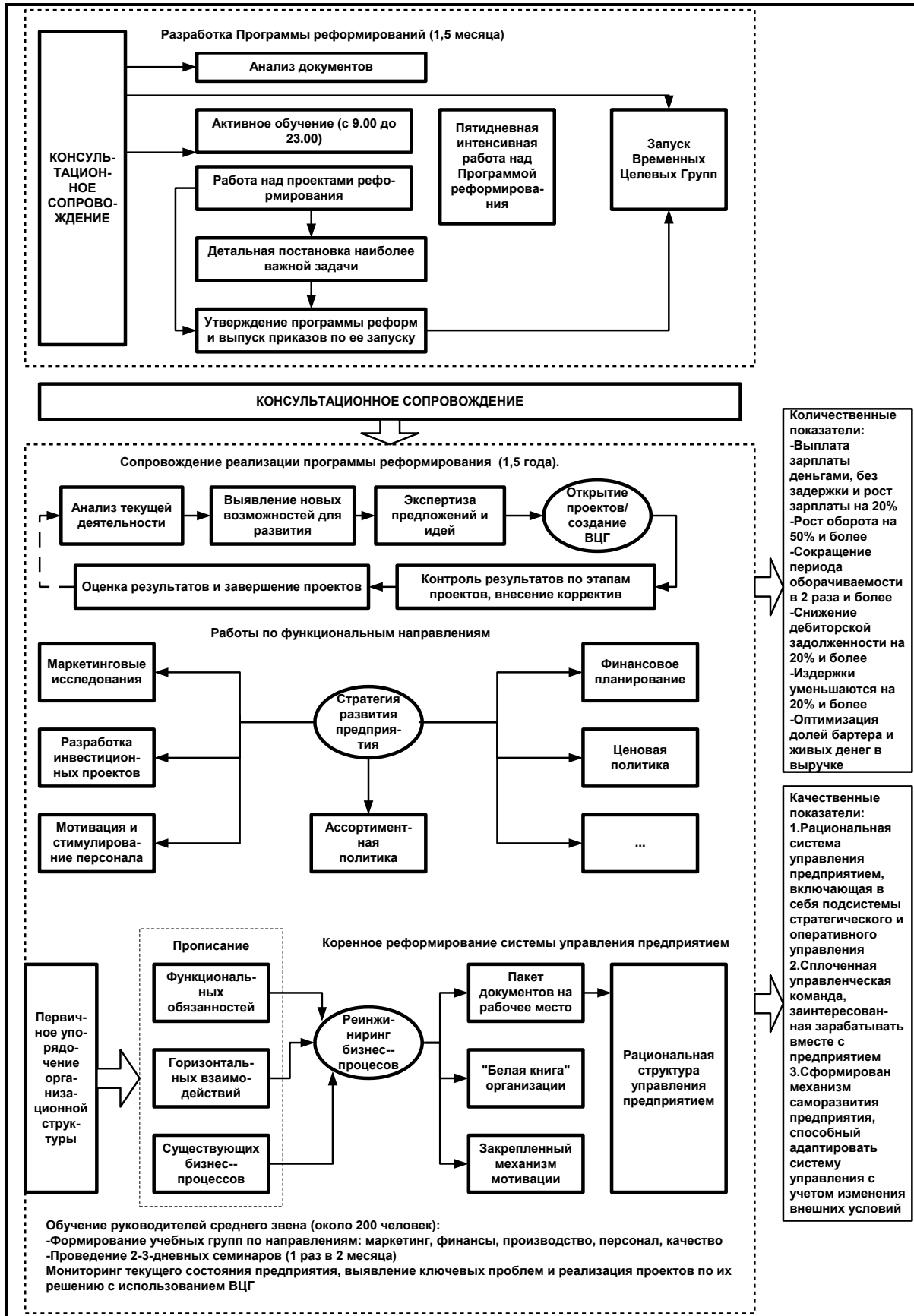


Рис. 1.2 Полный цикл реформирования предприятия

В этом случае только комплексный подход с использованием элементов системы активного развития (теоретически опирающийся на базис распределенных процедур принятия решений, методов математической экономики и др. [30, 31, 41]) может помочь предприятию преодолеть кризис. Комплексность предполагает взаимосвязанное решение производственных, финансовых, маркетинговых, сбытовых и др. задач (рис. 1.2). В основе механизма активного развития, закладываемого на реформируемом предприятии, лежит такой скрытый и, надо подчеркнуть, невостребованный до настоящего времени потенциал, как творческая активность персонала. Механизм развития должен создать все необходимые условия для повышения трудовой и социальной активности каждого человека, максимально побуждать его к творчеству, инициативе, поиску инновационных идей и их реализации, чтобы вскрыть и привести в действие все имеющиеся резервы.

Примером типовых проблем может служить ОАО «Подольскогнеупор», на период начала работы возникла следующая ситуация. Зафиксирован рост следующих показателей:

1. незавершенное производство в 4 раза,
2. производственные запасы в 3 раза,
3. запасы готовой продукции в 1.7 раза,
4. дебиторская задолженность в 7 раз.

Такое замораживание оборотных средств (несколько млрд. руб.) вызвало необходимость их пополнения заемными средствами (краткосрочные кредиты), прибылью и привело к росту кредиторской задолженности. Таким образом, достаточно высокие рентабельность и прибыль были «съедены» резким ростом темпов замораживания оборотного капитала. Рост кредиторской задолженности, стимулировал резкое снижение финансовой устойчивости (с 0,7 до 0,4).

Оценка точки безубыточности показала, что фактический оборот уже ниже минимально безубыточного. Это означает, что предприятие вошло в зону убыточной деятельности.

Попытки проанализировать, за счет каких товарных групп в первую очередь возникает убыточность, не дали результата, поскольку на предприятии не поставлен необходимый для этого управленческий учет.

По формальным признакам банкротства получены следующие результаты (в скобках указаны определенные на момент анализа законодательством нормы):

- коэффициент текущей ликвидности – 1,2 (должен быть больше 2);
- коэффициент обеспеченности собственными средствами – 0,169 (должен быть более 0,1);
- коэффициент восстановления платежеспособности – 0,69 (должен быть более 1).

Формально по второму критерию предприятие не является банкротом, но по законодательству наличие даже одного показателя может повлечь признание в несостоятельности. Тем более что взятие еще даже одного кредита на несколько млрд рублей при столь же неэффективном его использовании могло привести и второй критерий к значению формального банкротства.

По неформальным признакам (убыточность, рост замороженного капитала, снижение объемов реализации и т.д.) предприятие находилось в зоне ближнего банкротства.

Однако в случае грамотного подхода можно вывести предприятие из кризиса, даже не прибегая к реструктуризации (хотя для некоторых предприятий это единственный выход). Вызвано это, главным образом, тем, что присущие всей экономике недостатки в случае реформирования будут влиять на предприятия в меньшей степени, чем до реформирования, а внутренние недостатки практически перестанут оказывать влияние. С другой стороны, положительные факторы свое влияние только усилят.

В качестве примера рассмотрим влияние положительных и отрицательных факторов до и после реформирования ОАО «Подольскогнеупор», сделанную на основе экспертных оценок специалистов ЗАО «РОЭЛ Консалтинг» (см. табл. 1.1 и 1.2).

**Таблица 1.1  
ВЛИЯНИЕ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫХ И ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ  
ФАКТОРОВ ДО РЕФОРМИРОВАНИЯ**

	Отрицательные факторы	Положительные факторы
Внешние факторы	50%	40%
Внутренние факторы	60%	10%
Итого	110%	50%

То есть, по оценке специалистов ЗАО «РОЭЛ Консалтинг» влияние отрицательных факторов более, чем в 2 раза превосходило влияние положительных, следствием чего было ухудшение положения предприятия.

**Таблица 1.2  
ВЛИЯНИЕ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫХ И ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ  
ФАКТОРОВ ПОСЛЕ РЕФОРМИРОВАНИЯ**

	Отрицательные факторы	Положительные факторы
Внешние факторы	35%	50%
Внутренние факторы	10%	15%
Итого	45%	65%

То есть, по оценке специалистов ЗАО «РОЭЛ Консалтинг» влияние положительных факторов почти в полтора раза превосходит влияние отрицательных, следствием чего стало улучшение положения предприятия.

Среди внешних, не зависящих от управления предприятием, факторов на примере ОАО «Подольскогнеупор» можно перечислить следующие:

1. Устойчиво развивающийся основной потребитель (черная металлургия);
2. Удобное расположение предприятия в районе с хорошо развитой инфраструктурой (это в какой-то мере компенсировало удаленность от источников сырья);
3. Широкий ассортимент продукции;
4. Эти факторы не являются общими для всех предприятий, но практически у каждого из них существует не только «стратегический пассив», но и «стратегический актив».

Также среди положительных факторов можно выделить факторы, связанные со спецификой управления ОАО «Подольскогнеупор»:

- Большая влияние руководителей экономических подразделений на предприятии.
- Стремление руководства верхнего и среднего звена выйти из кризиса.

Для выхода из кризиса необходима разработка стратегии выхода из кризиса, одним из ключевых элементов которой является разработка миссии предприятия, которая является цементирующим звеном для работников различных служб предприятия, не связанных кроме миссии практически ничем, кроме того, что их трудовые книжки лежат в одном отделе кадров [40]. Миссия предприятия это ответ работников на вопрос внешнего клиента, что они делают.



Рис. 1.3. Концепция программы реформирования и механизмы ее реализации

Самым известным примером миссии является рассказ о том, что когда трех каменотесов спросили, что они делают, первый ответил: «Долблю камень», второй: «Зарабатываю себе на хлеб», а третий: «Я строю Шартрский собор».

На ОАО «Подольскогнеупор» в качестве миссии была выбрана фраза: «Мы работаем для Вас, совершенствуя себя». На основании этого была сформирована концепция Программы реформирования ОАО «Подольскогнеупор» (рис. 1.3).

Из приведенной концепции видно, что программа финансового оздоровления и развития является комплексным документом, который включает в себя работу практически со всеми основными функциями предприятия [150].

Это требует участия большого количества квалифицированных специалистов во всех областях деятельности, в том числе:

1. Рыночной политики (специалисты в области маркетинга и ценообразования).
2. Финансовой политики (специалисты по постановке управленческого учета, анализу и оптимизации затрат).
3. Управления персоналом (специалисты по психологии и социологии).
4. Совершенствования организационной структуры предприятия (специалисты по теории организационных структур).

Для того, чтобы создать работоспособную Программу реформирования, требуется не только формирование списка необходимых условий вывода предприятия из кризисного состояния и формирование программы неотложных действий. Созданный таким образом план не будет воспринят работниками предприятия, что практически обрекает его на неисполнение. Выходом из этого тупика было признано проведение семинара совещания с руководством предприятия (до 50 человек), на котором происходит выработка основных по-

ложений Программы реформирования. Именно там закладываются целевые установки и механизмы реализации (рис. 1.4). После выработки основных положений начинается следующий этап работы, в течение которого выполняются основные мероприятия Программы реформирования.

Именно комплексный подход к реформированию предприятия был реализован в ОАО «Подольскогнеупор» с января 1997 по сентябрь 1998 г. в три этапа, имеющие следующие характеристики (рис. 1.5).

*Этап 1.* Предприятие зарабатывает средства на развитие. Получение ресурсов (в т.ч. денежных) практически без затрат, на основе организационных изменений:

- сокращение коммерческо-производственного цикла;
- создание эффективной коммерческой службы и ее стимулирование на увеличение объема продаж и рост финансового результата;
- освоение методов и проведение гибкой и выгодной ценовой политики, увеличение на этой основе объема продаж, и в первую очередь за деньги;
- освоение методов и реализация выбора выгодной ассортиментной политики;
- повышение эффективности использования оборотных средств за счет внедрения маржинального анализа и управления финансовыми потоками;
- снижение затрат за счет снижения энергоресурсов;
- проведение конкурса поставщиков и перехода на закупки за деньги;
- быстрое пополнение оборотных средств за счет снижения дебиторской задолженности и реализации сверхнормативных запасов;
- создание первой очереди системы мотивации персонала на конечный результат;
- начальное обучение персонала среднего звена управления, выявление актива перемен, начало формирования управленческой команды;
- постановка первой очереди управленческого учета.



Рис. 1.4. Управление реализацией программы

Этап 2. Основные структурные изменения. Все дополнительные затраты, которые несет предприятие имеют достаточно большую эффективность (до 400% в год):

- реинжиниринг бизнес-процессов;
- корректировка целей и стратегии развития менеджерами предприятия;
- разработка, регулярный контроль реализации и корректировка бизнес плана развития предприятия;
- анализ существующей и разработка новой организационной структуры (включая функции), обеспечивающей реализацию принятой стратегии управленческой командой;
- внедрение клиентной ориентации всех подразделений, включая технологию управления «под заказ» и управление качеством;
- создание региональной сбытовой сети;
- создание системы управления издержками, включая противозатратные механизмы;
- создание системы мотивации активности подразделений (хозрасчет, выбор рациональной степени самостоятельности, создание ЦФО и т.п.);
- снижение постоянных затрат за счет реструктуризации;
- внедрение комплексного механизма управления, включая документооборот, ориентированное на результат;
- постановка системы управленческого учета;
- начало автоматизации процессов управления и учета.

Этап 3. Этап инноваций. Использование конкурентных преимуществ и освоение новых технологий:

- создание на предприятии системы управления изменениями;
- создание гибкой системы инновационного саморазвития предприятия, соответствующее изменение оргструктуры и статуса подразделений;
- создание системы внутрифирменного развития персонала.
- формирование устойчивой группы стратегических клиентов, партнеров и инвесторов;
- объединение и децентрализация в вертикально-интегрированные структуры;

- освоение в работе с персоналом принципов корпоративной культуры;
- комплексная автоматизация процессов управления, переход к интегрированным системам.

Более подробно ход внедрения Программы реформирования, с детализацией конкретных механизмов, описан в [91].

### 1.3. Процедура формирования и управления реализацией региональной промышленной политики (Владимирская область)

Типичным состоянием промышленности любого региона России в настоящее время является следующее:

- большинство предприятий находится в кризисном или предкризисном состоянии, т.е. подпадает под формальные критерии банкротства; в то же время, имеется уже достаточно большой опыт, показывающий, что при грамотном проведении ряда мероприятий, называемых обычно *реформированием* предприятия, большая их часть имеет собственные резервы для успешной деятельности;
- в регионе действует некоторое число консалтинговых фирм (в частности и иностранных), группы консультантов, или даже отдельных специалистов, которые предлагают свои услуги по реформированию предприятий и в отдельных случаях проводят эту работу в той или иной степени удачно, однако, редко кто способен выполнить эти работы «под ключ», а тем более сопровождать работу по реформированию достаточно долгое время;
- руководство большинства предприятий занимает по отношению к реформированию с привлечением «внешних» специалистов выжидательную политику по целому ряду причин, начиная с наличия отрицательных примеров и кончая отсутствием у предприятия средств, чтобы нанять успешную консалтинговую фирму.

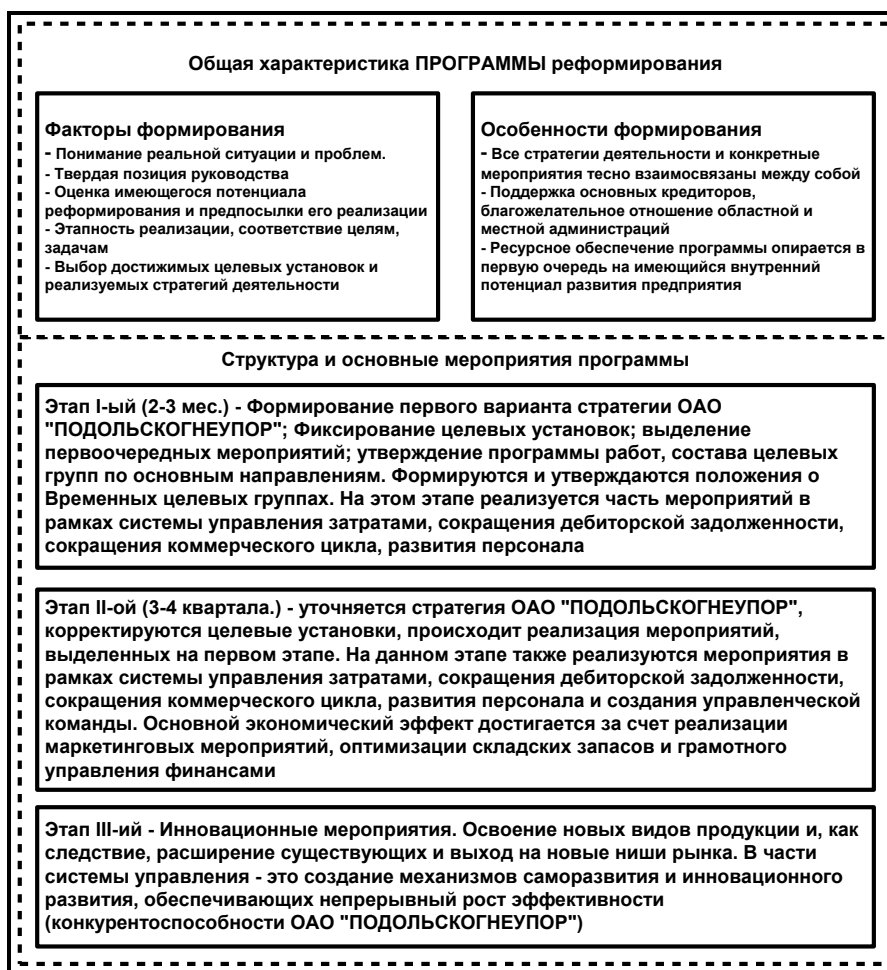


Рис. 1.5. Структура и основные мероприятия

На фоне этих и еще целого ряда факторов, попытки администрации к перелому ситуации в промышленно-сти повисают в воздухе, долги предприятий растут, поступления в бюджет уменьшаются.

Постепенно на уровне региональных администраций России формировалась концепция, что организация процесса реформирования предприятия региона невозможна без прямого участия администрации. Этому способствовало принятие правительством РФ ряда мер по выработке программы реформирования промышленных предприятий России в целом, и очевидная неэффективность этих мер «на местах». Процедура формирования и управления процессами реформирования может стать эффективной только в том случае, если она учитывает региональные особенности и опирается на региональный же потенциал. Решение поставленной задачи не может быть осуществлено лишь разработкой декларативных документов (хотя, наверное, и это возможно на первом этапе): необходимо подойти к проблеме комплексно, разработать процедуры взаимодействия различных структур администрации и иных структур в процессе ее решения, включая создание, по необходимости, новых структур, разработку нормативных документов, определяющих «правила игры». Особенно важно производить мониторинг реализации этих процессов на территории региона. Весь разрабатываемый комплекс мер должен быть направ-

лен на конечную цель – оздоровление и подъем региональной промышленности.

Сначала рассмотрим подробнее объекты, которые будут участвовать в разрабатываемых процедурах, их цели, задачи и возможности, существенные для формирования процедур.

**ПРЕДПРИЯТИЯ.** В области имеются предприятия, находящиеся в разной степени финансового благополучия, большинство из которых, как правило, бывшие госпредприятия, находятся в кризисном или предкризисном состоянии и именно они и будут объектом нашего рассмотрения. Заметим сразу, что любое предприятие может оказаться жизнеспособным в рыночных условиях при грамотно проведенном реформировании, поэтому необходимо обеспечить претворение основного принципа, существующего в медицине с древних времен: *не навреди*. Т.е., правила игры должны быть такими, что если руководство предприятия осознало необходимость проведения реформирования, нашло средства на ее проведение, то это всячески должно поощряться, независимо от формы собственности, номенклатуры выпускаемых изделий и т.д.

С другой стороны, совершенно очевидно, что успешное функционирование всех предприятий области, по крайней мере, в том виде, в котором они существовали до рынка, НЕВОЗМОЖНО. Отсюда возникает **первая задача**, которую необходимо решить: *формирование списка предприятий, перспективных для осу-*

ществления комплексного реформирования. Для решения этой задачи, прежде всего, необходимо выделить критерии, по которым можно было бы определить пригодность предприятия для этого списка. Дело в том, что существующие формальные критерии оценки деятельности предприятий (в том числе критерии банкротства) легко позволяют производить негативные оценки, и именно поэтому большинство предприятий находится формально в зоне кризиса. Необходимо разработать критерии, позволяющие оценить перспективность предприятий для региона в целом, причем не только финансово-экономические. Например, с точки зрения администрации, важным критерий – является ли предприятие градообразующим. Для градообразующего предприятия финансово-экономические критерии зачастую отходят на второй план, их место занимают социальные, политические и т.д. На территории области действует специальная структура – *Территориальное агентство Федеральной службы России по делам о несостоятельности и финансовому оздоровлению*, в которое, с одной стороны, приходит информация о «неблагополучных» предприятиях, и которое, с другой стороны, само формирует список предприятий для рассмотрения Межведомственной балансовой комиссии. Наш опыт показывает, что комплексное проведение работ по реформированию предприятий области невозможно без тесного взаимодействия Областной администрации и последних двух упомянутых структур, которые должны быть привлечены как для выделения соответствующих критериев, так и для участия в дальнейших процедурах выбора.

Допустим, что список предприятий, намеченных для реформирования, составлен тем или иным образом. Возникает **вторая задача** – *практическая подготовка к реформированию всех или части предприятий из списка*. Эта задача выделяется особо потому, что здесь предприятие воспринимается с совершенно другой точки зрения, чем на первой фазе. Дело в том, что при формировании списка предприятия рассматривается как некоторый пассивный объект, наделенный определенными свойствами. Формулировка критериев и дальнейшая процедура формирования списка предусматривает *активное взаимодействие трех структур*:

- областной администрации;
- территориального агентства;
- межведомственной балансовой комиссии.

Функции же предприятия ограничиваются передачей требуемой от них информации. На второй фазе – предприятие никто не может заставить проводить реформирование, оно само должно захотеть и начать эту работу, уже потому, что за это нужно платить свои деньги, т.к. финансировать реформирование всех предприятий Областная администрация, конечно, не в силах. Поэтому, здесь предприятие выступает как активный объект, имеющий свои цели, и решение задачи состоит в согласовании целей Областной администрации и руководства предприятия, с выделением факторов, влияющих на изменение целей предприятия, и определения «ресурсов» этих факторов.

Для активной работы с предприятиями на второй фазе необходимо создать специальную структуру, которую здесь мы условно назовем Центр реформирования. Впрочем, как будет видно из нижеизложенного,

функции Центра реформирования этим не ограничиваются.

**КОНСУЛЬТАНТЫ.** Под этим названием мы здесь будем подразумевать консалтинговые фирмы, неформально объединенные группы консультантов и отдельных специалистов, способных провести работы по реструктуризации предприятий региона, наличие которых определяет «реформационный потенциал» области (самостоятельно произвести реструктуризацию предприятия, как правило, не возможно).

*Несколько слов об опыте работы консультантов за предыдущий период.* Во-первых, иностранные консалтинговые фирмы, которые в середине «90-х г.г. активно работали, как в рамках различных программ сотрудничества, так и самостоятельно. Можно сказать, что опыт работы с ними, скорее, отрицательный, чем положительный. Дело не в том, что у них плохие специалисты или методика, а в том, что им трудно трансформировать свою работу к российским условиям. Специфика состоит в том, что на предприятии, да и в регионе в целом, как правило, отсутствуют специалисты, способные претворить в жизнь разработанные ими планы реструктуризации. Поэтому планы остаются на бумаге, а клиенты, заплатившие за них солидные деньги, чувствуют себя обманутыми.

*С отечественным консалтингом дело обстоит лучше*, имеется ряд предприятий, на которых произошли поразительные перемены, хотя и отрицательный опыт присутствует. Изучение опыта работы отечественных консультантов показывает, что важной является не только сама методика проведения реформирования (а она у разных фирм разная), но и способность фирмы производить работы по реформированию «под ключ», желательно, с оплатой от конечного результата, что подразумевает не только разработку самого плана реформирования, но и сопровождение его выполнения. В сопровождение включаются такие задачи как:

- обучение специалистов предприятия;
- предоставление специалистов консалтинговой фирмы для практической работы по конкретным направлениям на предприятии (маркетинг, финансы, персонал и т.д.), пока обучаются свои;
- мониторинг (отслеживание по времени) и контроль качества выполнения пунктов плана реформирования и т.д.

Конечно, выполнение работ «под ключ» не по плечу, как правило, группам консультантов и отдельным специалистам, однако, они вполне способны провести конкретные тематические работы. При этом нужно иметь в виду, что крупные консалтинговые фирмы находятся в Москве, Санкт-Петербурге, и получить от них определенного специалиста нелегко и дорого, поэтому имеет смысл использовать своих, региональных специалистов, например, на субподряде у центральных фирм.

Упомянутый выше Центр реформирования, по замыслу, должен взять на себя роль консолидирующего элемента при работе с консультантами в целом. Это целый спектр работ, начиная от подбора консультационной фирмы по просьбе предприятия, до заключения контрактов на реформирование от своего имени, с привлечением некоторых консалтинговых фирм и отдельных специалистов по субподряду. Еще одной функцией Центра реформирования является контроль качества выполнения работ по реструктуризации, производимых отдельными фирмами, с тем, чтобы пред-



приятия имели гарантию качества проводимых работ от Областной администрации

Все это требует, конечно, выработки методики определения «качества» работы соответствующих фирм.

**ОБЛАСТНАЯ АДМИНИСТРАЦИЯ** представляет собой целый ряд сложно взаимодействующих структур, однако, для простоты, мы будем рассматривать ее как *единую* структуру. В контексте данной статьи нас будет интересовать цели Областной администрации, а так же ее «возможности», т.е. рычаги воздействия на процесс реформирования предприятий региона. Выявление целей и критериев в данной ситуации является очень сложной задачей. Она решается в процессе создания целого ряда нормативных документов, таких как Перспективный план развития региона, Концепция развития промышленности региона и т.д. В скольконибудь удовлетворительном виде к настоящему времени эта задача не решена. Поэтому пока правила выбора сходятся к простейшему: чем больше – тем лучше. Правда, особо выделяются предприятия жизненно важные для области, как правило, градообразующие, реформирование которых должно быть проведено при любых условиях.

Согласно этому правилу, администрация, прежде всего, заинтересована в активизации самих процессов реформирования промышленности, проводимой в регионе. Активизация процессов связана, прежде всего, с пропагандой знаний, т.е. организацией различного рода семинаров, конференций и т.д., на которых рассказывается об удачных примерах реструктуризации, где выступают представители консалтинговых фирм, видные ученые. Существенную роль в организации этих работ должен играть Центр реформирования.

Говоря о рычагах воздействия, нужно иметь в виду, что прямых рычагов у Областной администрации нет, поскольку на прямое финансирование реформирования предприятий областного бюджета не хватает. Хотя в бюджете и могут быть предусмотрены отчисления на реформирование, но они очень невелики. Эти деньги достаточны только на долевое финансирование первого этапа реформирования (разработки плана реформирования) пилотных предприятий (не более 10 – 15). Остальные рычаги – не прямые. Среди них отметим угрозу банкротства (по согласованию с Территориальным агентством и Межведомственной балансовой комиссией) и наоборот, отсрочку банкротства сроком от шести до двенадцати месяцев. Другим рычагом является реструктуризация долгов предприятия в местный бюджет, что подразумевает отсрочку долгов предприятия на разные сроки, при условии исполнения текущих платежей. Важным условием возможности проведения массового реформирования является обеспечение «реформационного потенциала» области и его качества, о чем уже упоминалось в разделе «Консультанты». С формальной точки зрения, эти рычаги вместе с «реструктуризационным потенциалом» и финансами можно рассматривать как ограниченные ресурсы, а задачу реформирования предприятий региона как многокритериальную задачу распределения этих ограниченных ресурсов между предприятиями.

**МЕТОДИКУ РЕФОРМИРОВАНИЯ** так же стоит отнести к объектам, участвующим в наших процедурах. Хотя, методика, как правило, связана с конкретной консалтинговой фирмой, которая отчасти ее и разработала, но эта связь не является жесткой. В частности,

многие консалтинговые фирмы пользуются похожими методами. С другой стороны, конкретная фирма может изменить свою методику, если ей это выгодно. Например, вместо работы «под ключ», фирма может выполнить лишь конкретный набор работ, если уже на данный момент есть свободные специалисты.

С течением времени, очевидно, будут появляться свои, региональные структуры, занимающиеся вопросами консалтинга. Центр реформирования должен принимать активное участие в увеличении «реформационного потенциала» региона, а отчасти, может взять на себя оказание непосредственных консультационных услуг предприятиям. Для этих новых образований, безусловно, вопрос – существует ли методика «рекомендованная» в данном регионе, – является важным. Кроме того, возможно, существуют методики, наиболее подходящие для некоторых групп предприятий, например, крупных или мелких. В любом случае, в целом, проблема изучения и сопоставления методик является очень важной в контексте обсуждаемых здесь проблем. Как показывает опыт, наиболее привлекательными для российских предприятий оказываются методики ориентированные на *конечный результат*. Под этим подразумевается то, что основная часть оплаты услуг консультационной фирмы является процентом от *прироста* прибыли предприятия (чаще всего, маржинальной прибыли, поскольку чистая прибыль даже у процветающего предприятия близка к нулю). В этих условиях фирма как бы предоставляет предприятию кредит на начальных стадиях реформирования, который погашается на более поздних стадиях в случае успешной его работы. Конечно, работа на таких условиях возможна только для достаточно мощных фирм. Кроме того, фирма в этом случае проявляет большую разборчивость в выборе Клиента, пытаясь выявить наиболее «перспективных», что может не совпадать с интересами Областной администрации.

#### **1.4. Методика и технология комплексной диагностики, разработки стратегии и программы работ по реформированию предприятия**

**Основные этапы разработки программы.** В разделе дается описание основных этапов первой фазы реформирования предприятия, завершающейся разработкой стратегии и программы реформирования. Эта фаза включает 7 этапов решения конкретных задач. В данном случае описывается последовательность выполнения этих этапов и дается краткое описание каждого из них.

Каждый этап иллюстрируется конкретными практическими материалами на примере программы реформирования ОАО «Судогодское стекловолокно».

##### **Предпосылки для реформирования предприятия**

К началу 1999 года у предприятия проявились серьезные проблемы в области стратегического управления, в том числе – в целеобразовании, стратегическом планировании, контроле исполнения, корректировке стратегии и управлении изменениями. Эти функции выполнялись частично в основном Генеральным директором и его Заместителями. При этом подготовка и принятие ряда стратегических решений происходила со значительным отставанием от изменений ситуации на рынке.

Коммерческие подразделения предприятия обеспечивали в основном решение текущих задач сбыта и снабжения и планировали свою деятельность на очень короткий период в зависимости от развития ситуации и, соответственно, не могли прогнозировать возможных проблем предприятия с потребителями и поставщиками.

Служба маркетинга находилась в стадии становления и не принимала участия в решении таких важных вопросов, как разработка ассортиментной политики предприятия, формирование стратегии ценообразования, определение основных направлений повышения качества и конкурентоспособности продукции. Она не располагала необходимой для этого базой данных, так как каких – либо серьезных мероприятий по изучению конъюнктуры рынка, анализу предпочтений потребителей, позиций конкурентов и т.п., пока не проводилось.

Производственные мощности на момент принятия решения о реформировании были загружены на 25%, а оборудование имело значительную степень износа. На предприятии имелся ряд технологических проблем при изготовлении стеклошариков, стеклохолста, назрела необходимость внедрения новых технологий и повышения автоматизации технологических процессов.

Качество выпускаемой продукция в ряде случаев не соответствовало требованиям потребителей. Не велось систематической работы по выявлению и удовлетворению требований покупателей к потребительским качествам продукции. Отсутствовала система комплексного управления производством «под заказ».

В результате этого предприятие постепенно начало утрачивать свои конкурентные преимущества, и терять некоторых клиентов, которые в течение многих лет покупали его продукцию, хотя его технические и технологические возможности вполне позволяли удовлетворить их специфические запросы и требования.

Существующая система управления финансами не позволяла решать проблемы дефицита оборотных средств, снижения кредиторской задолженности, возврата дебиторской задолженности, повышения оборачиваемости основных средств, управления затратами, разработки бюджета по структурным подразделениям и разбивки помесячно, поквартально, а также недостаточно контролирует исполнение этого бюджета.

По итогам анализа состояние предприятия можно было охарактеризовать как неудовлетворительное, и имеющее тенденцию к ухудшению.

ОАО «Судогодское стекловолокно» при наличии спроса на свою продукцию и обладании некоторыми уникальными технологиями постепенно сдавало свою конкурентную позицию на рынке.

Система управления предприятия не обеспечивала решения важнейших стратегических задач его развития.

Происходил процесс «вымывания» собственных оборотных средств. В то же время наблюдался рост сверхнормативных запасов, которые можно было использовать для погашения дефицита в оборотных средствах. Рост дебиторской задолженности свидетельствовал о плохой работе с дебиторами, что не позволяло привлечь на предприятие дополнительные оборотные средства.

Значительный рост кредиторской задолженности фактически поставил предприятие на грань банкротства.

Для вывода предприятия из кризисного состояния требовалось подготовить и реализовать ряд радикальных изменений, направленных на ускоренное проектирование и создание комплексной системы управления, включающей подсистемы:

- управление продажами;
- управление производством;
- управление закупками;
- управление персоналом;
- управление развитием;
- управление финансами.

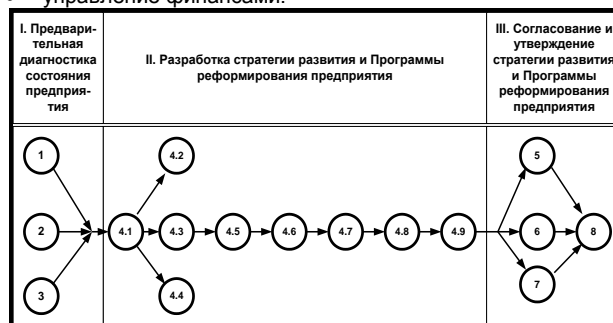


Рис. 1.6. Основные этапы разработки программы реформирования

**Основные этапы разработки программы реформирования**

Главными целями первой фазы реформирования ОАО «Судогодское стекловолокно», стали разработка стратегии и Программы реформирования. Данная фаза включила в себя следующие этапы работ (Рис. 1.6):

**I. Предварительная диагностика состояния предприятия**

- Анализ основных документов предприятия.
- Предварительная оценка финансового состояния предприятия.
- Предварительное определение с руководством предприятия целей развития и критериев их достижения.

**II. Разработка стратегии и Программы реформирования предприятия (в режиме семинара с руководством предприятия)**

- 3. Семинар с руководством предприятия по разработке стратегии и программы реформирования
- 3.1. Экспресс-диагностика:
  - анализ сильных и слабых сторон предприятия;
  - общая диагностика состояния и тенденций;
  - анализ финансового состояния;
  - анализ «проблемного поля» и выделение ключевых проблем;
- 3.2. Определение путей и вариантов решения проблем ;
- 3.3. Формирование рабочих групп;
- 3.4. Определение приоритетных направлений деятельности (стратегий);
- 3.5. Оценка инновационного потенциала;
- 3.6. Оценка источников ресурсов;
- 3.7. Распределение ресурсов;
- 3.8. Проработка и защита первоочередных проектов;
- 3.9. Выделение первоочередных мероприятий.

**III. Согласование и утверждение стратегии и программы реформирования**

- Прогноз, анализ и оценка вариантов реформирования предприятия;
- Разработка первой версии стратегии и программы реформирования (пакет документов);

Уточнение и согласование программы реформирования с руководством предприятия.

Утверждение программы реформирования.

### **Предварительная диагностика состояния предприятия**

Анализ основных документов предприятия.

Для анализа состояния предприятия консультанты запрашивали следующий набор документов:

Уставные документы.

Организационная структура предприятия и состав (Ф.И.О.) руководителей верхнего и среднего звена.

Бухгалтерская отчетность (формы 1,2,3,5-з): годовые и поквартальные отчеты за 3 последних года.

Приказ об учетной политике предприятия за 1999 г.

Пояснительная записка к годовому отчету за 1998 г.

Копия договора на расчетно-кассовое обслуживание за 1998 г.

Расшифровка дебиторов и кредиторов по состоянию на конец 1998 г.

Расшифровка задолженностей (если она есть) по бюджету и внебюджетным фондам.

Отчет о деятельности основных производственных цехов (производственный отчет).

Список совместных предприятий и дочерних обществ.

Список предприятий, с которыми имеются арендные отношения, договора о совместной деятельности.

Среднесписочная численность, ЗП, ЗП управленческого звена.

Перечень основных поставщиков.

Перечень основных потребителей.

Запасы на складах.

Энергопотребление (электричество, тепло).

Ассортимент продукции и текущий прайс-лист.

Существующая программа развития (если есть).

Структура производственных и непроизводственных объектов.

Пример внутренней управленческой отчетности (сводка, которая ложится на стол директору).

План производства и фактический выпуск.

Программа маркетинговых мероприятий и продвижения товара на рынок (если есть).

На основании анализа данных документов и обсуждения результатов этого анализа с руководителями предприятия и были сделаны выводы по общему и финансовому состоянию предприятий.

### **Предварительная оценка финансового состояния предприятия**

На основании предварительного знакомства с предприятием консультанты выявили следующие важные моменты, отражающие его финансовое состояние:

На протяжении трёх последних лет период оборота дебиторской задолженности постоянно рос. Аналогичная тенденция прослеживалась и для периодов оборачиваемости запасов в незавершённом производстве и запасов готовой продукции.

Увеличение периода оборота кредиторской задолженности свидетельствовало о снижении способности предприятия расплачиваться по обязательствам, а увеличение периода оборота запасов и дебиторской задолженности о плохой работе с активами и дебиторами.

Общее увеличение периодов оборота свидетельствовало о возрастающем дефиците оборотных средств.

За период с 1996 г. по 1998 г. собственный оборотный капитал предприятия постоянно снижался. На фоне общего роста как текущих активов, так и текущих пассивов, проявилась негативная тенденция, связанная с уменьшением собственного оборотного капитала за счёт опережения роста суммы текущих обязательств перед ростом текущих активов.

В течение 1998 г. на предприятии наблюдается общий рост запасов в незавершённом производстве, готовой

продукции и сырьё и материалах при незначительном их уменьшении в IV квартале этого же года.

Показатели ликвидности предприятия в период с 1996 г. по 1998 г. «неуклонно снижались, причём коэффициенты срочной и абсолютной ликвидности оставались значительно ниже нормы. Эта тенденция свидетельствует о значительном снижении возможности предприятия финансировать текущие обязательства за счёт текущих активов.

При наличии перечисленных негативных тенденций в изменении финансового состояния предприятия, следует отметить, что продукция предприятия пользовалась достаточно устойчивым спросом на рынке, что давало реальный шанс для его финансового оздоровления предприятия. Кроме этого определенным набором решений, разработанный в других проектах реформирования, позволял обеспечить существенное сокращение или оптимизацию затрат на производство и сбыт продукции.

### **Предварительное определение с руководством предприятия целей реформирования и критериев их достижения**

К началу 1999 года руководство ОАО «Судогодское стекловолокно» пришло к выводу, что дальнейшее откладывание реорганизации может привести к полному банкротству предприятия. Вопрос был только в том, что и как конкретно нужно сделать для эффективной реорганизации. Для ответа на этот вопрос на предприятии не хватало компетентных кадров: необходимо было провести диагностику предприятия, выработать новую стратегию предприятия и программу работ по выходу из кризиса.

После переговоров и знакомства с опытом работы фирмы «РОЭЛ Консалтинг» по реформированию предприятий генеральный директор остановил свой выбор на ней.

Предварительно цели реформирования были определены следующим образом:

- предотвратить банкротство предприятия;
- обеспечить выход предприятия в конкурентоспособное состояние.

### **Разработка стратегии и программы реформирования предприятия (в режиме семинара с руководством предприятия)**

Для проведения основной части первого этапа, связанной с диагностикой ключевых проблем предприятия и определением на основе их анализа приоритетных направлений работы по выходу предприятия из кризиса, была выбрана форма пятидневного семинара для высших руководителей и ведущих специалистов ОАО «Судогодское стекловолокно».

В ходе этого семинара проводился групповой анализ состояния предприятия (экспресс-диагностика) и определялись основы стратегии и программы реформирования предприятия.

#### **Экспресс-диагностика**

Экспресс-диагностика в данном проекте включала в себя:

- анализ сильных и слабых сторон предприятия;
- общая диагностика состояния и тенденций;
- анализ финансового состояния;
- анализ «проблемного поля» и выделение ключевых проблем.

Выявление сильных и слабых сторон предприятия, а также имеющихся возможностей и угроз проводилась на основе интервью, а также ходе анкетирования представителей высшего звена руководства и специалистов предприятия. Кроме этого анализировалась

отчетность предприятия, прежде всего финансовая, за последние три года.

В результате диагностики к ключевым проблемам предприятия были отнесены следующие:

- Рынок:  
Острая конкуренция.  
Отсутствие четкой маркетинговой стратегии.  
Неэффективная работа службы маркетинга, сбыта, снабжения.  
Отсутствие гибкой ценовой политики.  
Низкая доля живых денег в выручке.  
Проблема увеличения экспорта.  
Недостаточное качество продукции.
- Система управления в целом:  
Отсутствие четких целей и стратегии развития.  
Плохое взаимодействие подразделений (потери «на стыках»).
- Финансы:  
Дефицит оборотных средств (особенно «живых денег»).  
Дефицит инвестиций на оборудование и выпуск новой продукции.  
Значительная дебиторская задолженность.  
Низкая рентабельность.  
Неэффективное использование финансовых средств.
- Производство:  
Проблемы выпуска новой продукции  
Проблемы модернизации существующих производственных мощностей.  
Большая доля устаревшего оборудования.  
Высокая себестоимость единицы продукции.
- Управление персоналом:  
Задолженность по зарплате.  
Неэффективная система мотивации персонала.  
Отсутствие эффективно работающей управленческой команды.  
Переподготовка кадров.  
Недостаток энергичных и квалифицированных кадров, менеджеров.

**Определение путей и вариантов решения проблем**

В ходе обсуждения проблем с участниками семинара, выявленных в результате диагностики, высшие руководители и ведущие специалисты уточняли и согласовывали свое понимание данных проблем. После работы согласованного видения проблем сотрудники предприятия в режиме мозгового штурма сформулировали свои предложения и идеи относительно направлений и вариантов решения этих проблем. Результаты всех обсуждений и договоренностей участников фиксировались ведущими на плакатах, что позволяло учитывать и согласовывать различные позиции и точки зрения, концентрировать внимание группы на наиболее важных вопросах и разрешать многие спорные и конфликтные ситуации, которые накопились у руководителей в практике предыдущей работы.

**Формирование рабочих групп**

К концу второго дня семинара после обсуждения и группировки выделенных проблем по темам совместно с участниками было принято решение о формировании рабочих групп по следующим направлениям:

- стратегия;
- производство;
- маркетинг;
- персонал;
- финансы;

- затраты;
- прорывные направления.

После обсуждения с генеральным директором кандидатов на позиции руководителей этих групп и переговоров с самими кандидатами остальным участникам было предложено самоопределиваться относительно того, в какой из групп они хотели бы продолжить свою работу.

В ходе формирования групп консультанты сориентировали их руководителей на то, что для продуктивной работы необходимо иметь в составе групп представителей различных подразделений, которые так или иначе задействованы в решении задач по выделенным направлениям.

За каждой из созданных групп был закреплен специалист от «РОЭЛ Консалтинг», который и организовывал групповую работу и выступал в ряде случаев в качестве эксперта по соответствующему направлению деятельности предприятия.

**Выделение приоритетных направлений деятельности и стратегий действий**

Все созданные группы под руководством консультантов уточнили направления и цели своей деятельности и в течение последующих трех дней семинара занимались подготовкой проектов по направлениям, которые предполагалось реализовать в рамках общего проекта реформирования предприятия. Проекты групп в конечном итоге получили такие названия:

- Стратегия развития ОАО «Судогодское стекловолокно»;
- Организация эффективной работы службы маркетинга и организации сбыта;
- Управление финансовым состоянием предприятия;
- Снижение затрат при производстве продукции на ОАО «Судогодское стекловолокно»;
- Развитие производства;
- Разработка прорывных стратегий предприятия ОАО «Судогодское стекловолокно»;
- Совершенствование системы управления персоналом ОАО «Судогодское стекловолокно».

Общая схема работы каждой из групп включала в себя: оценку текущего состояния направления, ключевые проблемы, пути решения этих проблем, разработку конкретных мероприятий для реализации предложенных решений.

В процессе подготовки проектов группы ежедневно докладывали на общих собраниях о результатах своей работы. Кроме этого в каждой из групп был выделен специальный сотрудник, ответственный за обмен информацией с другими группами. А на группу «Стратегия» была возложена функция интеграции результатов работы групп по функциональным направлениям в общую стратегию предприятия.

**Оценка инновационного потенциала**

В ходе работы над проектами каждая из групп (за исключением группы «Персонал») не только определяла мероприятия, необходимые для достижения поставленных целей, но и оценивала их эффективность по соотношению «затраты/результат». Ниже представлен пример оценки участниками семинара эффективности предложенных ими же мероприятий.

После обобщения результатов работы всех групп по оценке эффективности предлагаемых мероприятий был оценен потенциал предприятия к развитию в целом (см. диаграмму «Потенциал предприятия», рис. 1.7).

Таблица 1. 3

**ПРИМЕР ОЦЕНКИ УЧАСТНИКАМИ СЕМИНАРА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ**

№ п/п	Мероприятие	Затраты	Марж. Прибыль	Эффективность	Затраты нарастающим итогом	Маржинальная прибыль нарастающим итогом	Реализуемость
1	Реализация неходового товара	12 000	1 850 000	15 417%	12 000	1 850 000	1
2	Освоение новых рынков	50 000	7 020 000	14 040%	62 000	8 870 000	2
3	Повышение эффективности управления деятельностью предприятия	80 000	8 400 000	10 500%	142 000	17 270 000	2
4	Работа с дебиторами	20 000	2 000 000	10 000%	162 000	19 270 000	1
5	Корректировка ассортимента	300 000	20 000 000	6 667%	462 000	39 270 000	2
6	Увеличение численности персонала в отделе маркетинга Установка 2 дополнительных телефонов	8 000	520 000	6 500%	470 000	39 790 000	1
7	Постановка системы планирования финансовых и товарно-материальных потоков, бюджетирование	80 000	1 872 000	2 340%	900 000	51 662 000	1

**Оценка источников ресурсов**

Оценка источников ресурсов для развития предприятия производилась в основном группами по направлениям «Финансы», «Производство» и «Затраты». При этом основной акцент был сделан на собственные возможности предприятия, так как на привлечение заемных средств в виду сложной финансовой ситуации на предприятии рассчитывать не приходилось.

Так, например, в рамках направления «Финансы» в качестве источников повышения эффективности оперативного управления деятельностью предприятия были выделены следующие области:

- изменение механизма определения цен на продукцию предприятия и закупаемые им сырье и материалы;
- оптимизация бизнес-процесса подготовки и проведения коммерческих сделок;

**постановка эффективной системы документооборота (коммерческие сделки).**

**Проработка и защита первоочередных проектов**

В последний день семинара каждая из групп представила на пленарном заседании план своего проекта.

Группа «Финансы», в частности, представила проект, состоящий из четырех программ:

1. Повышение эффективности оперативного управления деятельностью предприятия.
2. Планирование и оптимизация финансовых и товарно-материальных потоков.
3. Изменение структуры ассортимента (финансовая оценка).
4. Пополнение оборотных средств.

Каждая из программ была сформулирована в виде перечня основных мероприятий с указанием сроков и исполнителей. Авторы проекта представили свои расчеты по затратам и экономическим эффектам каждой из программ.

**Выделение первоочередных мероприятий**

Каждая из групп определила план ближайших действий на месяц (фактически на период подготовки консультантами отчета по итогам диагностики и первого варианта программы реформирования).

Так, группа «Производство», определила меры для преодоления всех основных критических ситуаций, накопившихся на различных этапах производственного цикла и рассмотрела различные сценарии развития событий в случае не принятия предлагаемых мер с точки зрения потерь, которые понесет предприятие дополнительно.

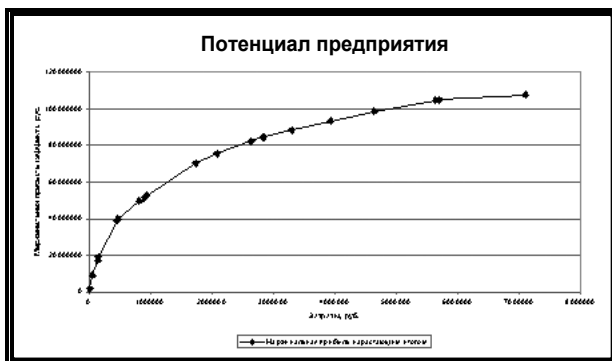
**Согласование и утверждение стратегии и программы реформирования**

**Прогноз, анализ и оценка вариантов реформирования предприятия**

После семинара консультанты на основе собранной в процессе диагностики информации и разработанных проектов рассмотрели возможные варианты развития предприятия. В итоге было выделено несколько сценариев, связанных с рядом критических событий (принятие решений заказчиками по нескольким крупным контрактам, запуск новых продуктов в производство, переговоры с кредиторами). В зависимости от реализации того или иного сценария и должен был быть сделан выбор одного из вариантов конкретных действий.

**Разработка первой версии стратегии и программы реформирования**

В процессе подготовки отчета по итогам диагностики и семинара в целом консультантами был проведен ряд



**Рис. 1.7. Потенциал предприятия**

**Распределение ресурсов**

На основе оценки эффективности предложенных участниками мероприятий у руководства предприятия появилась основа для расстановки приоритетов при распределении ресурсов предприятия на ближайший период.

В отношении производимой предприятием продукции был проведен анализ ассортимента с точки зрения общей и маржинальной рентабельности. А это позволило выделить в «портфеле бизнесов» предприятия группу тех продуктов, которые приносят и в перспективе будут приносить максимальную прибыль. У руководства завода появилась объективная информация для принятия решений по изменению структуры ассортимента.

рабочих обсуждений и встреч, по ходу которых уточнялась собранная на предыдущих этапах информация.

Стратегия и программа реформирования предприятия были оформлены в виде базового программного документа с набором приложений по основным направлениям развития предприятия.

Параллельно с обсуждением результатов диагностики осуществлялась консультационная поддержка работы руководства предприятия с кредиторами, подавшими судебный иск. От исхода ситуации с кредиторами в тот момент полностью зависела судьба предприятия.

**Уточнение и согласование программы реформирования с руководством предприятия**

Результаты диагностики и программа реформирования была первоначально представлена Генеральному директору и его заместителям. Одновременно с этим консультанты продолжили работу с временными целевыми группами, сформированными на семинаре, по реализации первоочередных мер по выходу из кризиса.

**Утверждение программы реформирования**

При утверждении Генеральным директором программы сразу же был рассмотрен и уточнен план действий на ближайший период в соответствии с рядом произошедших в окружении предприятия изменений. Группы, созданные во время семинара, были реформированы уже в соответствии с уточненной программой действий во временные целевые группы для решения конкретных задач.

Для управления процессом реформирования на предприятии были сформированы Центр стратегического управления (оперативное управление временными целевыми группами) и Экспертный совет (подготовка и принятие стратегических решений).

После этого проект перешел в фазу консультационного сопровождения процесса реализации программы реформирования предприятия.

**1.5. Краткое содержание Программы реформирования предприятия (ОАО «Камешковотекстиль»)**

Ниже приводятся основные тезисы Плана реформирования и реструктуризации ОАО «Камешковотекстиль» (Владимирская область).

**Основные задачи, этапы их решения и ожидаемые результаты**

Задачи, стоящие перед предприятием, связаны с формированием и реализацией целевых установок Плана реформирования и реструктуризации.

Выделяются следующие основные группы задач:

1. Задачи формирования и уточнения (мониторинга) стратегических планов развития предприятия.
2. Задачи, связанные с реализацией рыночных целей. Это, в первую очередь, маркетинговые мероприятия (организация сбыта, снабжения, маркетинга; организация представительств, дилерской сети; организация работы с потребителями, формирование «клиенто-ориентированной политики»; управление запасами, мероприятия по реализации «неликвидов»).
3. Задачи, связанные с реализацией производственных целей. Это повышение качества продукции, изменение ассортимента исходя их потребностей рынка, экономия сырья и материалов.
4. Задачи, связанные с управлением финансами. Это постановка системы финансового планирования и управленческого учета, сокращение дебиторской задолженно-

- сти, создание системы управления затратами, в том числе системы управления себестоимостью.
5. Задачи формирования эффективной оргструктуры. На первом этапе происходит минимально необходимая адаптация к существующим условиям. По мере формирования потребностей предприятия в штатных единицах при продвижении программы реформирования и реструктуризации происходит перестройка оргструктуры предприятия к оптимальной для эффективного и оперативного решения поставленных перед предприятием задач. В процессе необходимо плавно перейти к реинжинирингу бизнес-процессов предприятия. При этом параллельно происходит процесс повышения хозяйственной самостоятельности, разукрупнения, образования ЦФО и другое.
  6. Задачи развития персонала и создания управленческой команды. На первом этапе решаются путем создания на предприятии непрерывной системы обучения, направленной на достижение общих целей и решение ключевых проблем.

Таблица 1. 4

**ПРОГРАММА РАБОТ**

Мероприятия	3 квар. 1997 г.	4 квар. 1997 г.	1 квар. 1998 г.	2 квар. 1998 г.
<i>1 группа задач.</i>				
Формирование и уточнение стратегических планов развития предприятия				
Формирование стратегии и целей предприятия				
Разработка бизнес-плана развития предприятия				
Корректировка стратегии и целей				
Работа с 25% государственным пакетом акций				
Консолидация пакета акций для эффективного управления				
Поиск партнеров, инвесторов, формирование вертикально-интегрированной структуры				
Объединение, согласование с конкурентами				
Создание Фонда развития предприятия				
Создание системы работы предприятия с клиентами и поставщиками «под ключ»				
<i>2 группа задач.</i>				
Реализация рыночных целей.				
Создание отдела маркетинга, внедрение маркетинговых технологий				
Внедрение системы внутреннего маркетинга				
Постановка рекламной деятельности				
Формирование мобильных групп по поиску поставщиков с низкими ценами				
Формирование мобильных групп по поиску клиентов				
Формирование эффективного отдела сбыта				
Формирование эффективного отдела снабжения				
Разработка эффективной системы ценообразования				
Разработка шкалы закупочных цен				
Создание тарифного комитета				
Создание эффективно работаю-				

Мероприятия	3 квар. 1997 г.	4 квар. 1997 г.	1 квар. 1998 г.	2 квар. 1998 г.
щей юридической службы				
Организация представительства				
Организация дилерской и партнерской сети				
Организация эффективной работы с потребителями и поставщиками				
Внедрение системы планирования реализации, оптимизация использования оборотных средств				
Внедрение системы управления запасами, снижение запасов и ускорение оборачиваемости				
Автоматизация деятельности				
<i>3 группа задач.</i> Реализация производствен. целей.				
Инвентаризация и продажа излишнего оборудования и материалов				
Мероприятия по реализации неликвидов				
Проведение переоценки фондов				
Разработка нормативов				
Экономия энергоресурсов и топлива				
Передача ж/д и продажа реалбазы				
Увеличение выходов и снижения потерь				
Внедрение контроля за расходом материалов				
Автоматизация деятельности				
<i>4 группа задач.</i> Управление финансами.				
Активная работа с дебиторами, взыскание дебиторской задолженности				
Работа по внедрению законных финансовых и бартерных форм работы на рынке				
Поиск дешевых (целевых) денежных ресурсов				
Постановка системы управленческого учета				
Создание системы управления затратами и себестоимостью				
Внедрение системы финансового планирования				
Создание системы налогового планирования				
Внедрение системы бизнес-планирования на предприятии				
Автоматизация деятельности				
<i>5 группа задач.</i> Формирование эффективной оргструктуры.				
Минимальная адаптация оргструктуры под существующие проблемы предприятия (перевод зам. Директоров на директоров по направлениям, создание службы управления изменениями, отдела маркетинга)				
Создание Временных целевых групп (и положение о ВЦГ)				
Разработка должностных инструкций и основных положений				

Мероприятия	3 квар. 1997 г.	4 квар. 1997 г.	1 квар. 1998 г.	2 квар. 1998 г.
Прописывание существующих бизнес-процессов				
Формирование оптимальной организационной структуры управления				
Реинжиниринг ключевых бизнес-процессов				
Разукрупнение предприятия, создание ЦФО				
Создание механизма саморазвития предприятия				
Внедрение системы документооборота				
Автоматизация деятельности				
<i>6 группа задач.</i> Развитие персонала и создание управленческой команды.				
Начальное обучение управленческого персонала				
Аттестация				
Управленческие курсы				
Тренинги: развитие управленческих навыков, работа по созданию и укреплению единой управленческой команды				
Создание системы стимулирования и мотивации труда				
Создание системы управления по результатам				
Постановка системы управления персоналом				
Подбор квалифицированных управленческих кадров				
Внедрение системы информированности коллектива				
Организация конкурсов на предприятии для увеличения управленческого потенциала (комплектация ВЦГ)				
Автоматизация деятельности				

**Организация реализации программы реформирования.** Реализация мероприятий Программы работ на предприятии предполагается с использованием элементов матричной структуры управления: распределение прав и ответственности внутри существующей иерархической структуры (делегирование полномочий) и силами рабочих групп (Временных целевых групп), в обязанность которых должна входить разработка положений и организационных решений выполнения отдельных мероприятий или групп однородных, тесно связанных мероприятий, а в некоторых случаях и решение ключевых проблем.

С целью реформирования и реструктуризации ОАО «Камешковотекстиль» необходимо:

Перевести руководящих работников с должностей зам. Генерального директора (также Главный экономист) на соответствующие должности Директора по направлению с соответствующим расширением полномочий в принятии решений (в соответствии с разрабатываемыми должностными инструкциями).

Утвердить приказом по предприятию Положение о группе консультантов.

Издать Приказ по предприятию о создании отдела управления изменениями с непосредственным подчинением его Директору по производству и коммерческой деятель-

ности (сейчас – зам. Генерального директора по производству).

Создать Фонд развития предприятия и делегировать полномочия в его управлении в заданных рамках Директору по производству и коммерческой деятельности.

Издать «Положение о материальном стимулировании работников ОАО «Камешковотекстиль» и Временных целевых групп».

Создать отдел маркетинга с непосредственным подчинением его Директору по производству и коммерческой деятельности.

Приказом определить управленческие ставки оплаты труда, которые начнут действовать с 4 квартала при достижении определенных результатов.

Провести в коллективе разъяснительную работу по Программе реформирования предприятия (силами отдела кадров), донести ее до каждого рабочего места для адекватного восприятия.

Приказом по предприятию сформировать следующие Временные целевые группы:

- 1) по работе с 25% государственным пакетом акций;
- 2) по разработке системы ценообразования и шкалы закупочных цен;
- 3) по формированию мобильных групп по поиску поставщиков и клиентов и по организации представительства;
- 4) по организации эффективной работы с потребителями и поставщиками;
- 5) по внедрению системы планирования реализации и оптимизации использования оборотных средств, а также по внедрению системы управления запасами и снижению запасов;
- 6) по инвентаризации и продаже излишнего оборудования и материалов, а также по организации мероприятий по реализации «неликвидов»;
- 7) по проведению переоценки фондов и по разработке нормативов, а также внедрению контроля за расходом материалов и увеличению выходов и снижению потерь;
- 8) по экономии энергоресурсов и топлива;
- 9) по передаче ж/д и продаже реалбазы;
- 10) по взысканию дебиторской задолженности и поиску дешевых денежных ресурсов;
- 11) по созданию ЦФО;
- 12) по созданию системы стимулирования и мотивации труда.

Один из перспективных путей повышения финансово-экономического благосостояния предприятия (о котором следует сказать отдельно) – разукрупнение (расширение хозяйственной самостоятельности отдельных подразделений – структурных единиц), путем превращения их, на первом этапе, в Центры финансовой ответственности (ЦФО) и делегирования ответственности вниз при сохранении принципа баланса интересов. В дальнейшем возможно выделение структурных подразделений в дочерние юридические лица (переход к холдинговой структуре).

Основными критериями для оценки результатов разукрупнения будет – повышение эффективности подразделения за счет выпуска и продажи продукции, снижения затрат, повышение обеспечения рентабельности положительной хозрасчетной деятельности, увеличение ассортимента выпускаемой продукции.

Предполагается следующий план работ по разукрупнению (после выпуска Приказа о создании Временной целевой группы):

Окончательный анализ списка приоритетных подразделений по переходу в ЦФО;

Проведение рабочих собраний;

ВЦГ №11 создает Положение и проект Приказа о переводе двух-трех подразделений в статус ЦФО (до 15 сентября);

Обучение людей (периодически);

Разработка, тестирование и заключение договора между администрацией и руководителем ЦФО (сентябрь-октябрь);

Потенциальным руководителям ЦФО подготовить требования и мероприятия для выполнения перехода в ЦФО (до 15 сентября);

Подписание Приказа, сети договоров и начало работы (с 01 ноября).

**План-график работ на первый квартал. Программы работ**

План-график работ 12-ти Временных целевых групп производится в соответствии с разработанными ими под руководством отдела по управлению изменениями планами, которые утверждаются у Директора по производству и коммерческой деятельности и у Генерального директора.

Работа ВЦГ и подразделений предприятия осуществляется при непосредственном участии сотрудников фирмы «РОЭЛ Консалтинг». Режим совместной работы:

встречи консультантов со специалистами предприятия в соответствии графиком работ;

работа на местах специалистов предприятия и консультантов в соответствии с намеченными или скорректированными в процессе рабочих встреч планами.

В табл. 1.5 приводится структура работ и план-график рабочих встреч сотрудников ЗАО «РОЭЛ Консалтинг» и специалистов предприятия в рамках реализации Программы реформирования и реструктуризации ОАО «Камешковотекстиль» на август-сентябрь 1997 года. Также возможно выполнение работ по юридическому блоку и по переоценки фондов предприятия.

**Таблица 1.5  
ПЛАН-ГРАФИК РАБОЧИХ ВСТРЕЧ**

Направления работы / сотрудники ЗАО «Роэл Консалтинг»	Периодичность встреч в неделю, Август 1997 г.	Периодичность встреч в неделю, Сентябрь 1997 г.
Руководитель проекта	1	1
Координатор проекта	1	1
<i>Блок маркетинга и сбыта</i>		
Специалист по маркетингу и рекламе	1	1
<i>Блок по разработке оргструктуры</i>		
Руководитель блока	1	1
Специалист по оргструктуре	2-3	2-3
Помощник руководителя блока	1-2	1-2
<i>Блок по формированию управленческой команды</i>		
Специалист-психолог	-	1
<i>Обучение</i>		
Преподаватель	- (заочно)	1 раз в 2 недели
<i>Разработка финансовых и бартерных схем</i>		
Специалист	1	1

**2. ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОГРАММ РЕГИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ**

Разработка систем регионального управления требует описания объектов управления (предприятий и организаций региона, основных групп населения, политических партий и общественных движений и т.д.),



определения основных (существенных) факторов, характеризующих социально-экономическую обстановку в регионе, оценки этих факторов, создания механизмов разработки и реализации региональных программ развития. Решение этих задач сталкивается с трудностями, предопределенными особенностью объекта управления. В работе [36] выделены 9 основных особенностей. Отметим первые 7 из них, важные для дальнейшего изложения:

1. Трудности описания процессов в строго формализованном виде.
2. Комплексность показателей, входящих в структуру объекта.
3. Иерархическая структура объектов.
4. Дефицит достоверной исходной информации.
5. Достаточность группировки результатов оценки по небольшому числу градаций.
6. Многовариантность управления.
7. Существование средств информационного воздействия.

Одной из основных задач при разработке систем регионального управления является оценка социально-экономического состояния региона, как существующего, так и желательного. Действительно, чтобы управлять, необходимо в первую очередь оценить, где мы находимся и куда мы хотим попасть. В последнее время большое распространение для построения обобщенных оценок объектов самого различного типа получил подход, основанный на использовании дерева целей. При этом, каждый элемент (вершина) дерева, включая итоговый, дезагрегируется ровно на два подэлемента, то есть используется так называемый метод дихотомии [4, 19, 25]. При этом агрегирование каждой пары элементов в элемент последующего (верхнего) уровня производится с помощью логических матриц свертки. Такой подход применен в работе [4] для разработки региональных программ развития. В этой главе описан метод оптимизации программы по стоимости на основе построения сети напряженных (Парето-оптимальных) вариантов программы. Дается обобщение сети напряженных вариантов на основе введенных понятий резерва направления и сети напряженных вариантов с резервами. Рассматривается общая постановка задачи разработки варианта программы, обеспечивающего требуемое значение комплексной оценки при минимальных затратах Администрации региона. Предложены методы решения этой задачи для различных случаев.

### 2.1. Процедура построения комплексных оценок достижимости целей

Решение задачи формирования согласованной программы развития региона предполагает реализацию противоречивых целей в рамках существенных ресурсных ограничений. В этом случае для принятия решения необходимо использовать механизм оценки достижимости целей.

Будем рассматривать регион как сложную организационную систему, состояние которой можно оценить по ряду факторов или критериев. Пусть оцениваемая организационная система описывается на основе заданного набора частных критериев вектором  $K = (k_1, \dots, k_i, \dots, k_n)$ , где  $k_i$  – значение  $i$ -го частного критерия. Задача заключается в построении комплексного критерия функционирования  $f(K)$ , наиболее адекватно отражающего степень достижения поставленных перед организационной системой целей. Комплексным

критерием в данном случае является уровень социально-экономического состояния региона, в качестве частных критериев могут быть рассмотрены экономические (наполняемость регионального бюджета, финансовые показатели деятельности промышленных предприятий и т.д.) и социальные (уровень занятости, средняя заработная плата, уровень жизни и т.д.) показатели.

Оценка достижимости целей в общем случае – сложная иерархическая процедура, включающая такие операции, как преобразование шкалы, нормирующее преобразование шкалы, агрегирование.

Рассмотрим варианты комплексных критериев функционирования организационной системы, отражающих определенные качественные свойства целей, поставленных перед ней. Будем считать, что качественными целями организационной системы является увеличение частных критериев (чем больше, тем лучше).

Если качественным свойством целей организации является равномерное (в определенном соотношении) улучшение всех локальных показателей деятельности, соответствующая комплексная оценка имеет вид<sup>1</sup>

$$F(K) = \min_i \left( \frac{k_i}{\alpha_i} \right), \quad (2.1)$$

где

$\alpha_i$  – положительные параметры, отражающие информацию об относительной важности различных критериев. Луч  $\alpha t$  ( $t > 0$ ) определяет траекторию предпочтительного (гармоничного) развития системы. Положительным свойством оценки (2.1) является простота выделения «узких мест», то есть показателей, которые в данный момент являются «критическими» и на их улучшение следует обратить первоочередное внимание.

Оценка (2.1) имеет и другую важную интерпретацию. Если вектор  $\alpha$  принять за «точку идеала», т. е. точечную цель, к которой должна стремиться организационная система, то (2.1) является гарантированной оценкой степени достижения этой цели (например,  $f(K) = 0,6$  означает, что близость к цели составляет не менее чем 60% по каждому локальному критерию).

Если качественным свойством целей является улучшение хотя бы одного локального критерия, то соответствующий комплексный критерий достижения целей организации принимает вид

$$F(K) = \max_i \left( \frac{k_i}{\alpha_i} \right), \quad (2.2)$$

где

$\alpha_i$ , как и в предыдущем случае, отражает важность частного критерия  $k_i$ .

Эта оценка ориентирует на концентрацию усилий в определенной области. Если цели, поставленные перед организационной системой, носят смешанный характер (и улучшение всех показателей, и достижение высоких результатов в каком-либо направлении), то применяется средневзвешенная степенная оценка деятельности:

$$f(K) = \left( \sum_{i=1}^n \left( \frac{k_i}{\alpha_i} \right)^s \right)^{1/s}, \quad s > 0. \quad (2.3)$$

<sup>1</sup> В настоящей работе принята независимая внутри глав нумерация формул.

При  $s = 1$  получаем простейший вид оценки (линейная свертка)

$$f(K) = \sum_{i=1}^n \left( \frac{k_i}{\alpha_i} \right). \quad (2.4)$$

Такая оценка отражает свойство взаимного замещения целей, то есть недостатки в одной области можно компенсировать достижениями в любой другой. Применяя к описанным вариантам операции преобразования шкалы и агрегирования, можно получить достаточно богатый набор возможных процедур оценки деятельности.

Воспользуемся возможностью представления рассмотренных базовых оценок в дихотомическом виде.

Для свертки (1) имеем:

$$\min \frac{k_i}{\alpha_i} = \min \left\{ \frac{k_1}{\alpha_1}; \min \left[ \frac{k_2}{\alpha_2}; \min \left[ \frac{k_3}{\alpha_3}; \dots \min \left[ \frac{k_{n-1}}{\alpha_{n-1}}; \frac{k_n}{\alpha_n} \right] \right] \right] \right\}.$$

Для свертки (3) при  $n = 3$  имеем

$$f(K) = \left\{ \left( \frac{k_1}{\alpha_1} \right)^s + \left[ \left[ \left( \frac{k_2}{\alpha_2} \right)^s + \left( \frac{k_3}{\alpha_3} \right)^s \right]^{1/s} \right]^s \right\}^{1/s}.$$

В общем случае дихотомическое представление можно описать структурной схемой (рис. 2.1). Структурные схемы такого рода представляют собой прадеерево с корневой вершиной, соответствующей комплексной оценке, и висячими вершинами, соответствующими локальным критериям. Каждой промежуточной вершине  $K$  соответствует агрегированная оценка  $q_k$  получаемая в результате свертки двух оценок соответствующих вершин нижнего уровня.

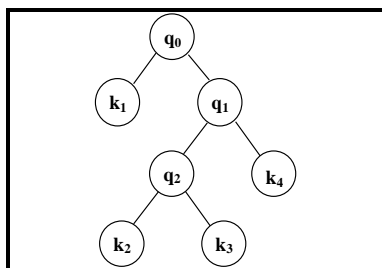


Рис. 2.1. Дихотомическое представление

Структурной схеме рисунка 2.1 соответствует дихотомическое представление комплексной оценки

$$q_0 = f(K) = \varphi_1 [k_1 (\varphi_2 (k_2, \varphi_3 (k_2, k_3)))].$$

Особенностью дихотомического представления является многошаговая процедура агрегирования, причем на каждом шаге производится агрегирование только двух оценок. Эта особенность дихотомического представления позволяет решать задачу комплексной оценки деятельности по  $n$  критериям путем последовательного решения ряда задач с двумя критериями. Дихотомическое представление допускает достаточно широкий класс комплексных критериев достижения целей. На рис. 2.2 приводится иерархическая структура для трех критериев оценки программы развития – экономической эффективности, уровня жизни и экологической безопасности (обозначим их соответственно буквами Э, Ж и Б).

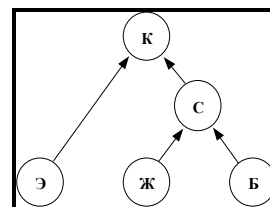


Рис. 2.2. Иерархическая структура для трех критериев оценки

Представляется естественным сначала объединить критерии уровня жизни и экологической безопасности в один агрегированный критерий социального уровня (С). Далее, объединяя социальный уровень с экономической эффективностью, получим комплексную оценку социально-экономического уровня, который обеспечивает анализируемый вариант программы развития. Особенностью иерархической структуры рис. 2.2 является агрегирование в каждом узле дерева только двух оценок. Это крайне привлекательная особенность. Дело в том, что комплексная оценка должна отражать приоритеты развития региона. Формирование этих приоритетов, а значит и формирование комплексной оценки, должно проводиться первыми лицами (главой администрации, его заместителями, начальниками управлений), то есть лицами, принимающими решения. Здесь мы сталкиваемся с чисто психологической проблемой. Человек способен эффективно оценить (соразмерить) только ограниченное число целей и лучше всего, если на каждом шаге оценки приходится сравнивать не более двух критериев. Такое сравнение в случае двух критериев удобно проводить, представляя результаты в виде табл. (матрицы). Предварительно перейдем к дискретной шкале оценок по каждому критерию, а именно, будем оценивать состояние отрасли по каждому критерию по четырехбалльной шкале: плохо, удовлетворительно, хорошо, отлично, или в числовых оценках – один, два, три, четыре. В таких же шкалах будем оценивать агрегированную и комплексную оценки. На рис. 2.3 приведен пример свертки критерия «уровень жизни» с критерием «экологическая безопасность».

Б	Ж			
	1	2	3	4
4	2	3	4	4
3	1	2	3	3
2	1	2	3	3
1	1	1	1	2

Рис. 2.3. Свертка критерия «уровень жизни» с критерием «экологическая безопасность»

Как уже отмечалось, эта матрица отражает общественные приоритеты, так при критическом положении в области экологии и по уровню жизни приоритет отдается обоим критериям. При удовлетворительном положении в области экологической безопасности приоритет имеет показатель «уровень жизни», поскольку состояние с хорошей оценкой по безопасности и удовлетворительной по уровню жизни оценивается как удовлетворительное, а обратная картина (оценка «хорошо» по уровню жизни и «удовлетворительно» по безопасности) оценивается как оценка «хорошо». С ростом уровня жизни приоритет смещается в сторону показателя экологической безопасности, поскольку состояние «отлично» возможно только при оценке «от-

лично» по показателю безопасности (при этом, возможна оценка «хорошо» по уровню жизни). Имея оценку социального уровня, мы можем построить матрицу свертки для комплексной оценки социально-экономического уровня. Пример такой оценки приведен на рис. 2.4.

С	Э			
	1	2	3	4
4	2	3	4	4
3	2	2	3	3
2	1	2	3	3
1	1	1	2	2

Рис. 2.4. Матрица свертки для комплексной оценки социально-экономического уровня

Здесь также можно заметить изменение системы приоритетов. При кризисном положении в экономике и обществе приоритет имеют оба показателя – и социальный уровень и уровень экономической эффективности. При удовлетворительном или хорошем значении этих показателей приоритет смещается в сторону экономической эффективности. Наконец, при высоких оценках (хорошо или отлично) приоритет снова имеет показатель социального уровня. Граничные состояния, отделяющие плохие состояния от удовлетворительных, удовлетворительные от хороших и хорошие от отличных, можно также определять по разному. Более того, эти границы могут и должны меняться со временем. Так, состояние «плохо» соответствует сегодняшнему состоянию и по экономической эффективности в регионе, и по уровню жизни ее работников, и по уровню экологической безопасности. Состояние «удовлетворительно» может соответствовать средним значениям соответствующих показателей по другим регионам. Состояние «хорошо» – лучшим значениям показателей по регионам, а «отлично» – средним значениям по другим странам в соответствующих направлениях. При росте эффективности экономики и уровня жизни цели могут измениться. Так, состояние «отлично» может соответствовать лучшим значениям показателей в мире. Обе матрицы, объединенные в графическую схему формирования комплексной оценки социально-экономического уровня, приведены на рис. 2.5.

Имея дерево свертки критериев, можно оценивать любой вариант программы развития региона и на основе этого выбирать оптимальный вариант. Рассмотрим задачу выбора программы развития, обеспечивающей переход от состояния «плохо» к состоянию «удовлетворительно». Для этого определим понятия напряженных вариантов программы. Каждый вариант будем описывать вектором  $x = \{x_j, x_b, x_э\}$ , компоненты которого определяют оценки по соответствующим критериям.

**Определение 1.** Вариант  $x$  называется напряженным, если не существует другого варианта  $y$ , имеющего то же значение комплексной оценки, у которого по всем критериям не выше, чем у варианта  $x$ .

Так, вариант  $x = (2, 2, 4)$ , имеющий комплексную оценку  $K = 3$ , не является напряженным, так как имеется вариант  $y = (2, 2, 3)$ , имеющий такое же значение комплексной оценки и в то же время его оценки по критериям не превышают оценок варианта  $x$ . Для варианта  $y = (2, 2, 3)$  таких вариантов не существует. Поэтому он является напряженным. Значение напряженных вариантов в том, что варианты программы разви-

тия, обеспечивающие получение требуемого значения комплексной оценки с минимальными затратами должны быть напряженными. Фактически, напряженные варианты это Парето-оптимальные варианты в пространстве критериев. Таким образом, мы можем ограничиться рассмотрением только напряженных вариантов. Опишем алгоритм построения всех напряженных вариантов.

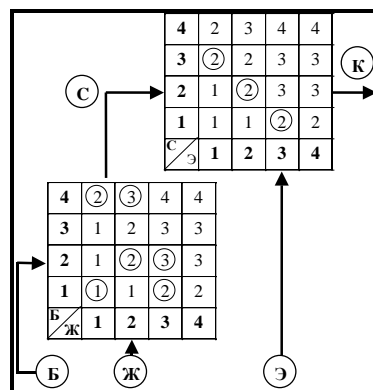


Рис. 2.5. Обе матрицы, объединенные в графическую схему формирования комплексной оценки социально-экономического уровня

Пусть поставлена задача перехода из состояния  $x_0 = (1, 1, 1)$  с комплексной оценкой «плохо» в состояние с комплексной оценкой «удовлетворительно». Рассматриваем матрицу свертки показателей социального уровня и уровня экономической эффективности. Отмечаем все элементы матрицы, имеющие оценку 2 (удовлетворительно, рис. 2.5) и являющиеся напряженными. Это элементы, имеющие оценку 1 и слева и снизу от них. Имеем три таких элемента: (1; 3), (2; 2) и (3; 1). Для получения каждого из указанных состояний необходимо достичь соответствующих значений по показателям социального уровня (С) и экономической эффективности (Э). Так состояние (1; 3) достигается при достижении оценки 1 по показателю «С» и оценки 3 по показателю «Э». На рис. 2.5 отмечены значения показателей «С» и «Э», которые должны быть достигнуты для получения каждого из трех указанных выше состояний.

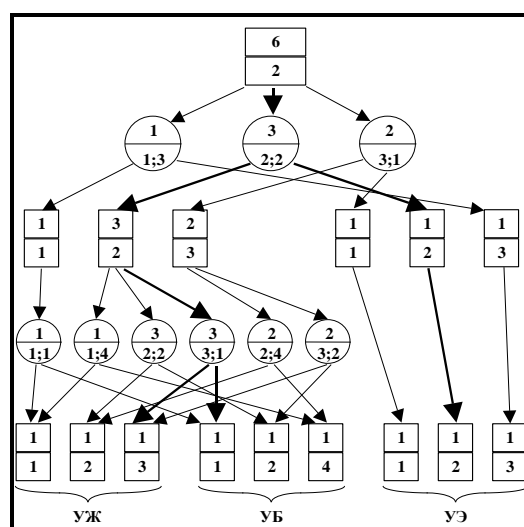


Рис. 2.6. Сеть напряженных вариантов

Показатели экономической эффективности являются исходными показателями. Показатель социального уровня является агрегированным показателем. Поэтому на основе матрицы свертки показателей «Ж» и «Б» необходимо указать все напряженные варианты, которые дают соответствующие оценки по показателю «С». Так, например, оценка «удовлетворительно» (2) по показателю «С» может быть получена тремя способами: (1; 4), (2; 2) и (3, 1), оценка 3 – двумя способами: (2; 4) и (3; 2), оценка 1 всего одним способом – (1; 1). Это соответствует сохранению существующего положения в области уровня жизни и экологической безопасности. Полученный граф называется сетью напряженных вариантов. Он приведен на рис. 2.6.

Как следует из алгоритма его построения, он содержит все напряженные варианты, имеющие комплексную оценку «удовлетворительно».

Для получения какого-либо напряженного варианта поступаем следующим образом. Рассматриваем начальную вершину (вход) сети. Из нее исходят три дуги. Берем любую из них, например, дугу, ведущую в вершину (2; 2). Из вершины (2; 2) исходят две дуги. Отмечаем обе эти дуги. Дуга, ведущая в вершину 2 по показателю «Э» указывает, что по этому показателю требуется достичь состояния «удовлетворительно». Дуга, ведущая в вершину 2 по показателю «С» указывает, что по этому показателю также требуется достичь состояния «удовлетворительно». Из трех вариантов достижения оценки 2 по показателю «С» выбираем любой (например, вариант (3; 1), что соответствует оценке «хорошо» по показателю «Ж» и оценке «плохо» по показателю «Б»). Полученному напряженному варианту соответствует подграф сети, выделенный на рис. 2.6 толстыми дугами. Он определяет напряженный вариант (3; 1; 2). Имея сеть напряженных вариантов, нетрудно определить число напряженных вариантов, обеспечивающих получение требуемой оценки. Для этого применяем следующий алгоритм индексации (пометки) вершин сети:

**1 шаг.** Помечаем конечные вершины сети индексами 1 (индексы указаны в верхней половине вершины).

**2 шаг.** Двигаясь снизу вверх последовательно помечаем все вершины. Индекс вершины-кружка на рис. 2.6 равен произведению индексов смежных с ней двух вершин нижнего уровня. Индекс вершины-квадрата на рис. 2.6 равен сумме индексов смежных с ней вершин нижнего уровня. Индекс начальной вершины-квадрата определяет число напряженных вариантов.

Обоснование алгоритма непосредственно следует из описанного способа определения индексов. Индексы вершин указаны на рис. 2.6 в верхней части вершин. Число напряженных вариантов равно шести.

Построив сеть напряженных вариантов, можно решать различные задачи формирования программы развития с учетом факторов стоимости и риска. Рассмотрим сначала задачу выбора варианта программы, обеспечивающего достижение поставленной цели с минимальными затратами. Пусть для каждого критерия  $i$  определены затраты  $s_{ij}$ , необходимые для обеспечения уровня  $j$ , то есть разработана подпрограмма (система мероприятий), выполнение которой обеспечивает рост критерия до уровня  $j$ . Примем, что подпрограммы по различным критериям независимы, то есть мероприятия  $i$ -ой подпрограммы не влияют на другие направления (цели). В этом случае существует эф-

фективный алгоритм определения программы минимальной стоимости. В его основе также лежит метод индексации вершин сети напряженных вариантов снизу вверх.

**1 шаг.** Помечаем нижние вершины сети индексами  $s_{ij}$ .

**Общий шаг.** Вершины следующего (более высокого) уровня сети напряженных вариантов помечаются только после того, как помечены все смежные вершины нижележащего уровня. При этом индекс вершины-квадрата (в таких вершинах записывается одно число – оценка соответствующего агрегированного критерия) равен минимальному из индексов смежных вершин-кружков нижележащего уровня, а индекс вершины-кружка (в кружке записаны два числа – это пара оценок критериев нижнего уровня, агрегирование которых дает соответствующую оценку критерия верхнего уровня) равен сумме индексов смежных вершин-квадратов нижележащего уровня.

При описанной процедуре индекс начальной вершины-квадрата равен минимальным затратам на реализацию соответствующей программы. Оптимальный вариант находится «обратным ходом» – сверху вниз. Сначала находим вершину-кружок, смежную с начальной вершиной сети и имеющую минимальный индекс среди всех вершин, смежных с начальной. Из этой вершины-кружка исходят две дуги к вершинам-квадратам нижележащего уровня. Для каждой вершины-квадрата находим вершину-кружок, имеющую минимальный индекс среди всех вершин, смежных с соответствующей вершиной-квадратом и т.д. В результате будет выделен подграф, определяющий оптимальный вариант программы.

Рассмотрим работу алгоритма на примере<sup>2</sup> сети напряженных вариантов рис. 2.6.

**Пример 2.1.** Пусть матрица затрат ( $s_{ij}$ ) имеет следующий вид, показанный в табл. 2.1.

Таблица 2.1

МАТРИЦА ЗАТРАТ

i	j			
	1	2	3	4
Ж	2	7	20	60
Б	3	10	35	50
Э	1	8	50	100

Индексы вершин сети, полученные на основе описанного алгоритма, указаны на рис. 2.7 в верхней половине соответствующих вершин. Оптимальный вариант выделен толстыми линиями. Это вариант (2; 2; 2) с затратами  $s^0 = 25$ , соответствующий сбалансированному развитию по всем направлениям.

## 2.2. Методы оптимизации комплексной программы развития с учетом риска

Рассмотренный выше подход к построению оптимальной по стоимости программы развития региона имеет один недостаток. Он связан с тем, что напряженные варианты развития обладают низкой надежностью реализации. Действительно, достаточно срыва программы по одному направлению, и поставленная цель не достигается. Для повышения надежности вариантов программы введем понятия критической оценки и резерва направления.

<sup>2</sup> Нумерация примеров независимая внутри глав и включает их номер.

Пусть задан некоторый вариант развития  $x = (x_1, x_2, \dots, x_m)$ , имеющий комплексную оценку  $K$ . Будем уменьшать оценку  $x_j$  направления  $j$ . Обозначим  $x_j^k$  – минимальное значение этой оценки, такое что дальнейшее уменьшение оценки  $x_j$  приводит к уменьшению комплексной оценки. Оценка  $x_j^k$  будем называть критической оценкой для  $j$ -го направления варианта  $x$ .

качественным градациям – «плохо», «удовлетворительно», «хорошо», «отлично».

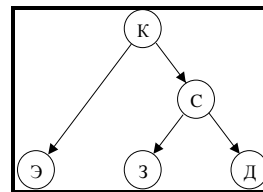


Рис. 2.8. Структуру комплексной оценки состояния региона

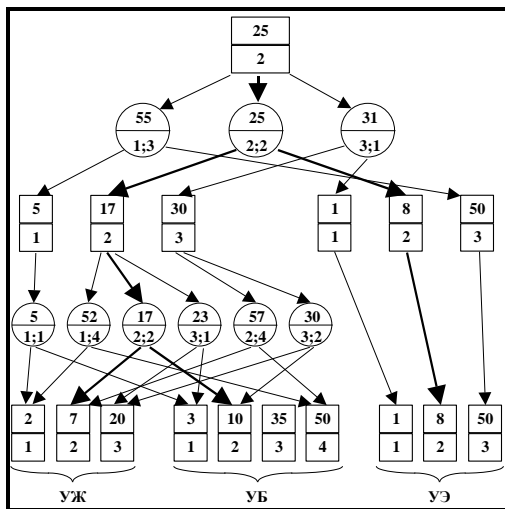


Рис. 2.7. Индексы вершин сети

**Определение 2.** Резервом  $j$ -го направления варианта  $x$  называется разность  $\Delta_j(x) = x_j - x_j^k$ .

**Замечание.** Если при уменьшении оценки до единицы комплексная оценка не меняется, то будем по определению считать, что резерв направления равен любой требуемой величине  $M$  (достаточно большой).

Заметим, что если  $\Delta_j(x) = 0$  для всех  $j$ , то есть оценки всех направлений варианта  $x$  являются критическими, то мы получаем напряженный вариант развития. Очевидно, что при разработке программы развития для повышения надежности ее реализации целесообразно предусмотреть резервы для особо рискованных направлений.

Аналогично можно определить резерв промежуточной (обобщенной) оценки относительно комплексной оценки, а также резерв оценки данного направления относительно обобщенной оценки.

Рассмотрим комплексную оценку состояния региона, связанную с программой развития малого предпринимательства. Выделим основные цели развития малого предпринимательства. Первая цель – это рост экономической эффективности и, как следствие, налоговых поступлений. Вторая цель – увеличение доходности, отражающаяся, в основном, в росте заработной платы, а третья цель – увеличение занятости. Естественно объединить уровень занятости и уровень доходности в обобщенный критерий «социальный уровень». Окончательно получаем структуру комплексной оценки состояния региона (в части, связанной с развитием малого предпринимательства), показанную на рис. 2.8.

На рис. 2.8 направление занятости обозначено буквой «З», доходности – «Д», экономической эффективности – «Э». Обобщенная оценка социального уровня обозначена «С».

С привлечением экспертов – руководящих работников Администрации заполняются смысловые матрицы, показанные на рис. 2.9. Оценки 1, 2, 3, 4 соответствуют

Заметим, что приведенные матрицы отражают политику областной Администрации в области развития малого предпринимательства. Так, например, обобщенная оценка социального уровня равна единице («плохо») и в случае, когда оценка уровня занятости равна 1, а уровня доходности – 2 («удовлетворительно»), и в случае, когда, наоборот, оценка уровня занятости равна 2, а оценка уровня доходности – 1. Действительно, в данном случае для Администрации одинаково важны обе цели – и увеличение уровня доходности, и увеличение уровня занятости. Аналогично, при объединении оценок социального уровня и уровня экономической эффективности при малых значениях оценок («плохо» или «удовлетворительно») для Администрации важно продвижение хотя бы в одном направлении. Однако, в области высоких оценок («хорошо» и «отлично») приоритет отдается уровню экономической эффективности. Это и понятно, так как рост экономической эффективности позволяет решить многие проблемы области (и социальные, и экономические).

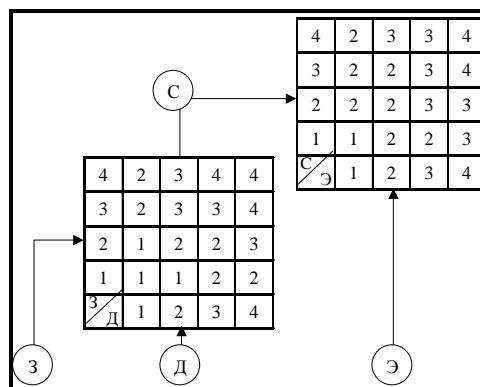


Рис. 2.9. Смысловые матрицы

Дадим иллюстрацию введенных понятий критической оценки и резерва направления на структуре комплексной оценки рис. 2.9. Рассмотрим вариант  $x = (3, 2, 3)$ , имеющий комплексную оценку 3. Для первого направления оценка  $Э = 3$  является критической, поэтому резерв первого направления для этого варианта равен  $\Delta_1 = 0$ . Для второго направления критической оценки нет, так как даже оценка «плохо» по уровню доходности при хорошей оценке по уровню занятости дает удовлетворительную оценку социального уровня, что, в свою очередь, обеспечивает комплексную оценку «хорошо» при уровне экономической эффективности «хорошо». Таким образом, резерв второго направления равен любому требуемому значению. Наконец, для третьего направления значение критической оценки  $x_3^k = 2$  и резерв направления  $\Delta_3 = 1$ .

Определим резерв обобщенной оценки «Социальный уровень» относительно комплексной оценки. Легко видеть, что критическое значение обобщенной оценки равно  $C^k = 2$ , и резерв обобщенной оценки  $\Delta_c = 3 - 2 = 1$ . Определим, наконец, резервы второго и третьего направления (доходность и занятость) относительно обобщенной оценки, обозначая их  $\Delta_d(C)$  и  $\Delta_z(C)$ . Имеем для уровня доходности – критическая оценка равна 2 и резерв  $\Delta_d(C)$  равен 0. Для уровня занятости  $Z^k = 3$  и  $\Delta_z(C) = 0$ . Заметим, что

$$\Delta_d(C) + \Delta_c = 0 + 1 < \Delta_d = M;$$

$$\Delta_z(C) + \Delta_c = 0 + 1 = 1 = \Delta_z,$$

то есть резерв направления не меньше (больше или равен) суммы резерва обобщенной оценки и резерва направления относительно обобщенной оценки.

В дальнейшем будем рассматривать матрицы, в которых изменения оценки по строке или столбцу происходит не более, чем на единицу. Заметим, что этого всегда можно добиться путем введения дополнительных строк или столбцов. Кроме того, маловероятно, что при изменении оценки направления или обобщенной оценки на единицу, оценка более высокого уровня (соответственно – обобщенная или комплексная оценка) изменилась сразу на две единицы. В этом случае имеет место следующая связь между резервом направления, резервом обобщенной оценки и резервом направления относительно обобщенной оценки.

**Теорема 1.1.** Резерв направления больше или равен сумме резерва обобщенной оценки и резерва направления относительно обобщенной оценки.

**Доказательство.** Пусть величина резерва направления относительно обобщенной оценки равна  $\Delta(C)$ . Это значит, что при уменьшении оценки по данному направлению на  $\Delta(C)$  единая обобщенная оценка не изменится (а значит, не изменится и комплексная оценка). Пусть резерв обобщенной оценки равен  $\Delta_c$ . Это значит, что уменьшение обобщенной оценки на  $\Delta_c$  не меняет комплексной оценки. Уменьшим оценку направления на величину  $\Delta_c + \Delta(C)$ . При этом величина комплексной оценки не изменится, так как при уменьшении оценки направления на  $\Delta(C) + K$ ,  $K = 1, 2, \dots, \Delta_c$ , величина обобщенной оценки уменьшится не более чем на  $K$  единиц в силу отмеченного выше свойства матриц свертки критериев. Таким образом, резерв направления не меньше (больше или равен) чем  $\Delta_c + \Delta(C)$ .<sup>3</sup>

Будем рассматривать варианты, резервы направлений которых не превышают единицы. Этого вполне достаточно для практики, поскольку такая ситуация обеспечивает достаточную надежность реализации программы.

**Следствие 1.1.** Если оценка направления больше 1, а резерв направления равен 1, то он равен сумме резерва обобщенной оценки и резерва направления относительно обобщенной оценки.

**Доказательство.** Если резерв направления строго больше суммы резерва обобщенной оценки и резерва направления относительно обобщенной оценки, то оба последних резерва равны 0. Но из этого следует, что уменьшение оценки направления на 1 уменьшает обобщенную оценку на 1, что в свою очередь уменьшает комплексную оценку на 1 и, следовательно, ре-

зерв направления равен 0. Полученное противоречие доказывает следствие.

Введем понятие напряженного варианта с резервами.

Пусть заданы требуемые резервы для всех направлений.

**Определение 3.** Вариант  $x = (\mathcal{E}, D, Z)$  с резервами направлений не менее заданных  $\Delta_z, \Delta_d, \Delta_c$  называется напряженным, если не существует другого варианта  $x_1 = (\mathcal{E}_1, D_1, Z_1)$  с величинами резервов направлений не менее заданных, у которого оценки направлений не более, чем у варианта  $x$ .

Значение напряженных вариантов в данном случае то же самое, что и в случае напряженных вариантов без резерва, то есть, программу минимальной стоимости при заданных резервах направлений следует искать среди напряженных вариантов с резервами направлений не менее заданных.

Опишем алгоритм определения всех напряженных вариантов с резервами.

Сначала рассмотрим случай, когда резерв  $\Delta = 1$  имеет только одно направление, например, уровень занятости ( $\Delta_z = 1$ ). Примем, что поставлена задача обеспечить значение комплексной оценки 2 («удовлетворительно»). Рассмотрим напряженные варианты оценок социального и экономического уровня, дающие оценку 2. Разделим их на две группы. В первую группу включаем варианты с нулевым резервом оценки социального уровня. Согласно лемме для этих вариантов оценка уровня занятости должна иметь резерв  $\Delta_z = 1$  (если, конечно, эта оценка не равна 1). Анализируя матрицу свертки показателей экономической эффективности и социального уровня, выделяем следующие варианты (1; 2) и (2; 1). Алгоритм их выделения аналогичен алгоритму определения напряженных вариантов, описанному в работе. Во вторую группу включим варианты в которых резерв обобщенной оценки социального уровня равен 1 (согласно лемме, резерв направления «уровень занятости» можно взять равным 0). Такой вариант всего один – (1; 3). Алгоритм выделения таких вариантов также аналогичен описанному в с тем отличием, что сначала находятся напряженные варианты с нулевым резервом (в нашем случае это вариант (1, 2)), а затем оценка социального уровня в том варианте увеличивается на 1 (получаем вариант (1, 3)). Это не касается варианта (2, 1), который по определению имеет любой резерв по критерию социального уровня (хуже 1 быть не может).

Для каждого из вариантов первой группы определяем варианты оценок уровня дохода и уровня занятости, имеющие резерв  $\Delta_z = 1$  по критерию уровня занятости (или имеющие по этому критерию оценку уровня занятости, равную 1. В результате для обобщенного варианта  $\mathcal{E} = 2, C = 1$  получаем единственный вариант (2, 1, 1), а для обобщенного варианта  $\mathcal{E} = 1, C = 2$  получаем три варианта: (1, 1, 4), (1, 2, 3) и (1, 3, 1). Первый из них получен из напряженного варианта с нулевым резервом по уровню занятости (1, 1, 3) путем увеличения оценки уровня занятости на одну единицу, второй – (1, 2, 3), также получен из напряженного варианта с нулевым резервом  $\Delta_z = 0$  (1, 2, 2) путем увеличения оценки уровня занятости на 1. Наконец, третий имеет оценку уровня занятости, равную 1, и потому имеет любой резерв.

<sup>3</sup> Символ «•» здесь и далее обозначает окончание примера, доказательства и т.д.

Перейдем к рассмотрению второй группы, состоящей из одного обобщенного варианта (1, 3). Для этого находим все напряженные варианты с нулевыми резервами, имеющие оценку социального уровня 3. Таких вариантов два: (1, 2, 3) и (1, 4, 2), из них вариант (1, 2, 3) уже был получен выше. Окончательно получаем сеть напряженных вариантов, в которых резервы первых двух направлений (уровень экономической эффективности и уровень доходности) больше или равны 0, резерв направления «уровень занятости» не менее 1. Сеть на рис. 2.10 содержит все напряженные варианты с требуемыми резервами, дающими комплексную оценку 2. Их всего 5: (1, 1, 4), (1, 2, 3), (1, 3, 1), (1, 4, 2), (2, 1, 1).

Дадим обобщение описанного алгоритма на случай, когда требуемые резервы равны 1 для обоих направлений – и уровня занятости и уровня доходности. В данном случае, как и ранее на первом этапе, следует рассмотреть две группы обобщенных вариантов (то есть вариантов, описываемых обобщенной оценкой социального уровня и оценкой уровня экономической эффективности).

В первую группу входят обобщенные варианты с нулевым резервом оценок социального уровня. Во вторую группу входят обобщенные варианты с резервом оценки социального уровня, равным 1.

Отличие возникает на втором этапе для первой группы. Действительно, согласно теореме 1.1 мы должны определить для каждого обобщенного варианта все варианты с резервами по направлениям уровня доходности и уровня занятости не менее 1. Заметим, однако, что все варианты, показанные на рис. 2.10 уже имеют резерв по направлению уровня доходности не менее 1, так что сеть напряженных вариантов, в которых по направлениям уровня доходности и уровня занятости имеется резерв не менее 1 совпадает с сетью рисунка 2.10.

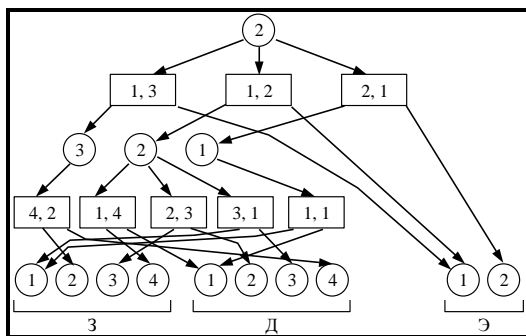


Рис. 2.10. Напряженные варианты с резервами, дающими комплексную оценку 2

Наконец, если требуется построить сеть напряженных вариантов с резервами по всем направлениям не менее 1, то поступаем следующим образом. На первом этапе выделяем две группы обобщенных вариантов. В первую группу входят напряженные варианты с резервом обобщенной оценки не менее 0 и резервом оценки уровня экономической эффективности не менее 1, а во вторую группу – все напряженные варианты с резервами обобщенной оценки социального уровня и оценки уровня экономической эффективности не менее 1. Второй этап выполняется аналогично описанному выше. В нашем случае изменения коснутся только обобщенного варианта (2; 1), поскольку остальные

два обобщенных варианта имеют оценку  $\Xi = 1$ , а значит – любую величину резерва. Вариант (2; 1) мы заменяем на вариант (3; 1), в котором по направлению уровня экономической эффективности имеется резерв  $\Delta\Xi = 1$ .

Описанный алгоритм позволяет строить все напряженные варианты при любых требованиях к резервам направлений. Когда резерв по направлениям уровень занятости и уровень доходности больше 1, то приходится на первом этапе рассматривать большее число групп обобщенных вариантов.

Построив сеть напряженных вариантов, можно решать задачу оптимизации программы по стоимости, применяя алгоритм, описанный выше, если мероприятия по отдельным направлениям не пересекаются. В принципе такая ситуация возможна, если предприятия малого бизнеса разбиты на три группы. Для одной группы предприятий основной целью программы реформирования является рост экономической эффективности, для другой – увеличение занятости, а для третьей – увеличение уровня дохода (зарботной платы работников). В этом случае отбор кандидатов для участия в региональной программе можно проводить независимо для каждой группы при заданном уровне критерия по соответствующему направлению (оставить на уровне «плохо», подтянуть до уровня «удовлетворительно», «хорошо» или даже «отлично»). Соответственно, можно оценить затраты Администрации на достижение требуемых уровней по каждому направлению.

**Пример 2.2.** Пусть матрица затрат имеет вид, показанный в табл. 2.2.

Таблица 2. 2

МАТРИЦА ЗАТРАТ

i	j			
	1	2	3	4
1	5	15	40	70
2	3	10	50	100
3	2	18	30	80

Работа алгоритма показана на рис. 2.11. Толстыми дугами выделен оптимальный по стоимости вариант (2, 1, 1), нацеленный на рост уровня экономической эффективности.

Несмотря на простоту и элегантность этого алгоритма, описанная ситуация не совсем адекватна реальной действительности. На практике предприятия, заинтересованные включиться в региональную программу, разрабатывают свои программы реформирования, предусматривающие рост всех трех показателей – и уровня экономической эффективности, и уровня занятости, и уровня доходности. Более того, Администрация стимулирует предприятия к разработке именно таких программ и организует конкурсный отбор с учетом всех трех факторов. Для такого случая описанный алгоритм уже не применим. Дадим формальную постановку задачи для этого случая (предложенные автором методы учета нечеткой неопределенности, базирующиеся на подходах, описаны в [9, 40]).

Пусть выбран вариант  $K$  программы, которому соответствуют вполне определенные значения роста уровня экономической эффективности (увеличение налоговых поступлений), уровня доходности (рост заработной платы) и уровня занятости (рост числа работающих или уменьшение уровня безработицы). Обозначим соответствующие значения уровня эконо-

мической эффективности  $b_{1k}$ , уровня доходности –  $b_{2k}$  и уровня занятости –  $b_{3k}$ . Обозначим далее через  $a_{ij}$  – вклад  $i$ -го предприятия в увеличение значения соответствующего уровня  $j$  согласно разработанной программе реформирования, а через  $c_i$  – затраты Администрации на реформирование  $i$ -го предприятия (в основном это налоговые льготы). Задача при заданном варианте заключается в определении множества предприятий  $Q$ , такого что

$$\sum_{i \in Q} a_{ij} \geq b_{jk} \quad (2.5)$$

и суммарные затраты Администрации

$$\sum_{i \in Q} c_i \quad (2.6)$$

минимальны.

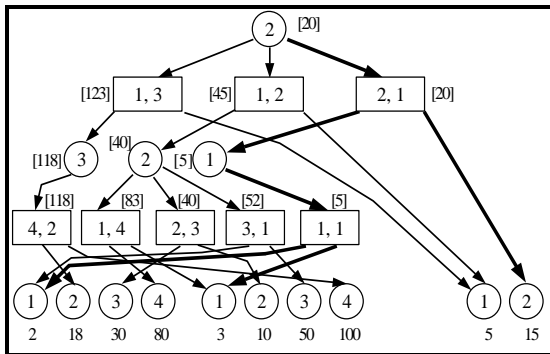


Рис. 2.11. Работа алгоритма

Пусть число вариантов программы, обеспечивающих требуемое значение комплексной оценки при заданных резервах направлений, равно  $m$ . Тогда необходимо выбрать такой вариант  $k$ , для которого при соответствующем векторе  $b_k$  решение задачи (5), (6) дает минимум затрат.

Таким образом, необходимо выбрать вариант  $k$  и множество  $Q$ , обеспечивающие  $\min_k \min_Q \sum_{i \in Q} c_i$  при ограничении (5).

Это задача целочисленного линейного программирования с ограничениями, зависящими от параметра  $k$ . Эффективных методов ее решения не существует. Рассмотрим методы решения задачи в частных случаях, а именно, примем, что существует нумерация предприятий, такая что

$$\frac{a_{1j}}{c_1} \geq \frac{a_{2j}}{c_2} \geq \dots \geq \frac{a_{nj}}{c_n}, \quad j = 1, 2, 3. \quad (2.7)$$

Другими словами, если эффективность программы реформирования предприятия  $i$  по направлению  $j$ , равная  $a_{ij}/c_i$ , выше чем у предприятия  $k$ , то его эффективность по другим направлениям тоже выше чем у предприятия  $k$ . Назовем это условие согласованностью по направлениям.

Следует отметить, что анализ программ реформирования предприятий Владимирской области, представленных на конкурс, показал, что условие согласованности по направлениям имеет место почти всегда (за небольшими исключениями). Это и понятно, предприятие, представившее эффективную программу экономического роста, как правило, обеспечивает и рост заработной платы и высокую занятость. При справедливости сделанного предположения можно предложить эффективный метод решения задачи.

Определим минимальный номер  $q$  предприятия, такой что

$$\max_k \min_j \frac{A_{qj}}{b_{jk}} \geq 1, \quad (2.8)$$

где

$$A_{qj} = \sum_{i=1}^q a_{ij}.$$

Пусть максимум в выражении (8) достигается на варианте  $p$ . Тогда

$$\min_j \frac{A_{qj}}{b_{jp}} \geq 1,$$

и следовательно для всех направлений  $j$  имеет место

$$\sum_{i=1}^q a_{ij} = A_{qj} \geq b_{jp},$$

то есть вариант  $p$  имеет величину комплексной оценки не менее требуемой.

Рассмотренный метод по сути дела является методом «затраты – эффект» [6] при условии согласованности по направлениям.

Если неравенство (8) выполняется как строгое равенство, то полученное решение является оптимальным.

**Пример 2.3.** Пусть имеются шесть предприятий, желающих включиться в региональную программу, и представивших свои программы реформирования, данные о которых приведены в табл. 2.3.

Пусть, далее, имеются три варианта программы, дающие требуемое значение комплексной оценки:

$$\pi_1 = (2, 3, 1); \quad \pi_2 = (1, 2, 3); \quad \pi_3 = (2, 2, 2).$$

Каждой оценке  $s$  каждого направления  $j$  соответствуют конкретные уровни  $Y_{sj}$  соответствующих критериев, приведенные в табл. 2.4.

Из табл. 2.4 получаем значения целевых установок  $b_{jk}$  для каждого из трех вариантов программы (табл. 2.5).

Таблица 2.3  
ПРЕДПРИЯТИЯ, ПРЕДСТАВИВШИХ ПРОГРАММЫ РЕФОРМИРОВАНИЯ

$i$	1	2	3	4	5	6
$a_{i1}$	8	3	7	6	2	2
$a_{i2}$	7	3	6	7	3	3
$a_{i3}$	10	4	8	10	4	5
$c_i$	2	1	3	4	2	3

Таблица 2.4  
КОНКРЕТНЫЕ УРОВНИ  $Y_{sj}$  КРИТЕРИЕВ СООТВЕТСТВУЮЩИЕ ОЦЕНКАМ  $s$  КАЖДОГО НАПРАВЛЕНИЯ  $j$

$s$	$j$		
	1	2	3
1	5	8	5
2	10	12	16
3	18	18	23
4	25	30	35

Таблица 2.5  
ЦЕЛЕВЫЕ УСТАНОВКИ  $B_{jk}$  ДЛЯ ТРЕХ ВАРИАНТОВ ПРОГРАММЫ

$k$	$j$		
	1	2	3
1	10	18	5
2	5	12	23
3	10	12	16

1 шаг. Берем  $q = 1$ . Имеем:



$$A_{11} = a_{11} = 8; A_{12} = 7; A_{13} = 10;$$

$$\min_j \frac{A_{1j}}{b_{j1}} = \min\left(\frac{8}{10}; \frac{7}{18}; \frac{10}{5}\right) = \frac{7}{18};$$

$$\min_j \frac{A_{1j}}{b_{j2}} = \min\left(\frac{8}{5}; \frac{7}{12}; \frac{10}{23}\right) = \frac{10}{23};$$

$$\min_j \frac{A_{1j}}{b_{j3}} = \min\left(\frac{8}{10}; \frac{7}{12}; \frac{10}{16}\right) = \frac{7}{12}.$$

Так как  $\max\left(\frac{7}{18}; \frac{10}{23}; \frac{7}{12}\right) < 1$ , то переходим к шагу

2.

**2 шаг.** Берем  $q = 2$ .

$$A_{21} = 11; a_{22} = 10; a_{23} = 14.$$

Имеем:

$$\min\left(\frac{11}{10}; \frac{10}{18}; \frac{14}{5}\right) = \frac{5}{9};$$

$$\min\left(\frac{11}{5}; \frac{10}{12}; \frac{14}{23}\right) = \frac{14}{23};$$

$$\min\left(\frac{11}{10}; \frac{10}{12}; \frac{14}{16}\right) = \frac{5}{6}.$$

Так как  $\max\left(\frac{5}{9}; \frac{14}{23}; \frac{5}{6}\right) < 1$ , то переходим к шагу 3.

**3 шаг.** Берем  $q = 3$ .

$$A_{31} = 18; A_{32} = 16; A_{33} = 22.$$

Имеем:

$$\min\left(\frac{18}{10}; \frac{16}{18}; \frac{22}{5}\right) = \frac{8}{9};$$

$$\min\left(\frac{18}{5}; \frac{16}{12}; \frac{22}{23}\right) = \frac{22}{23};$$

$$\min\left(\frac{18}{10}; \frac{16}{12}; \frac{22}{16}\right) = 1\frac{1}{3}.$$

Так как  $\max\left(\frac{8}{9}; \frac{22}{23}; \frac{4}{3}\right) > 1$ , то решение получено.

Ему соответствует третий вариант программы  $\pi_3 = (2, 2, 2)$ , с включением в нее первых трех предприятий. Минимальные затраты равны 6, причем по всем направлениям значение критериев выше требуемых.

Описанный алгоритм может не дать оптимального решения. Как известно [14], оптимальное решение в методе «затраты – эффект» можно получить, решая так называемую «задачу о ранце». Для того, чтобы применить этот подход к решению поставленной задачи, введем понятие сбалансированности программ реформирования.

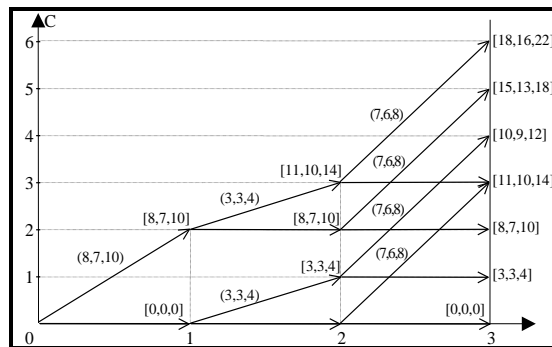
**Определение 4.** Программы реформирования предприятий называются сбалансированными, если оптимальное решение задачи максимизации критерия по данному направлению при ограниченных затратах одно и то же для любого направления и любого уровня затрат.

Если программы реформирования предприятий сбалансированы, то при выбранном варианте достаточно решить три задачи о ранце, каждая из которых заключается в минимизации затрат на достижение требуемого значения критерия по данному направлению и из них выбрать решение с максимальными затратами.

Однако, более эффективен следующий метод. Решаем параметрическую задачу о ранце, максимизируя уровень первого критерия при заданных затратах (затраты являются параметром). Поскольку программы реформирования сбалансированы, то полученные оптимальные решения являются оптимальными и для второго и третьего критерия. Осталось определить минимальные затраты, при которых уровни критериев не меньше требуемых хотя бы для одного варианта. Поясним алгоритм на примере.

**Пример 2.4.** Возьмем данные из примера 2.3. Так как там было получено решение с затратами  $C = 6$ , то достаточно уровень затрат менять от 1 до 6. Алгоритм решения параметрической задачи о ранце аналогичен алгоритму решения обычной задачи о ранце методом динамического программирования. Согласно этому алгоритму строится сеть, путь максимальной длины в которой определяет оптимальное решение соответствующей задачи о ранце. Эта сеть для рассматриваемого примера приведена на рис. 2.12.

Заметим, что в данном случае достаточно рассмотреть первые три предприятия. Три числа у наклонных дуг равны вкладам соответствующих предприятий в увеличение критериев по трем направлениям, а три числа у конечных вершин равны значениям критериев по направлениям для соответствующего подмножества предприятий. Рассмотрим три варианта программы поддержки предпринимательства из примера 2.3, которым соответствуют значения критериев из табл. 2.4. Определим минимальные затраты, при которых значения критериев не меньше хотя бы у одного из вариантов. Нетрудно убедиться, что при затратах  $C = 5$  значения критериев (15, 13, 18) превышают соответствующие значения  $b_{kj}$  из третьего варианта. Действительно,  $15 > b_{31} = 10$ ,  $13 > b_{32} = 12$ ,  $18 > b_{33} = 16$ . Таким образом, в оптимальном решении в программу включаются первое и третье предприятия, причем выбирается третий вариант программы,  $\pi_3 = (2, 2, 2)$ .



**Рис. 2.12.** Сеть, путь максимальной длины в которой определяет оптимальное решение соответствующей задачи о ранце

Достаточным условием сбалансированности программ реформирования является следующее:

$$a_j = \alpha_j \times a_i, \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, 3}$$

(условия сильной сбалансированности).

Действительно, в этом случае задача минимизации затрат при заданном увеличении значений  $j$ -го критерия, то есть задача минимизации (2.6) при ограничении  $\sum_{i \in Q} a_j = \alpha_j \sum_{i \in Q} a_i \geq b_j$  сводится к минимизации (8)

при ограничениях  $\sum_{i \in Q} a_i \geq \frac{b_j}{\alpha_j}, j = \overline{1, 3}$ , которые можно заменить одним ограничением:

$$\sum_{i \in Q} a_i \geq \min_k \max_j \frac{b_{jk}}{\alpha_j} = B. \quad (2.9)$$

Таким образом, в данном случае задача сведена к обычной задаче о ранце.

**Пример 2.5.** Имеются шесть предприятий со значениями  $a_1 = 8, a_2 = 3, a_3 = 7, a_4 = 6, a_5 = 2, a_6 = 4$ . Пусть  $\alpha_1 = 1, \alpha_2 = 2, \alpha_3 = 1$ . Возьмем три варианта программы из примера 2.3:

$$\pi_1 = (2, 3, 1); \pi_2 = (1, 2, 3); \pi_3 = (2, 2, 2),$$

значения  $b_{jk}$  которых приведены в табл. 2.5. Определим величину  $B$  из ограничения (2.9). Определяем сначала

$$B_1 = \max_j \frac{b_{j1}}{\alpha_j} = \max \left( \frac{10}{1}; \frac{18}{2}; \frac{5}{1} \right) = 10;$$

$$B_2 = \max \left( \frac{5}{1}; \frac{12}{2}; \frac{23}{1} \right) = 23;$$

$$B_3 = \max \left( \frac{10}{1}; \frac{12}{2}; \frac{16}{1} \right) = 16.$$

Находим  $B = \min(B_1; B_2; B_3) = 10$ . Возьмем затраты  $C_i$  из примера 2.3. Получаем следующую задачу о ранце: определить  $x_i = 0$  или  $1, i = \overline{1, 6}$ , минимизирующие

$$2x_1 + x_2 + 3x_3 + 4x_4 + 2x_5 + 3x_6$$

при ограничении

$$8x_1 + 3x_2 + 7x_3 + 6x_4 + 2x_5 + 4x_6 \geq 10.$$

Ее решение  $x_1 = 1, x_2 = 1$ , остальные  $x_i = 0$ . Таким образом, в программу включаются первые два предприятия, причем выбирается первый вариант программы.

Условие сильной сбалансированности естественным образом выполняется, если комиссия по отбору предприятий в программу будет проводить отбор, учитывая сбалансированность программы реформирования, то есть если оценка программы будет проводиться по критерию  $K_i = \min \frac{a_{ij}}{\alpha_j}$ .

$$K_i = \min \frac{a_{ij}}{\alpha_j}.$$

Очевидно, что, максимизируя  $K_i$ , предприятие разрабатывает сбалансированную программу, в которой

$$a_{ij} = \alpha_j \cdot a_i \quad (K_i = a_i).$$

### 2.3. Общая постановка задачи

Дадим теперь общую постановку задачи оптимизации программы по стоимости, рассмотренную на примерах в предыдущих разделах. Итак, примем, что задана процедура комплексного оценивания вариантов программы, на основе которой можно построить сеть напряженных вариантов (с резервами или без резервов). Эта сеть позволяет определить все напряженные (Парето-оптимальные) варианты программы, обеспечивающие требуемое значение комплексной оценки. Обозначим через  $r$  – число таких вариантов,  $b_k = \{b_{jk}\}$  – вектор, компоненты  $b_{jk}$  которого определяют требуемое значение критерия по  $j$ -му направлению в  $k$ -ом варианте программы,  $j = \overline{1, m}$  ( $m$  – число оцениваемых направлений (факторов)),  $k = \overline{1, \ell}$  ( $\ell$  – число ва-

риантов программы). Пусть, далее, имеются  $n$  предприятий – потенциальных участников программы, разрабатывших и представивших на конкурс программы реформирования и реструктуризации. Каждое предприятие может представить несколько вариантов программ реформирования, которые отличаются результатами (то есть вкладом в увеличение критериев по направлениям) и требуемыми затратами Администрации. Пусть каждое предприятие представляет не более  $q$  программ реформирования. Обозначим через  $a_{is}^j$  вклад  $i$ -го предприятия в увеличение критерия по  $j$ -му направлению региональной программы в варианте  $s$  программы реформирования,  $c_{is}$  – затраты Администрации на реализацию  $s$ -го варианта программы реформирования для  $i$ -го предприятия. Введем переменные  $x_{is} = 1$ , если  $i$ -е предприятие включено в региональную программу с  $s$ -ым вариантом программы реформирования и  $x_{is} = 0$  в противном случае. Выпишем ограничения, определяющие допустимые варианты программы развития региона. Первое ограничение отражает требование выбора для каждого предприятия не более одного варианта программы реформирования, то есть

$$\sum_{s=1}^q x_{is} \leq 1, i = \overline{1, n}. \quad (2.10)$$

Следующая группа ограничений опирается на условие достижения требуемых значений критериев по направлениям

$$\sum_{i,s} a_{is}^j x_{is} \geq b_{jk}, j = \overline{1, m}, \quad (2.11)$$

где

$b_k = \{b_{jk}\}$  – требуемые значения критериев по направлениям для выбранного варианта  $k$  региональной программы из множества вариантов, обеспечивающих требуемое значение комплексной оценки. Требуется решить задачу выбора варианта региональной программы, выбора множества предприятий, участвующих в региональной программе и, наконец, выбора варианта программы реформирования для каждого из этих предприятий, так чтобы затраты администрации

$$C(x) = \sum_{i,s} c_{is} x_{is} \quad (2.12)$$

были минимальными.

Задача (10)-(12) относится к классу задач системной оптимизации, поскольку требуется выбрать правые части ограничений (11), а затем решить задачу (11)-(12), которая, в свою очередь, является сложной комбинаторной задачей (многомерной задачей о ранце). Как было показано выше для случая сбалансированных программ реформирования предприятий, решение задачи сводится к обычной задаче о ранце. К сожалению, эффективных алгоритмов проверки условий сбалансированности программ реформирования пока не получено. Однако, легко проверить выполнение условий сильной сбалансированности. Напомним, что программы реформирования предприятий являются сильно сбалансированными по направлениям, если параметры  $a_{is}^j$  удовлетворяют соотношениям

$$a_{is}^j = \alpha_j a_s, j = \overline{1, m}, i = \overline{1, n}, s = \overline{1, q}.$$

В этом случае ограничения (2.11) можно заменить одним ограничением

$$\sum_{i,s} a_{i,s} x_{i,s} \geq \min_k \max_j \frac{b_k}{\alpha_j} = b. \quad (2.13)$$

Заметим, что без ограничения общности всегда можно взять  $\alpha_1 = 1$ .

Для проверки условий сильной сбалансированности достаточно определить

$$\alpha_{is}^j = \frac{a_{is}^j}{a_{is}^1} \text{ для всех } i, s \text{ и } j = \overline{2, m}.$$

Если  $\alpha_{is}^j = \alpha^j$ , то есть одно и то же для всех  $i, s$ , то варианты программ реформирования являются сильно сбалансированными. Для получения приближенного решения представим числа  $a_{is}^j$  приближенно в виде

$$a_{is}^j = \alpha_j a_{is},$$

где

$\alpha_1 = 1, a_{is}^1 = a_{is}$ , то есть первое направление является базовым. Поставим задачу определения чисел  $\alpha_j$  так, чтобы ошибка

$$\max_{i,s} |a_{is}^j - \alpha_j a_{is}| = \delta_j \quad (2.14)$$

была минимальной.

Представим (2.14) в виде

$$-\delta_j \leq a_{is}^j - \alpha_j a_{is} \leq \delta_j,$$

$$\frac{a_{is}^j - \delta_j}{a_{is}} \leq \alpha_j \leq \frac{a_{is}^j + \delta_j}{a_{is}}, \quad (2.15)$$

$$\max_{i,s} \frac{a_{is}^j - \delta_j}{a_{is}} \leq \alpha_j \leq \min_{i,s} \frac{a_{is}^j + \delta_j}{a_{is}}.$$

Очевидно, что минимальному  $\delta_j$  соответствует уравнение

$$\max_{i,s} \frac{a_{is}^j - \delta_j}{a_{is}} = \min_{i,s} \frac{a_{is}^j + \delta_j}{a_{is}}. \quad (2.16)$$

Опишем итерационный алгоритм определения  $\delta_j$ . Для упрощения записи примем, что каждое предприятие имеет по одному варианту программы реформирования, причем обозначим  $a_{i1}^j = a_i^j$ .

**1 шаг.** Определяем

$$\max_i \frac{a_i^j}{a_i} = \frac{a_q^j}{a_q}$$

и

$$\min_i \frac{a_i^j}{a_i} = \frac{a_p^j}{a_p}$$

и вычисляем  $\delta_1$

$$\delta_1 = \frac{a_p a_q^j - a_q a_p^j}{a_q + a_p}. \quad (2.17)$$

**2 шаг.** Определяем

$$\max_i \frac{a_i^j - \delta_1}{a_i} = \frac{a_q^j - \delta_1}{a_q}$$

и

$$\min_i \frac{a_i^j + \delta_1}{a_i} = \frac{a_p^j + \delta_1}{a_p}.$$

Если

$$\frac{a_q^j - \delta_1}{a_q} > \frac{a_p^j + \delta_1}{a_p},$$

то вычисляем  $\delta_2$  по формуле (2.17) и повторяем эту процедуру до тех пор, пока на очередном шаге не получим  $\delta_j$ , такое что выполняется равенство (2.16). Если ошибки  $\delta_j$  допустимы для всех  $j = \overline{2, m}$ , то можно считать программы реформирования предприятий сбалансированными.

**Пример 2.6.** Пусть множество потенциальных участников региональной программы состоит из трех предприятий, данные о которых приведены в табл. 2.6.

**Таблица 2.6**  
**МНОЖЕСТВО ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ УЧАСТНИКОВ РЕГИОНАЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Предприятие	1		2		3	
	1	2	1	2	1	2
$a_1^j$	3	8	2	7	2	6
$a_2^j$	3	7	3	6	3	7
$a_3^j$	4	10	4	8	5	10
$c_j$	1	2	2	3	3	4

Пусть далее имеются три варианта программы, дающие требуемое значение комплексной оценки:

$$\pi_1 = (2, 3, 1); \pi_2 = (1, 2, 3); \pi_3 = (2, 2, 2)$$

с векторами  $b_k$  следующего вида:

$$b_1 = (10, 18, 5); b_2 = (5, 12, 23); b_3 = (10, 12, 16).$$

Рассмотрим возможность считать программы реформирования предприятий сбалансированными.

Рассматриваем второе направление.

**1 шаг.** Определяем

$$\min \frac{a_{is}^2}{a_{is}^1} = \min \left( \frac{3}{3}; \frac{7}{8}; \frac{3}{2}; \frac{6}{7}; \frac{3}{2}; \frac{7}{6} \right) = \frac{6}{7};$$

$$\max \frac{a_{is}^2}{a_{is}^1} = \max \left( \frac{3}{3}; \frac{7}{8}; \frac{3}{2}; \frac{6}{7}; \frac{3}{2}; \frac{7}{6} \right) = \frac{3}{2};$$

$$\delta_1 = \frac{7 \times 3 - 6 \times 2}{9} = 1.$$

**2 шаг.** Определяем

$$\min \left( \frac{3+1}{3}; \frac{7+1}{8}; \frac{3+1}{2}; \frac{6+1}{7}; \frac{3+1}{2}; \frac{7+1}{6} \right) = 1;$$

$$\max \left( \frac{3-1}{3}; \frac{7-1}{8}; \frac{3-1}{2}; \frac{6-1}{7}; \frac{3-1}{2}; \frac{7-1}{6} \right) = 1.$$

Таким образом,  $\delta_2 = \delta_1 = 1, \alpha_2 = 1$ .

Рассмотрим третье направление.

**1 шаг.** Определяем

$$\min \frac{a_{is}^3}{a_{is}^1} = \min \left( \frac{4}{3}; \frac{5}{4}; 2; \frac{8}{7}; \frac{5}{2}; \frac{5}{3} \right) = \frac{8}{7};$$

$$\max \frac{a_{is}^3}{a_{is}^1} = \frac{5}{2};$$

$$\delta_1 = \frac{7 \times 5 - 2 \times 8}{9} = 2 \frac{1}{9}.$$

**2 шаг.** Определяем

$$\min \left( \frac{4+2\frac{1}{9}}{3}; \frac{10+2\frac{1}{9}}{8}; \frac{4+2\frac{1}{9}}{2}; \frac{8+2\frac{1}{9}}{7}; \frac{5+2\frac{1}{9}}{2}; \frac{10+2\frac{1}{9}}{6} \right) = 1 \frac{4}{9},$$

$$\max \left( \frac{4-2\frac{1}{9}}{3}; \frac{10-2\frac{1}{9}}{8}; \frac{4-2\frac{1}{9}}{2}; \frac{8-2\frac{1}{9}}{7}; \frac{5-2\frac{1}{9}}{2}; \frac{10-2\frac{1}{9}}{6} \right) = 1 \frac{4}{9}.$$

Таким образом,  $\alpha_3 = 1 \frac{4}{9}$ , ошибка приближения:

$\delta_3 = 2^{1/9}$ .

Если признать ошибки приближения  $\delta_2 = 1$  и  $\delta_3 = 2^{1/9}$  допустимыми, то можно применить метод решения для случая сбалансированных программ реформирования.

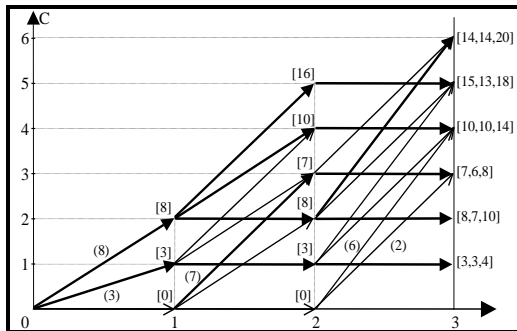


Рис. 2.13. Сеть при уровне затрат от 1 до 6

Решаем задачу о ранце для первого направления при различных уровнях затрат, то есть строим сеть аналогичную сети рис. 2.12 из примера 2.4. Соответствующая сеть при уровне затрат от 1 до 6 приведена на рис. 2.13.

Оптимальные пути (с точки зрения первого направления) выделены толстыми линиями. У конечных вершин поставлены значения критериев для всех трех направлений.

Теперь осталось определить минимальный уровень затрат, при котором значения критериев по направлению не ниже требуемых хотя бы для одного из векторов  $b_k$ . Простым перебором находим, что минимальные затраты  $c_{min} = 5$ . Значения критериев для соответствующего оптимального решения (15, 13, 18) превосходят требуемые величины для вектора  $b_3 = (10, 12, 16)$ . Таким образом, оптимальным является выбор третьего варианта региональной программы  $\pi_3 = (2, 2, 2)$  и включение в программу первых двух предприятий со вторыми вариантами программы реформирования.

Если нет уверенности в выполнении условия сбалансированности программ реформирования предприятий, то решение задачи становится более сложным. Можно, конечно, применяя описанный выше метод, построить сеть, позволяющую определить все Парето-оптимальные варианты, однако, их число может быть достаточно большим. Рассмотрим еще один подход к решению задачи в основе которого лежит другой способ построения комплексной оценки, а именно, будем оценивать не величины критериев по направлениям, а непосредственно программы реформирования предприятий. Так в предыдущем примере потенциальными участниками программы были три предприятия, каждое из которых представляло две программы реформирования. Поступим следующим образом. Сначала получим обобщенную оценку программ первых двух предприятий. Возможный вариант приведен на рис. 2.14.

Шкалу обобщенной оценки возьмем состоящей из четырех градаций – 1, 2, 3, 4. Теперь агрегируем обобщенную оценку двух первых предприятий с вариантами программ третьего предприятия – см. рис. 2.15.

Предприятие 2	2	3	3	4
	1	2	3	3
	0	1	2	3
		0 1 2		
		Предприятие 1		

Рис. 2.14. Обобщенная оценка программ первых двух предприятий

4	2	2	3
3	1	1	2
2	1	1	1
1	1	1	1
		0 1 2	
		Предприятие 3	

Рис. 2.15. Агрегирование обобщенной оценки двух первых предприятий с вариантами программ третьего предприятия

Таким образом мы получаем возможность определять комплексную оценку для любого набора предприятий, участвующих в программе. Если теперь построить сеть напряженных вариантов, то применяя описанный в разделе 1 алгоритм, мы определяем оптимальный по стоимости состав предприятий, участвующих в программе. Сеть напряженных вариантов для комплексной оценки 2 рис. 2.14, 2.15 приведена на рис. 2.16.

Индексы вершин поставлены в квадратных скобках. Оптимальный вариант выделен толстыми линиями. Ему соответствует включение в программу первых двух предприятий со вторыми вариантами реформирования, что совпадает с решением, полученным в примере 2.6. Основная проблема при применении описанного подхода связана с построением комплексной оценки в определенном смысле согласованной с комплексной оценкой направлений. Согласованность означает, что любое подмножество программ предприятий, имеющее комплексную оценку  $K$  при агрегировании оценок по направлениям, имеет ту же оценку при агрегировании по предприятиям. И наоборот, если данное подмножество программ предприятий имеет комплексную оценку  $K$  при агрегировании по предприятиям, то оно имеет ту же комплексную оценку  $K$  при агрегировании по направлениям. Так, например, в рассмотренном примере 2.6 комплексную оценку 2 имеют следующие напряженные варианты программы предприятий, показанные на рис. 2.16.

Легко видеть, что комплексная оценка программ реформирования предприятий в данном случае не согласована с комплексной оценкой направлений региональной программы. Действительно, вариант, в котором первое предприятие входит во второй программой, а остальные два – с первой, имеет комплексную оценку 2 при агрегировании по направлениям и в то же время – комплексную оценку 1 при агрегировании по предприятиям. Пример согласованной оценки по предприятиям приведен на рис. 2.17.

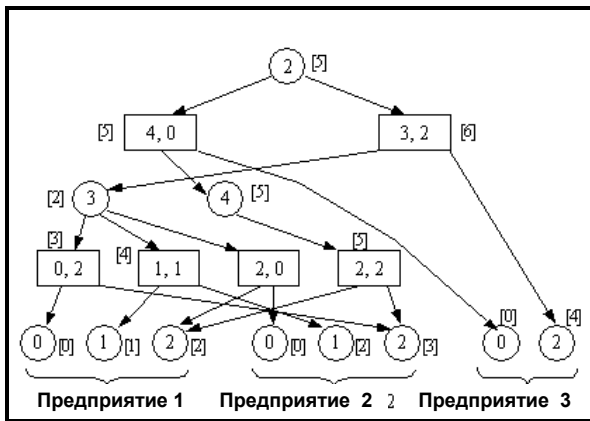


Рис. 2.16. Сеть напряженных вариантов для комплексной оценки 2

Комплексная оценка	2	2	2	2	2	2
Предприятие 1	2	0	2	2	1	1
Предприятие 2	2	2	0	1	2	1
Предприятие 3	0	2	2	1	1	2

Непосредственной проверкой можно убедиться, что любой напряженный вариант, имеющий оценку 2 при агрегировании по направлениям, имеет такую же оценку при агрегировании по предприятиям и наоборот.

Задача построения комплексной оценки программ реформирования предприятий, согласованной с заданной комплексной оценкой направлений региональной программы развития, относится к сложным комбинаторным задачам. Важно, однако, что такую комплексную оценку всегда можно построить.

**Теорема 1.2.** Для любой комплексной оценки направлений программы регионального развития всегда можно построить согласованную комплексную оценку программ реформирования предприятий, входящих в региональную программу.

Доказательство. Возьмем произвольную структуру комплексной оценки предприятий, например, сначала получим обобщенную оценку программ реформирования первого и второго предприятий, затем делаем свертку этой оценки с третьим предприятием и т.д. Рассмотрим первые два предприятия. Пусть число вариантов программы реформирования каждого предприятия равно  $m$  (включая вариант «не участвовать в региональной программе»). Тогда число возможных вариантов реформирования двух предприятий равно  $m^2$ . Каждому варианту  $k$  соответствует вектор  $b_k = \{b_{kj}\}$ ,  $j = \overline{1, q}$ , где  $q$  – число направлений региональной программы. Обозначим через  $m_2$  число различных векторов  $b_k$  и присвоим каждому из них обобщенную оценку  $s_k$ , такую что  $s_k > s_p$ , если  $b_k \gg b_p$  ( $b_k \gg b_p$ , если  $b_k \neq b_p$  и  $b_{kj} \geq b_{pj}$  для всех  $j$ ). Продолжая таким образом, получаем обобщенную оценку программ реформирования  $(n-1)$  предприятий с  $m_{n-1}$  различными вариантами, каждому из которых соответствует определенный вектор  $b$ , причем различные варианты имеют разные векторы  $b$ . На последнем шаге строим матрицу, строкам которой соответствуют различные варианты программ реформирования первых  $(n-1)$  предприятий, а столбцам – варианты программы реформирования  $n$ -го предприятия. На пересечении строк и столбцов ставится комплексная оценка соответствующего варианта региональной программы, по-

лучаемая по заданной комплексной оценке направлений региональной программы.

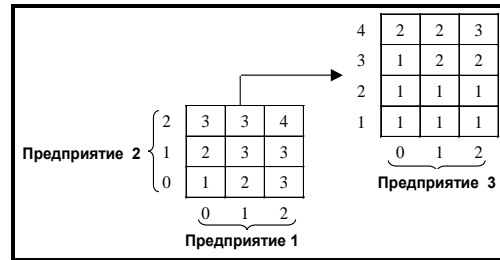


Рис. 2.17. Согласованная оценка по предприятиям

Заметим, что доказательство проводится аналогичным образом для любой структуры комплексной оценки предприятий.

Таблица 2.7  
ВКЛАДЫ ПРЕДПРИЯТИЙ И ЗАТРАТЫ АДМИНИСТРАЦИИ

Предприятие	1		2		3	
Варианты	1	2	1	2	1	2
$a_1$	3	5	2	6	3	8
$a_2$	7	8	4	5	9	7
$c$	5	9	4	7	6	8

**Пример 2.7.** Имеются три предприятия, каждое из которых разработало по два варианта программы реформирования. Таким образом, для каждого предприятия имеются три возможных варианта: вариант 0 – не участвовать в программе, вариант 1 – участвовать по первому варианту и вариант 2 – по второму. Программа развития региона оценивается по двум направлениям. Вклады предприятий в развитие каждого направления и затраты Администрации приведены в табл. 2.7.

**1 шаг.** Рассматриваем 1 и 2 предприятия. Возможные варианты реформирования (их всего 9) приведены в табл. 2.8.

Таблица 2.8  
ВОЗМОЖНЫЕ ВАРИАНТЫ РЕФОРМИРОВАНИЯ

Обобщенная оценка	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$b_1$	0(1)	2(1)	3(1)	6(1)	5(1)	5(1)	7(1)	9(2)	11(2)
$b_2$	0(1)	4(1)	7(9)	5(1)	8(2)	11(2)	12(3)	12(3)	13(3)

Примем, что оценка направлений региональной программы имеет три возможных значения, причем для первого направления:

- оценка «плохо» – если  $b_1 \leq 7$ ;
- «удовлетворительно» – если  $7 < b_1 \leq 14$ ;
- «хорошо» – если  $14 < b_1$ .

Для второго направления:

- оценка «плохо» – если  $b_2 \leq 5$ ;
- «удовлетворительно» – если  $5 < b_2 \leq 11$ ;
- «хорошо» – если  $11 < b_2$ .

Комплексная оценка направлений программы приведена в табл. 2.9.

В табл. 2.8 в скобках указана комплексная оценка вариантов программы без включения третьего предприятия. Если включить в программу третье предприятие с первым вариантом программы реформирования, то на основе табл. 2.8 получим табл. 2.10.

**Таблица 2. 9**  
**КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА НАПРАВЛЕНИЙ**  
**ПРОГРАММЫ**

	Направление 1			
Направ- ление 2	3	2	2	3
	2	1	2	3
	1	1	2	2
		1	2	3

**Таблица 2. 10**  
**ВКЛЮЧЕНИЕ В ПРОГРАММУ ТРЕТЬЕГО ПРЕДПРИ-  
ЯТИЯ С ПЕРВЫМ ВАРИАНТОМ ПРОГРАММЫ**  
**РЕФОРМИРОВАНИЯ**

N	1	2	3	4	5
b <sub>1</sub>	3(1)	5(1)	6(1)	9(2)	8(2)
b <sub>2</sub>	9(2)	13(3)	16(3)	14(3)	17(3)

Продолжение табл. 2.10

N	6	7	8	9
b <sub>1</sub>	8(2)	10(2)	12(2)	14(2)
b <sub>2</sub>	20(3)	21(3)	21(3)	22(3)

Наконец, если включить в региональную программу предприятие 3 со вторым вариантом развития, то получим табл. 2.11.

На основе полученных таблиц составляем матрицу свертки для комплексной оценки программ реформирования предприятий, приведенную в табл. 2.12.

Из табл. 2.12 видно, что столбцы со 2 по 6 идентичны. Поэтому оценки 2, 3, 4, 5 и 6 заменяем одной оценкой 2. Аналогично, оценки 7, 8 и 9 заменяем одной оценкой 3. Окончательно получаем комплексную оценку программ реформирования предприятий (рис. 2.18), согласованную с комплексной оценкой направлений региональной программы (табл. 3.4).

**Таблица 2. 11**  
**ВКЛЮЧЕНИЕ В ПРОГРАММУ ТРЕТЬЕГО ПРЕДПРИ-  
ЯТИЯ СО ВТОРЫМ ВАРИАНТОМ ПРОГРАММЫ**  
**РЕФОРМИРОВАНИЯ**

N	1	2	3	4	5
b <sub>1</sub>	8(2)	10(2)	11(2)	14(2)	13(2)
b <sub>2</sub>	7(2)	11(2)	14(3)	12(3)	15(3)

Продолжение табл. 2.11

N	6	7	8	9
b <sub>1</sub>	13(2)	15(3)	16(3)	19(3)
b <sub>2</sub>	18(3)	19(3)	19(3)	20(3)

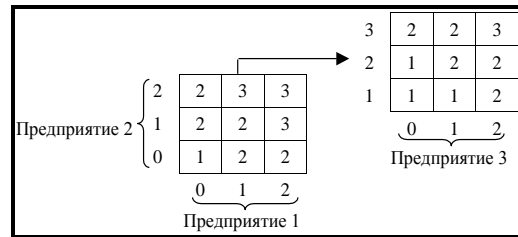
**Таблица 2. 12**  
**МАТРИЦА СВЕРТКИ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ**  
**ПРОГРАММ РЕФОРМИРОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ**

	Предприятия 1 и 2									
Пред- прия- тие 3	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3
	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
	0	1	1	1	1	1	1	2	2	2
		1	2	3	4	5	6	7	8	9

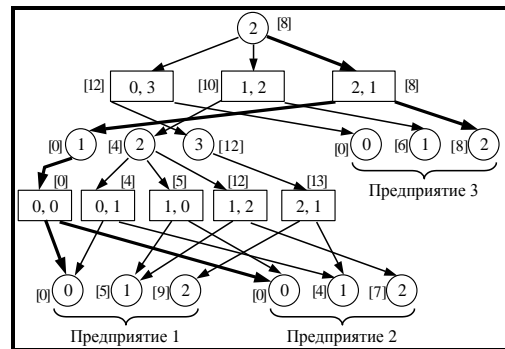
Теперь можно решить задачу обеспечения требуемого значения комплексной оценки с минимальными затратами, построив сеть напряженных вариантов. Для комплексной оценки 2 эта сеть приведена на рис. 2.19. Числа в квадратных скобках у висячих вершин равны затратам предприятий на соответствующие программы реформирования. Оптимальный вариант региональной программы выделен толстыми дугами. Он включает только одно третье предприятие.

Решим задачу для требуемого значения комплексной оценки (хорошо). Из рис. 2.18 видно, что оценка 3 может быть получена только одним способом (2, 3), что включает второй вариант программы реформирования

для третьего предприятия и обобщенную оценку 3 программ реформирования первых двух предприятий. Из рис. 2.19 видно, что минимальные затраты для обеспечения обобщенной оценки 3 равны 12, что соответствует включению в региональную программу первого предприятия с первым вариантом программы реформирования и второго – со вторым.



**Рис. 2.18.** Комплексная оценка программ реформирования предприятий



**Рис. 2.19.** Сеть напряженных вариантов

**2.4. Управление рисками**

Реализация разработанной программы подвержена различного вида рискам. Риск описывается различным вида неопределенностями (вероятностной, нечеткой, интервальной). Задача анализа риска заключается в определении характеристик соответствующей неопределенности для комплексной оценки при известных характеристиках неопределенности исходных оценок. Рассмотрим матрицу свертки двух оценок (таб. 2.13).

**Таблица 2. 13**  
**МАТРИЦА СВЕРТКИ ДВУХ ОЦЕНОК**

X <sub>2</sub>					X
1	1	2	2	3	
2	1	2	3	3	
3	2	2	3	4	
4	2	3	3	4	
	1	2	3	4	X <sub>1</sub>

**Таблица 2. 14**

**ОБОБЩЕННАЯ ОЦЕНКА**

Критерий	Нечеткие значения			
	1	2	3	4
X	0,00	0,20	0,70	0,30
X <sub>1</sub>	0,00	0,10	0,40	0,70
X <sub>2</sub>	0,20	0,90	0,30	0,10

Обозначим  $Q(k)$  – множество пар  $(i, j)$ , дающих оценку  $k$ ,  $p_i$  – вероятность оценки  $i$ . В случае вероятностной неопределенности вероятность обобщенной оценки  $k$  вычисляется как  $P(k) = \sum_{(i,j) \in Q(k)} p_i p_j$ . В случае нечеткой неопределенности значение  $\mu(k)$  функции

принадлежности для обобщенной оценки определяется по значениям функций принадлежности агрегируемых оценок и матрицам свертки следующим образом:

$$\mu(k) = \max_{(i,j) \in Q(k)} \min(\mu_i, \mu_j).$$

Случай интервальной неопределенности сводится к случаю нечеткой.

Для нечетких значений оценок  $x_1$  и  $x_2$ , приведенных в табл. 2.14, получаем нечеткие значения для обобщенной оценки, приведенные на рис. 2.20.

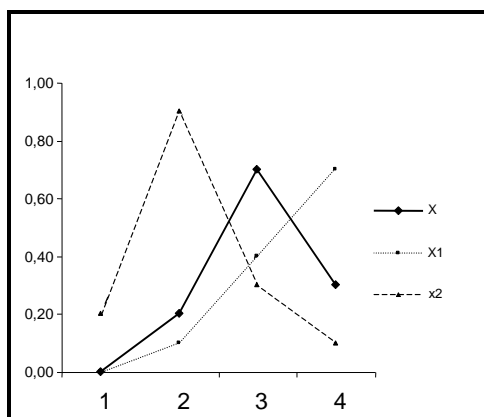


Рис. 2.20. Оценки по критериям

### 3. РАСПРЕДЕЛЕННЫЕ СИСТЕМЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В УПРАВЛЕНИИ РЕГИОНАЛЬНЫМ РАЗВИТИЕМ

#### 3.1. Базовая модель распределенной системы принятия решений

Программы регионального развития представляют собой комплекс взаимосвязанных мероприятий, нацеленных на достижение целей развития, оцениваемых по социальным, экономическим и др. критериям. Программы включают набор проектов, проекты – наборы подпроектов (работ). Типичным примером проектов являются проекты реформирования и реструктуризации (ПРР) предприятий [20], организаций, их подразделений и других объектов, направленные на повышение эффективности функционирования реформируемого объекта. Как правило, каждый ПРР служит достижению одновременно нескольких целей и требует определенных затрат. Поэтому эффективность функционирования может оцениваться по многим параметрам. Соответственно, эффект, достигаемый реализацией ПРР, оценивается по нескольким критериям. Задача управления заключается в выделении множества ПРР, которые при заданных ограничениях следует реализовывать и поддерживать в первую очередь.

В практике регионального управления субъект, решающий задачу управления, является коллективным, то есть состоит из нескольких субъектов, обладающих собственными интересами и предпочтениями, причем предпочтения различных субъектов могут различаться между собой. Примерами могут служить ПРР, поддерживаемые администрацией региона, в котором находятся реформируемые предприятия. При этом различные структурные подразделения администрации региона могут быть заинтересованы в первоочеред-

ном достижении различных целей. Наличие несовпадающих интересов отнюдь не является свидетельством неэффективности системы управления, а отражает объективно существующую сложность объекта управления.

Организационные и социально-экономические системы, в которых имеются несколько управляющих органов, находящихся на одном или нескольких уровнях иерархии, получили название систем с распределенным контролем (РК) или распределенных систем принятия решений (РСПР) [12]. Задача анализа РСПР заключается в описании множества равновесных в том или ином смысле состояний и/или стратегий ее участников, задача синтеза – в поиске процедур взаимодействия (механизмов функционирования) лиц, принимающих решения (ЛПР), позволяющих им согласованно принимать эффективные управленческие решения.

При этом возникают три сложности. Во-первых, для определения эффективности того или иного решения необходимо иметь модель поведения управляемого субъекта в зависимости от этого решения (управления). Во-вторых, все участники рассматриваемой системы обладают свойством активности (то есть способностью самостоятельно принимать решения – выбирать состояния, сообщать информацию и т.д., в соответствии с собственными интересами [16, 18]), следовательно и модель управляемого субъекта, и процедуры взаимодействия ЛПР, должны учитывать эту активность. В-третьих, система принятия решений, помимо распределенности, может характеризоваться сложной многоуровневой структурой. Поэтому исследования двухуровневых моделей (ПРР на нижнем уровне и «горизонтальная» РСПР на верхнем уровне) оказываются недостаточно – следует рассматривать и многоуровневые системы. Другими словами, имеют место как «горизонтальная» распределенность в принятии решений (характеризуемая наличием нескольких принимающих решения субъектов, находящихся на одном и том же уровне иерархии), так и «вертикальная» распределенность в принятии решений (характеризуемая наличием нескольких уровней иерархии, на которых находятся принимающие решения субъекты).

Модели целенаправленного поведения изучаются в рамках таких направлений теории управления в социально-экономических системах как: теория активных систем [7, 10, 11], теория иерархических игр [20, 23, 24, 26, 32], теория выбора [2], теория контрактов [2, 38] и др. Основным методом исследований является теоретико-игровое моделирование, позволяющее предсказать поведение участников системы и выбрать управления, приводящие систему в наиболее предпочтительные с точки зрения выбранного критерия состояния, в том числе – в рамках программно-целевого или проектного подходов [1, 3, 29, 42, 43].

Базовой моделью теории активных систем (АС) является двухуровневая статическая детерминированная АС, содержащая одного управляющего органа – центра – на верхнем уровне иерархии и одного управляемого субъекта – активного элемента (АЭ) – на нижнем уровне. Результаты теоретико-игрового анализа базовой модели приведены в [5, 15, 16, 17, 39]. Наиболее близкими к РСПР являются модели многоэлементных АС, одноэлементных АС с РК и многоуровневых АС. Тем не менее, многоэлементные мно-

гоуровневые АС с РК в литературе не рассматривались (см. системы классификаций и обзоры в [12, 38]). Поэтому в настоящей главе сначала исследуется выделенный класс моделей АС, а затем теоретические результаты используются для построения и анализа РСНР по поддержке ПРР.

Изложение начинается с описания базовой модели – многоэлементной двухуровневой АС с РК, для которой характеризуются равновесные стратегии центров и АЭ, и определяются возможности согласования интересов участников АС. Затем на основе полученных результатов изучаются многоуровневые многоэлементные АС с РК, для которых согласование интересов (в том числе – критериев оценки ПРР) производится в рамках РСНР, моделируемой взаимодействием участников верхних уровней иерархии.

Рассмотрим АС, на нижнем уровне которой находятся  $n \geq 1$  АЭ, стратегией каждого из которых является выбор действия (нижний индекс нумерует АЭ)  $y_i \in A_i \subseteq \mathfrak{R}_+^{n_i}$ ,  $n_i \geq 1$ ,  $i \in I = \{1, 2, \dots, n\}$  – множеству АЭ.

Управление АЭ осуществляется  $k$  центрами ( $K = \{1, 2, \dots, k\}$  – множество центров). Стратегией  $i$ -го центра является выбор вектора (верхний индекс нумерует центры)  $u^i = (u_1^i, u_2^i, \dots, u_n^i) \in U^i = \prod_{j \in I} U_j^i$ , где

$u_j^i \in U_j^i$  – управление  $j$ -ым АЭ со стороны  $i$ -го центра,  $i \in K$ ,  $j \in I$ . Вектор управлений всех центров обозначим  $u = (u^1, u^2, \dots, u^k) \in U = \prod_{i \in K} U^i$ .

Предпочтения каждого АЭ отражены в общем случае набором целевых функций. Для  $i$ -го АЭ  $j$ -ю компоненту его целевой функции обозначим  $f_{ij}(\cdot)$ ,  $j = \overline{1, m_i}$ , где  $m_i$  – «размерность предпочтений»; множество компонент целевой функции АЭ обозначим  $M_i = \{1, 2, \dots, m_i\}$ ,  $i \in I$ . Целевая функция  $i$ -го АЭ зависит от управления  $u_i = (u_1^i, u_2^i, \dots, u_n^i) \in U_i = \prod_{j \in K} U_j^i$  и вектора действий

АЭ  $y = (y_1, y_2, \dots, y_n) \in A$ , то есть  $f_{ij}(u_i, y) : U_i \times A \rightarrow \mathfrak{R}^1$ , где  $A = \prod_{i \in I} A_i$  – множество допустимых действий всех

АЭ. Отметим, что АЭ сильно связаны, то есть целевая функция каждого из них в общем случае явным образом зависит от действий всех АЭ.

Предпочтения центров отражены их векторными целевыми функциями  $\Phi^i(u^i, y) : U^i \times A \rightarrow \mathfrak{R}^1$ ,  $j = \overline{1, q_i}$ , где  $q_i$  – «размерность предпочтений»  $i$ -го центра,  $i \in K$ . Обозначим множество компонент целевой функции  $i$ -го центра  $Q_i = \{1, 2, \dots, q_i\}$ ,  $i \in K$ .

Относительно целевых функций и допустимых множеств введем следующее предположение, которого будем придерживаться, если не оговорено особо, в ходе всего последующего изложения материала настоящей главы.

**А.1.** Множества допустимых стратегий всех участников АС компактны, а целевые функции непрерывны по всем переменным.

Предположим, что порядок функционирования (то есть последовательность получения информации и принятия решений [39]) следующий: сначала центры одновременно и независимо (это предположение исключает из рассмотрения кооперативные эффекты взаимодействия центров, которые подробно исследованы в [27]) выбирают свои стратегии, являющиеся функциями от будущих выборов АЭ (это означает, что

рассматривается игра  $\Gamma_2$  [23, 24, 28]) и сообщают их АЭ, которые затем одновременно и независимо (это предположение исключает из рассмотрения кооперативные эффекты взаимодействия АЭ) производят выбор своих действий, тем самым окончательно определяя выигрыши участников АС.

Рассматриваемая многоэлементная АС с РК характеризуется тем, что в ней последовательно разыгрываются две игры [28]: игра центров (по определению управлений) и игра АЭ (по определению их действий), причем условия последней игры зависят от результатов первой игры. С точки зрения задачи анализа равновесные стратегии центров в первой игре определяются зависимостью равновесия игры АЭ от управлений.

В рамках отмеченной выше специфики РСНР необходимо конкретизировать – что будет пониматься под рациональным поведением участников АС. Определение рационального поведения обычно производится следующим образом [28]: в одноэлементной АС считается, что принимающий решения субъект, предпочтения которого описываются скалярной целевой функцией, стремится выбором контролируемых им параметров максимизировать значение этой целевой функции. В случае взаимодействия нескольких субъектов, предпочтения которых описываются скалярными целевыми функциями, считается, что они выбирают равновесные по Нэшу стратегии. В рассматриваемой модели имеются несколько субъектов, предпочтения которых отражены их векторными целевыми функциями. Поэтому введем следующие предположения.

**А.2.** При заданных управлениях АЭ выбирают стратегии, являющиеся равновесными по Нэшу в смысле невозможности улучшения ни одним из АЭ одновременно всех значений своей векторной целевой функции за счет одностороннего отклонения.

Формально предположение А.2 можно записать следующим образом: АЭ оказываются в одном из элементов множества  $E(u)$ , определяемого как:

$$E(u) = \{y^* \in A \mid \forall i \in I \neg \exists y_i \in A_i : \forall j \in M_i \quad (3.1)$$

$$f_{ij}(u_i, y_i, y_{-i}^*) \geq f_{ij}(u_i, y_i^*, y_{-i}^*)$$

и

$$\exists I \in M_i : f_{iI}(u_i, y_i, y_{-i}^*) > f_{iI}(u_i, y_i^*, y_{-i}^*) \},$$

где

$y_{-i} = (y_1, y_2, \dots, y_{i-1}, y_{i+1}, \dots, y_n)$  – обстановка игры для  $i$ -го АЭ;

$$y_{-i} \in A_{-i} \subseteq \prod_{j \neq i} A_j, \quad i \in I.$$

Относительно поведения центров примем следующее предположение.

**А.3.** Решением игры центров  $E \subseteq U$  является эффективное по Парето равновесие Нэша.

В [58] показано, что существуют два режима взаимодействия центров – режим сотрудничества (при котором равновесие Парето-эффективно) и режим конкуренции (при котором центры «угрожают» друг другу и равновесие неэффективно по Парето). Полная характеристика равновесий игры центров в одноэлементной АС РК приведена в [27]. Отметим, что в предположении А.3 существенно требование, чтобы равновесие игры центров было эффективно по Парето, что соот-



ветствует требованиям практики: ниже будут получены условия непустоты этого множества и исследована его зависимость от управлений вышестоящих органов в многоуровневой АС.

Таким образом, рассматриваемая модель двухуровневой АС (обобщения на случай нескольких уровней управления рассматриваются ниже) характеризуется числом АЭ  $n$ , числом центров  $k$ , размерностью множества допустимых действий АЭ  $n_i$ , размерностью предпочтений АЭ  $m_i$  и размерностью предпочтений центров  $q_i$ . В рассматриваемой модели все эти параметры могут одновременно принимать значения, большие единицы. Поэтому частными случаями рассматриваемой модели являются (указываются параметры, большие единицы): базовая модель управления в двухуровневых АС ( $l_i \geq 1$  [27, 39]), многоэлементные АС с унитарным контролем ( $l_i \geq 1, n \geq 1$  [56]) и одноэлементные АС с РК ( $l_i \geq 1, k \geq 1, n_i \geq 1$  [27]).

### 3.2. Свойства оптимальных управлений

Так как рассматривается игра типа  $\Gamma_2$ , то стратегией центра является функция от стратегии АЭ, то есть  $u_i = u_i(y)$  (для обозначения функции и ее значения, если это не приводит к путанице, будем использовать одни и те же обозначения). Фиксируем произвольную обстановку  $y_{-i} \in A_{-i}$  и определим следующие величины и множества (всюду, где используется максимум или минимум, предполагается, что они достигаются).

Множество стратегий наказания  $i$ -го АЭ по  $j$ -ой компоненте его целевой функции:

$$U_j^H(y_{-i}) = \{u_{ij}^H(y_{-i}, \cdot) \in U_i \mid f_{ij}(u_{ij}^H(y_{-i}, \cdot), y_i, y_{-i}) = \min_{u_i \in U_i} f_{ij}(u_i, y_i, y_{-i}), j \in M_i, i \in I, \quad (3.2)$$

гарантированное значение  $j$ -ой компоненты целевой функции  $i$ -го АЭ:

$$L_{ij}(y_{-i}) = \max_{y_i \in A_i} f_{ij}(u_{ij}^H(y_{-i}, y_i), y_i, y_{-i}), j \in M_i, i \in I. \quad (3.3)$$

Введем следующие предположения.

**A.4.**  $\forall y_{-i} \in A_{-i} U_j^H(y_{-i}) = U_j^H, j \in M_i, i \in I.$

**A.5.**  $\bigcap_{j \in M_i} U_j^H = U_i^H \neq \emptyset, i \in I.$

**A.6.**  $\forall y_{-i} \in A_{-i} L_{ij}(y_{-i}) = L_{ij}, j \in M_i, i \in I.$

Предположения A.4-A.6 можно условно назвать «аксиомами декомпозиции», так как они позволяют декомпозировать игру АЭ и осуществлять согласованное и независимое управление компонентами их целевых функций (см. леммы 3.1-3.2 и теорему 3.1 ниже). Содержательно эти предположения означают следующее.

В соответствии с предположением A.4 множество стратегий наказания любого АЭ по любой компоненте его функции полезности не зависит от обстановки игры. Это выполнено, в частности, если управление входит в целевую функцию АЭ аддитивно (см. задачи стимулирования ниже) или мультипликативно (в последнем случае второй множитель должен быть знакопостоянен).

Предположение A.5 означает, что для каждого АЭ существует такое множество управлений, которые обеспечивают наказание одновременно по всем компонентам его функции полезности. Это предположение выполнено, в частности, когда в каждую компоненту целевой функции входит только одна компонента

вектора управлений, или когда все компоненты целевой функции АЭ имеют одинаковые участки монотонности (убывания и возрастания) по управлениям, и т.д.

В соответствии с предположением A.6 гарантированное значение целевой функции каждого АЭ по каждой компоненте не зависит от обстановки игры. Это свойство имеет место, например, если выполнено предположение A.4 и участки монотонности  $f_{ij}(\cdot)$  не зависят от обстановки (см. предположения о свойствах функции затрат в задачах стимулирования ниже).

Введенные предположения позволяют получить ряд результатов, характеризующих свойства оптимальных управлений в рассматриваемой модели АС.

**Лемма 3.1.** Пусть выполнены предположения A.1-A.5. Фиксируем  $(u, x) \in U \times A: x \in E(u)$ . Определим

$$u = \begin{cases} u, & y = x \\ u^H, & y \neq x \end{cases}, \quad (3.4)$$

где

$$u^H = (u_1^H, u_2^H, \dots, u_n^H) \in U, u_i^H \in U_i^H, i \in I.$$

Тогда  $x \in E(u)$ .

Доказательство. Так как  $x \in E(u)$ , то в соответствии с (3.1) получаем:  $\forall i \in I \neg \exists y_i \in A_i: \forall j \in M_i f_{ij}(u_i, y_i, x_{-i}) \geq f_{ij}(u_i, x_i, x_{-i})$  и  $\exists l \in M_i: f_{il}(u_i, y_i, x_{-i}) > f_{il}(u_i, x_i, x_{-i})$ . Пусть  $\exists i \in I$  и  $\exists y_i \in A_i: \forall j \in M_i f_{ij}(u_i, y_i, x_{-i}) \geq f_{ij}(u_i, x_i, x_{-i})$  и  $\exists l \in M_i: f_{il}(u_i, y_i, x_{-i}) > f_{il}(u_i, x_i, x_{-i})$ . Если  $y_i \neq x_i$ , то последнее неравенство противоречит (3.2), если  $y_i = x_i$ , то оно должно выполняться как равенство. •

Содержательно лемма 1 означает, что если некоторый вектор действий АЭ является решением игры АЭ, то, изменение управление таким образом, чтобы оно было отлично от стратегии наказания только в случае выбора равновесных стратегий, не изменяет равновесия. Аналогичные результаты (соответствующие частным случаям леммы 1) приведены в [23, 27, 38, 39]. Отметим, что, во-первых, при переходе от управления  $u$  к управлению  $u$ , определяемому в соответствии с (4), выигрыши центров не изменяются, а, во-вторых, предположение A.6 пока не использовалось. Оно становится существенным для доказательства следующего результата.

**Лемма 3.2.** Пусть выполнены предположения A.1-A.6. Фиксируем  $(u, x) \in U \times A: x \in E(u)$ . Определим

$$u_i^* = \begin{cases} u_i^*(y_i, x_{-i}), & y_i = x_i \\ u_i^H, & y_i \neq x_i \end{cases}, \quad (3.5)$$

где  $u$  определяется (3.4). Тогда  $x \in E(u^*)$ . Более того,  $x \in A$  – равновесие в доминантных стратегиях (РДС) игры АЭ.

Доказательство. Первое утверждение леммы очевидно, поэтому докажем, что  $x$  – РДС, то есть, что имеет место

$$\forall i \in I \forall y_{-i} \in A_{-i} \neg \exists y_i \in A_i: \forall j \in M_i \quad (3.6)$$

$$f_{ij}(u_i^*, y_i, y_{-i}) \geq f_{ij}(u_i^*, x_i, y_{-i})$$

и

$$\exists l \in M_i: f_{il}(u_i^*, y_i, y_{-i}) > f_{il}(u_i^*, x_i, y_{-i}).$$

Предположим, что

$$\exists i \in I, \exists y_{-i} \in A_{-i}$$

и

$$\exists y_i \neq x_i: \forall j \in M_i f_{ij}(u_i^*, y_i, y_{-i}) \geq f_{ij}(u_i^*, x_i, y_{-i})$$

и

$$\exists l \in M_i: f_{il}(u_i^*, y_i, y_{-i}) > f_{il}(u_i^*, x_i, y_{-i}).$$

Подставляя (3.5), получаем в силу предположений А.4 и А.5, что

$$\forall j \in M_i L_{ij}(y_{-i}) \geq f_{ij}(u_i^*, x_i, y_{-i})$$

и

$$\exists l \in M_i: L_{il}(y_{-i}) > f_{il}(u_i^*, x_i, y_{-i}).$$

В силу А.6 последняя система неравенств противоречит определению (3.2) стратегии наказания. •

Основной результат леммы 3.2 заключается в том, что, используя управление (3.5), центры декомпозировать игру АЭ, то есть делают выгодным (в смысле Парето-эффективности соответствующих выигрышей по компонентам функции полезности) для каждого из них выбор действия  $x_i$ , независимо от обстановки игры, то есть независимо от выбора других АЭ. Аналогичные результаты (соответствующие частным случаям леммы 2) приведены в. Отметим, что при переходе от управления  $u$  к управлению  $u^*$ , определяемому в соответствии с (3.5), выигрыши центров не изменяются.

Совместное использование лемм 1 и 2 позволяет сформулировать следующее утверждение.

**Теорема 3.1.** Пусть выполнены предположения А.1-А.6. Тогда в классе управлений вида (3.5) найдется оптимальное.

Доказательство теоремы 3.1. Оптимальным называется допустимое управление, максимизирующее критерий эффективности и являющееся равновесием игры центров (см. предположение А.3), при условии, что АЭ выбирают при этом управлении равновесные стратегии (см. предположение А.2). Пусть  $u \in U$  – оптимальное управление. Оно обеспечивает центрам в равновесии некоторые полезности и побуждает АЭ выбрать равновесные действия. Последовательно пользуясь результатами лемм 1 и 2, построим в соответствии с выражениями (3.4) и (3.5) по управлению  $u$  управление  $u^*$ . Решение игры АЭ не изменится, выигрыши центров (а, следовательно, и решение их игры) тоже не изменятся. Следовательно,  $u^*$  – оптимальное управление. •

Отметим, что теорема 3.1 обобщает теорему 13 работы на случай многоэлементных АС, а теорему 4.4.1 работы – на случай векторных предпочтений АЭ.

Определим, что будет пониматься под равновесием игры центров. Пусть известна зависимость  $y(u): U \rightarrow A$ , где  $y(u) \in E(u)$ . Эта зависимость может определяться введением соответствия отбора равновесий  $\psi(E(u)): 2^A \rightarrow A$  [27, 28, 39], которая каждому множеству равновесий ставит в соответствие единственный вектор действий, являющийся равновесным при данном управлении. Другими словами, будем считать, что известно какие действия выбирают АЭ в зависимости от управлений (эти действия называются реализуемыми данными управлениями).

Определим в соответствии с предположением А.3 равновесие  $E \subseteq U$  игры центров:

$$E = \{u^* \in U \mid \forall i \in K \neg \exists u^i \in U^i: \forall j \in Q_i\} \quad (3.7)$$

$$\Phi^j(u^i, u^{-i}, y(u^i, u^{-i})) \geq \Phi^j(u^*, y(u^*))$$

и

$$\exists l \in Q_i: \Phi^l(u^i, u^{-i}, y(u^i, u^{-i})) > \Phi^l(u^*, y(u^*)).$$

Выражение (3.7) описывает равновесие игры центров, то есть позволяет анализировать свойства этого равновесия – его существование и т.д. Задача синтеза – конструктивного определения условий непустоты этого множества и др. – решается ниже.

Эффективность РСРР  $K^0$  может быть введена следующим образом. Пусть задан функционал  $\Phi^0(y): A \rightarrow \mathcal{R}^1$ , отражающий эффективность состояния управляемой системы с точки зрения метacentра (управляющего органа, находящегося на более высоком уровне иерархии, нежели чем центры, осуществляющие непосредственное управление АЭ). Содержательно,  $\Phi^0(\cdot)$  отражает предпочтение метacentра относительно действий АЭ. Следовательно, эффективность РСРР определяется значением этого функционала на множестве реализуемых равновесными управлениями действий АЭ.

Так как множества  $E(u)$  и  $E$  могут содержать более одного элемента, то необходимо доопределить состояние АС. Введем следующее предположение, отражающее благожелательное отношение АЭ и центров к метacentру (при прочих равных они выберут стратегии, наиболее благоприятные с точки зрения метacentра, то есть стратегии, максимизирующие функционал  $\Phi^0(\cdot)$ ).

**А.7.** Эффективность РСРР равна

$$K^0 = \max_{u \in E} \max_{y \in E(u)} \Phi^0(y). \quad (3.8)$$

Отметим, что (3.8) определяет не эффективность управления активными элементами со стороны центров, а эффективность именно РСРР, то есть совокупности центров как системы принятия решений. Если бы мы захотели определить эффективность управления, то следовало бы вычислять максимум некоторой комбинации целевых функций центров на множестве решений игры АЭ и максимизировать эту комбинацию по множеству допустимых или равновесных управлений. Сказанное вовсе не означает, то функционал  $\Phi^0(\cdot)$  «не имеет отношения» к рассматриваемой АС: в случае единственного центра он может совпадать с его целевой функцией, тогда (3.8) перейдет в критерий эффективности управления [59]. Кроме того, этот функционал может определяться таким образом, чтобы максимизировать комбинацию функций полезности АЭ (отметим, что (3.1) вовсе не гарантирует достижения АЭ Парето-эффективного (в смысле компонент целевых функций всех АЭ, или совокупности компонент, рассматриваемых отдельно для каждого АЭ) состояния).

Рассмотрим частный случай описываемой модели, а именно – задачу стимулирования, которая определяется как игра  $\Gamma_2$  [23], в которой имеются побочные платежи [24] и целевая функция первого игрока не зависит явным образом от управления [31].

**Задача стимулирования.** Задаче стимулирования соответствуют следующие содержательные интерпретации. Каждый АЭ несет определенные затраты, выполняя те или иные действия. Эти затраты в общем случае зависят от действий всех АЭ.

Управлением со стороны центров, обозначаемом в частном случае задачи управления – задачей стимули-

рования – символом  $\alpha(\cdot)$ , является поощрение или наказание АЭ за выбор тех или иных действий, то есть центр (или центры в АС РК) выплачивает АЭ компенсации, зависящие от выбранных ими действий. Зависимость вознаграждения от действий называется функцией стимулирования (механизмом стимулирования, системой стимулирования), которая входит аддитивно в целевые функции участников АС – АЭ получает в точности ту сумму, которую выплачивает ему центр и ценит ее также, как и центр (различие функций полезности становится существенным в АС с неопределенностью [38]).

Таким образом, характерным свойством модели стимулирования является то, что вознаграждение аддитивно входит в целевые функции участников АС (с различными знаками – у центров с минусом, а у АЭ – с плюсом), что позволяет говорить о единообразии определения структуры целевых функций: если существует трансферабельный товар («деньги») [28], то и остальные слагаемые, входящие в целевые функции, должны измеряться в тех же шкалах и, следовательно, быть сравнимыми (см. также ниже определение суммарных затрат центра на стимулирование).

Задача центра заключается в том, чтобы выбором системы стимулирования побудить АЭ выбрать наиболее благоприятные для него действия. Многочисленные примеры постановок и решения задач стимулирования приведены в [24, 27, 37, 38]. Опишем формальную модель стимулирования в рассматриваемой в настоящей работе многоэлементной АС с РК.

Предположим, что предпочтения центров – скалярные, и что каждый центр осуществляет стимулирование каждого АЭ по каждой компоненте целевой функции последнего. Обозначим  $\{\sigma'_{ij}(\mathbf{y})\}_{j \in M_i}$  – совокупность вознаграждений  $i$ -го АЭ со стороны  $I$ -го центра,  $\nu^I(\mathbf{y}) = \sum_{i \in I} \sum_{j \in M_i} \sigma'_{ij}(\mathbf{y})$  – суммарное вознаграждение, выплачиваемое  $I$ -ым центром всем АЭ,  $\sigma'_i(\mathbf{y}) = \sum_{j \in M_i} \sigma'_{ij}(\mathbf{y})$  – суммарное вознаграждение, получаемое  $i$ -ым АЭ от  $I$ -го центра,  $\sigma(\mathbf{y}) = \sum_{i \in K} \sigma'_i(\mathbf{y})$  – суммарное вознаграждение, получаемое  $i$ -ым АЭ от всех центров,  $\sigma_{ij}(\mathbf{y}) = \sum_{i \in K} \sigma'_{ij}(\mathbf{y})$  – суммарное по всем центрам вознаграждение  $i$ -го АЭ по  $j$ -ой компоненте его целевой функции,  $j \in M_i, i \in I, I \in K$ . Обозначим  $c_{ij}(\mathbf{y})$  –  $j$ -ю компоненту затрат  $i$ -го АЭ,  $\mathbf{c}_i(\mathbf{y}) = \sum_{j \in M_i} c_{ij}(\mathbf{y})$  – суммарные затраты  $i$ -го АЭ,  $i \in I, \mathbf{H}^I(\mathbf{y})$  – доход  $I$ -го центра,  $I \in K$ .

В задаче стимулирования целевые функции участников системы имеют вид:

$$\Phi^i(\mathbf{y}, \sigma^i) = \mathbf{H}^i(\mathbf{y}) - \nu^i(\mathbf{y}), i \in K, \quad (3.9)$$

$$f_{ij}(\mathbf{y}, \sigma_j) = \sigma_{ij}(\mathbf{y}) - c_{ij}(\mathbf{y}), i \in I. \quad (3.10)$$

Приведем содержательные интерпретации. Каждый АЭ выбирает определенные действия, которые в терминах ПРР могут интерпретироваться как усилия, направленные на реализацию определенного проекта и приводящие к соответствующим результатам деятельности. Сам АЭ оценивает свою деятельность и деятельность других АЭ по  $m_i$  критериям, причем достижение результата  $\mathbf{y} \in \mathbf{A}$  с точки зрения  $j$ -го критерия требует от  $i$ -го АЭ затрат  $c_{ij}(\mathbf{y})$ . Центр с номером

$I \in K$  от достижения результата  $\mathbf{y} \in \mathbf{A}$  получает доход  $\mathbf{H}^I(\mathbf{y})$  и выплачивает вознаграждения  $\{\sigma'_{ij}(\mathbf{y})\}_{j \in M_i, i \in I}$ .

Примеры применения такого описания к управлению ПРР приведены ниже.

Задача центров заключается в том, чтобы выбрать такие системы стимулирования, которые побуждали бы АЭ предпринимать наиболее предпочтительные с точки зрения центров действия. Системообразующим фактором в данной модели является то, что вектор результатов деятельности (действий) АЭ является общим для всех центров, что вовлекает их в игру, и вынуждает согласовывать свои интересы и приходиться к компромиссам (процесс согласования интересов и свойства компромиссных решений исследуются ниже при описании игры центров).

Введем следующие предположения относительно целевых функций и допустимых множеств участников АС в рассматриваемой модели стимулирования.

**А.8.** Допустимые множества  $\mathbf{A}_i \subseteq \mathfrak{R}_+^{m_i}$  ограничены и включают ноль,  $i \in I$ .

**А.9.** 1) функция  $c_{ij}(\cdot)$  непрерывна по всем переменным; 2)  $\forall \mathbf{y}_i \in \mathbf{A}_i$   $c_{ij}(\mathbf{y}_i)$  не убывает по  $\mathbf{y}_i$ ; 3)  $\forall \mathbf{y} \in \mathbf{A}$   $\mathbf{c}_i(\mathbf{y}) \geq \mathbf{0}$ ; 4)  $\forall \mathbf{y}_i \in \mathbf{A}_i$   $c_{ij}(\mathbf{0}, \mathbf{y}_i) = \mathbf{0}, j \in M_i, i \in I$ .

**А.10.** Функции стимулирования кусочно-непрерывны и принимают неотрицательные значения.

**А.11.** Функции дохода центров непрерывны по всем переменным и достигают максимума при ненулевых действиях АЭ.

**Лемма 3.** Если выполнены предположения А.8-А.11, то выполнены предположения А.1, А.4-А.6.

Доказательство леммы 3. Справедливость предположения А.1 следует из А.8, А.9 и А.11. Из (3.2) и (3.3) следует, что с учетом А.9 и А.10 стратегию наказания  $\mathbf{u}''_{ij}(\mathbf{y})$  можно выбрать тождественно равной нулю, независимо от обстановки, откуда следует справедливость А.4 и А.5. Из А.8-А.10 и (3.3) следует, что независимо от обстановки

$$L_{ij} = \mathbf{0}, j \in M_i, i \in I, \quad (3.11)$$

значит справедливо предположение А.6. •

Таким образом, введенная модель стимулирования является частным случаем описанной выше общей модели управления в многоэлементных АС РК. Следовательно для задачи стимулирования справедливы леммы 1 и 2, а также – теорема 1, которая содержательно означает, что каждый АЭ получает вознаграждения только в случае выбора требуемых действий, независимо от выборов других АЭ. Более того, для задачи стимулирования справедлив следующий результат.

Обозначим  $\sigma = \{\sigma'_{ij}(\mathbf{y})\}_{j \in M_i, i \in I, I \in K}$ . Минимальными суммарными затратами центров  $\nu_{min}(\mathbf{x})$  на стимулирование по реализации вектора действий  $\mathbf{x} \in \mathbf{A}$  назовем решение следующей задачи:

$$\sum_{i \in K} \mathcal{Q}^i(\mathbf{x}) \rightarrow \min_{\{\sigma'_{ij}\}: \mathbf{x} \in E(\sigma)}. \quad (3.12)$$

**Теорема 3.2.** Пусть выполнены предположения А.2, А.3, А.8-А.11. Фиксируем произвольный вектор действий АЭ  $\mathbf{x} \in \mathbf{A}$ . Система стимулирования  $\sigma$ , обладающая следующим свойством:

$$\sigma_{ij}(\mathbf{y}) = \begin{cases} c_{ij}(\mathbf{y}) + \delta_{ij}, & \mathbf{y}_i = \mathbf{x}_i \\ \mathbf{0}, & \mathbf{y}_i \neq \mathbf{x}_i \end{cases}, \quad (3.13)$$

где  $\delta_{ij} > 0$  – произвольные сколь угодно малые строго положительные константы,  $j \in M_i, i \in I$ , реализует вектор действий  $x \in A$  как единственное РДС с  $\delta$ -минимальными суммарными затратами центров на стимулирование, равными:

$$U_{\min}(x) = \sum_{i \in I} \sum_{j \in M_i} (c_{ij}(x) + \delta_{ij}), \quad (3.14)$$

где  $\delta = \sum_{i \in I} \sum_{j \in M_i} \delta_{ij}$ .

Доказательство. То, что  $x \in A$  – РДС игры АЭ следует из лемм 1-3. То, что величина (3.14) не может быть уменьшена обосновывается следующим образом. При использовании системы стимулирования, обладающей свойством (3.13), в равновесии значение  $j$ -го критерия  $i$ -го АЭ равно  $\delta_{ij}$ . Величина  $\delta$  может быть сделана сколь угодно малой. В то же время, в силу предположений А.8-А.10, любой АЭ всегда (то есть, независимо от управлений) имеет возможность получить строго нулевую полезность, выбрав нулевые действия.

Наличие строго положительных констант  $\{\delta_{ij}\}$  обусловлено необходимостью обеспечения единственности РДС. В рамках гипотезы благожелательности они могут быть выбраны равными нулю; при этом вектор действий  $x \in A$  как будет реализован как РДС с минимальными (а не  $\delta$ -минимальными) суммарными затратами центров на стимулирование (см. задачу (12)). •

**Следствие из теоремы 3.2.** Системы стимулирования, удовлетворяющие (3.13)  $\delta$ -оптимальны с точки зрения суммарных затрат центров на стимулирование.

В частном случае, когда имеется один центр, характеризуемый скалярными предпочтениями, теорема 3.2 переходит в результат работы [53], который гласит, что оптимальным реализуемым действием будет действие, доставляющее максимум разности между функцией дохода центра и функцией затрат АЭ.

Содержательно теорема 3.2 гласит, что «оптимальным» является стимулирование, которое в точности и независимо от обстановки компенсирует каждому АЭ затраты в случае выбора им требуемого действия и равно нулю в случае выбора любого другого действия. Данное утверждение качественно можно рассматривать как синтез принципов: компенсации, декомпозиции и кооперации [69] для многоэлементных АС РК.

Результат теоремы 1 позволяет ограничиться классом управлений вида (3.3.4)-(3.3.5), определяемых равновесными (в игре центров) управлениями, теорема 2 детализирует свойства оптимальных управлений в задаче стимулирования, но, помимо свойства (3.13), ничего не говорит о том какие управления центров являются равновесными. Поэтому исследуем более подробно игру центров.

**Игра центров.** Рассмотрим сначала многоэлементную двухуровневую АС с РК, в которой центры имеют скалярные предпочтения, а АЭ – векторные. В задаче стимулирования в рамках гипотезы благожелательности в соответствии с результатами теорем 3.1 и 3.2 можно ограничиться равновесными (в том числе Парето-эффективными – в соответствии с А.3) стратегиями центров, отличными от нуля только при условии, что АЭ выбирает требуемое действие.

Фиксируем  $x \in A$ . Рассмотрим стратегии центров вида:

$$\sigma'_{ij}(y) = \begin{cases} \lambda'_{ij}, & y_i = x_i, j \in M_i, i \in I, I \in K, \\ 0, & y_i \neq x_i \end{cases} \quad (3.15)$$

где  $\lambda'_{ij} \geq 0$  – некоторые константы,  $j \in M_i, i \in I, I \in K$ .

Из (3.14) следует, что должно иметь место  $\sum_{i \in K} \lambda'_{ij} = c_{ij}(x), j \in M_i, i \in I$ . (3.16)

До окончания настоящего раздела будем считать, что выполнены предположения А.1-А.11.

**Лемма 3.4.** Система стимулирования (3.15)-(3.16) реализует действие  $x \in A$  как РДС игры АЭ и характеризуется минимальными затратами на стимулирование.

Доказательство. Система стимулирования (3.15) с учетом условий (3.16) удовлетворяет условиям (3.13) и (3.14). Следовательно, по теореме 3.2 в рамках гипотезы благожелательности  $x \in A$  – РДС. По следствию из теоремы 3.2 затраты на стимулирование при этом минимальны, а система стимулирования – оптимальна. •

**Следствие из леммы 3.4.** При решении задачи стимулирования без потери эффективности можно ограничиться классом систем стимулирования (3.15)-(3.16).

Обозначим

$$W^I = \max_{y \in A^I} \{H^I(y) - \sum_{i \in I} \sum_{j \in M_i} c_{ij}(y)\}, \quad (3.17)$$

$$\lambda^I = \sum_{i \in I} \sum_{j \in M_i} \lambda'_{ij}, I \in K. \quad (3.18)$$

Величина  $W^I$  характеризует тот выигрыш, который может получить  $I$ -й центр осуществляя управление (и выплачивая вознаграждения) коллективом АЭ в одиночку (без других центров). Следовательно условие индивидуальной рациональности можно для него записать как условие совместной с другими центрами реализации таких действий АЭ, что его выигрыш окажется не менее (3.17). Другим словами,  $I$ -му центру выгодно реализовывать такие действия  $x \in A$ , доход от которых с учетом выплат (3.18) оказывается не меньше (3.17):

$$H^I(x) - \lambda^I \geq W^I, I \in K. \quad (3.19)$$

Собирая воедино (3.16)-(3.19), определим следующее множество:

$$\Lambda(x) = \{\lambda'_{ij} \geq 0, j \in M_i, i \in I, I \in K; \quad (3.20)$$

$$H^I(x) - \sum_{i \in I} \sum_{j \in M_i} \lambda'_{ij} \geq \max_{y \in A^I} [H^I(y) - \sum_{i \in I} \sum_{j \in M_i} c_{ij}(y)], I \in K;$$

$$\sum_{i \in K} \lambda'_{ij} = c_{ij}(x), j \in M_i, i \in I\}.$$

Множество  $\Lambda(x)$ , которое, следуя аналогии с [33], назовем *областью компромисса*, характеризует множество таких комбинаций выплат со стороны центров активным элементам, которые являются равновесием игры центров.

Из теорем 3.1, 3.2 и леммы 3.4 следует справедливость следующего результата.

**Теорема 3.3.** Равновесиями игры центров являются управления (3.15), которые удовлетворяют (3.20) и реализуют действия  $x \in A$  как РДС игры АЭ.

Из теоремы 3.3 следует, что реализуемыми являются такие действия АЭ, для которых соответствующие множества (3.20) непусты.

Обозначим

$$W = \max_{y \in A^*} \{ \sum_{i \in K} H^i(y) - \sum_{i \in I} \sum_{j \in M_i} c_{ij}(y) \}, \quad (3.21)$$

$$x^* = \arg \max_{y \in A^*} \{ \sum_{i \in K} H^i(y) - \sum_{i \in I} \sum_{j \in M_i} c_{ij}(y) \}. \quad (3.22)$$

**Следствие из теоремы 3.3.** Если  $\exists x \in A: \Lambda(x) \neq \emptyset$ , то  $\sum_{i \in K} W^i \leq W$ .

Результат следствия обосновывается суммированием выражений (3.19) по всем центрам и сравнением получающейся суммы с (3.21) с учетом определения множества (3.20).

Разность  $W - \sum_{i \in K} W^i$  может интерпретироваться как «интегральная»

мера согласованности интересов центров.

Приведенная ниже лемма позволяет агрегировать описание АЭ и представить их в виде одного АЭ с функцией затрат  $c(\cdot): A \rightarrow \mathbb{R}^I$ , определяемой следующим образом:

$$c(y) = \sum_{i \in I} \sum_{j \in M_i} c_{ij}(y). \quad (3.23)$$

Обозначим  $\Lambda^* = \Lambda(x^*)$ ,  $\Lambda = \bigcup_{x \in A^*} \Lambda(x)$ ,

$$\Lambda(x) = \{ \lambda^i \geq 0, i \in K \mid H^i(x) - \lambda^i \geq W^i, i \in K, \sum_{i \in K} \lambda^i = c(x) \}. \quad (3.24)$$

**Лемма 3.5.** Для любого  $x \in A$  множество  $\Lambda(x)$  непусто тогда и только тогда, когда непусто множество  $\Lambda(x)$ .

Доказательство. Фиксируем произвольный  $x \in A$ . Если  $\Lambda(x) \neq \emptyset$ , то из (3.20) с учетом (3.18) и (3.23) получаем, что  $\Lambda(x) \neq \emptyset$ . Пусть теперь  $\Lambda(x) \neq \emptyset$ . Из (3.24) следует, что  $\exists \{ \lambda^i \geq 0 \}: H^i(x) - \lambda^i \geq W^i, i \in K, \sum_{i \in K} \lambda^i = c(x)$ .

Условия  $H^i(x) - \lambda^i \geq W^i, i \in K$ , в (3.20) и (3.24) совпадают. Система неравенств (3.18),  $\sum_{i \in K} \lambda_{ij}^i = c_{ij}(x)$ ,

$j \in M_i, i \in I$ , в силу (3.23) всегда разрешима (быть может, решение и неединственно) относительно  $\{ \lambda_{ij}^i \}$ .

Утверждение леммы 3.5 позволяет (в том числе за счет теоремы 3.3) свести рассматриваемую многоэлементную АС с векторными предпочтениями АЭ к одноэлементной АС РК со скалярными предпочтениями АЭ, что дает возможность переносить на рассматриваемый класс моделей результаты, полученные в [35].

**Лемма 3.6.** Если  $\sum_{i \in K} W^i \leq W$ , то  $\Lambda \neq \emptyset$ .

Доказательство. Следствие из теоремы 3.3 гласит, что условие

$\sum_{i \in K} W^i \leq W$  выполнено, если множество  $\Lambda$  не пусто. В

настоящей лемме требуется доказать обратное утверждение, то есть, что, если  $\sum_{i \in K} W^i \leq W$ , то  $\Lambda \neq \emptyset$ .

Предположим противное, то есть пусть  $\sum_{i \in K} W^i \leq W$  и  $\Lambda = \emptyset$ . Тогда по лемме 3.5  $\Lambda = \bigcup_{x \in A^*} \Lambda(x)$ . Следова-

тельно,  $\Lambda^* = \emptyset$ .

Последнее условие можно записать следующим образом:  $\forall \{ \lambda^i \geq 0 \}: H^i(x^*) - \lambda^i \geq W^i, i \in K$  выполнено  $\sum_{i \in K} \lambda^i < c(x^*)$  (знак последнего неравенства обусловлен тем, что в (3.16) для реализуемости соответствующего

действия достаточно потребовать, чтобы  $\sum_{i \in K} \lambda_{ij}^i \geq c_{ij}(x)$ ,  $j \in M_i, i \in I$ .

Выберем конкретные  $\{ \lambda^i \}$  удовлетворяющие  $H^i(x^*) - \lambda^i \geq W^i, i \in K$ , а именно – положим  $\lambda^i = H^i(x^*) - W^i, i \in K$ .

Просуммируем  $k$  последних равенств:  $\sum_{i \in K} \lambda^i = \sum_{i \in K} H^i(x^*) - \sum_{i \in K} W^i$ . По условию леммы получаем, что  $\sum_{i \in K} \lambda^i \geq \sum_{i \in K} H^i(x^*) - W$ . Так как по определению

$W = \sum_{i \in K} H^i(x^*) - c(x^*)$ , то  $\sum_{i \in K} \lambda^i \geq c(x^*)$ , что противоречит предположению  $\sum_{i \in K} \lambda^i < c(x^*)$ .

Величина (3.21) играет существенное значение для определения непустоты множества  $\Lambda(\cdot)$  – в частности, следующее следствие лемм 3.5-3.7 включает в себя лемму 21 работы [58] как частный случай.

**Следствие лемм 3.5, 3.6.** Если  $\Lambda^* = \emptyset$ , то  $\Lambda = \emptyset$ . Если  $\sum_{i \in K} W^i \leq W$ , то  $\Lambda^* \neq \emptyset$ .

Содержательно, из лемм 3.4-3.6 следует, что точка  $x^* \in A$  является характерной в том смысле, что, если множество  $\Lambda$  не пусто, то  $\Lambda^* \subseteq \Lambda$ , и наоборот – если  $\Lambda^* = \emptyset$ , то  $\Lambda = \emptyset$ . Этот факт будет широко использоваться ниже при решении задач согласования интересов центров и др.

В заключение настоящего раздела кратко рассмотрим общий случай, в котором предпочтения центров – векторные. Во втором разделе настоящей главы отмечалось, что в общем случае предпочтения центров отражены их векторными целевыми функциями  $\Phi^i(u^i, y): U^i \times A \rightarrow R^i, j = \overline{1, q_i}$ , где  $q_i$  – «размерность предпочтений»  $i$ -го центра,  $i \in K$ . В то же время, при рассмотрении задачи стимулирования предполагалось, что целевые функции центров скалярны (см. выражение (3.9)):  $\Phi^i(y, \sigma^i) = H^i(y) - v^i(y), i \in K$ . Все результаты, полученные в настоящем разделе, останутся в силе, если предпочтения центров – векторные и имеют вид:  $\Phi^i(y, \sigma^i) = H^i(y) - \alpha^i v^i(y)$ , где  $\alpha^i \geq 0, \sum_{j \in Q_i} \alpha^j = 1, j = \overline{1, q_i}, i \in K$ , и выполнено предположение

А.3, в рамках которого равновесие игры центров определяется по аналогии с равновесием игры АЭ (см. выражение (3.1)). Однако, такое обобщение является искусственным – как будет видно из последующего изложения, для нужд практических задач использование скалярных предпочтений центров, определенных на векторах результатах деятельности АЭ оказывается достаточным. Следует признать, что ограничиваясь скалярными предпочтениями центров мы уходим от задачи агрегированного представления многокритериальных предпочтений, считая агрегаты  $H^i(\cdot), i \in K$ , уже заданными (если имеется только совокупность критериев, а агрегат не определен, то для его введения могут использоваться методы, описанные в [6]).

Описав игру центров, перейдем к изучению согласования их интересов и исследованию задач управления в многоуровневых многоэлементных АС РК.

### 3.3. Роль высших органов управления

До сих пор мы рассматривали двухуровневую АС, содержащую  $n$  АЭ на нижнем уровне иерархии и  $k$  центров на верхнем уровне иерархии, причем предпо-

чения АЭ на многомерном множестве действий (результатов их деятельности) были векторными.

В терминах ПРР рассматриваемая модель охватывает, например, следующие ситуации. В регионе имеются  $n$  предприятий (или на предприятии имеются  $n$  подразделений), планирующих реализовать ПРР (для простоты можно считать, что каждое предприятие или подразделение реализует один и только один ПРР). Деятельность каждого предприятия по реализации ПРР описывается вектором  $y_i$  размерности  $m_i \geq 1$  результатов его действий (результатов деятельности – результатов реализации соответствующего ПРР). Для достижения результата  $y_i$  требуются затраты

$$c(y_i, y_i) = \sum_{j \in M_i} c_{ij}(y_i, y_{-i}),$$

которые в общем случае зависят от результатов реализации других ПРР. Другими словами, несепарабельность затрат по АЭ отражает возможную взаимосвязь и взаимозависимость ПРР.

Распределенная система принятия решений (например – администрация региона или руководство предприятия) включает  $k$  индивидуальных или коллективных субъектов (центров), каждый из которых оценивает эффект  $H(y)$  от реализации набора ПРР,  $I \in K$ . Различие между значениями эффектов у различных центров может объясняться различиями их оценок приоритетов критериев, описывающих результаты реализации ПРР. Так, например, одно из подразделений администрации региона может считать наиболее важным социальные аспекты результатов ПРР, другое подразделение – экономические аспекты, третье – экологические и т.д.

Частным случаем такой модели является ситуация, в которой каждый из ПРР описывается одними и теми же показателями, то есть,  $n_i = n$ , где  $n$  – число показателей, отражающими результаты ПРР,  $i \in I$ , и оценивается самими АЭ по одним и тем же критериям, то есть  $M_i = M$ ,  $i \in I$ , а центрами – быть может по другим, но одним и тем же для всех центров,  $n$  критериям. В еще более частном случае  $|M| = n$ . При этом в задаче стимулирования считается, что эффект и затраты измеряются в одних и тех же единицах и входят в целевые функции участников АС аддитивно, что приводит к тому, что «максимизации» эффективности в векторном смысле соответствует максимизация суммарного эффекта за вычетом суммарных затрат.

В качестве примера рассмотрим модельную ситуацию, в которой каждый проект описывается двумя показателями ( $n = 2$ ): приростом объема производимой продукции  $y_{i1}$  и приростом качества  $y_{i2}$ , каждый из которых измеряется некоторым неотрицательным действительным числом,  $i \in I$ . Каждый АЭ оценивает затраты, соответствующие вектору  $y_i = (y_{i1}, y_{i2})$ , по двум критериям ( $m_i = 2$ ,  $i \in I$ ): изменение постоянных издержек и изменение переменных издержек, оценки по которым определяются затратами  $c_{ij}(y_{i1}, y_{i2}, y_{-i})$ ,  $j = 1, 2$ . Таким образом, для получения результата  $y_i$  необходимы затраты  $c(y) = c_{i1}(y_{i1}, y_{i2}, y_{-i}) + c_{i2}(y_{i1}, y_{i2}, y_{-i})$ . Три центра ( $k = 3$ ) оценивают эффект вектора  $y$  каждый по своему критерию  $H(\cdot)$ : «социальному», «экономическому» и «экологическому», причем единицы измерения выбраны так, чтобы имела смысл суммарная эффективность, определяемая как разность суммарного (по всем критериям центров) эффекта и суммарных (по всем АЭ) затрат.

Завершив содержательные интерпретации описания модели, обсудим теоретические результаты четвертого и пятого разделов настоящей главы.

Теорема 3.3 и лемма 3.5 дают решение задачи управления в смысле характеристики множества «простых» – декомпозирующих – управлений, в котором содержится оптимальное решение, и позволяют рассматривать в рамках задачи стимулирования (см. целевые функции (3.9), (3.10)) агрегированное описание агентов.

Результаты пятого раздела дают ответ на вопрос – в каких случаях возможна система компенсаций центрами затрат АЭ на реализацию ПРР, такая, что каждому АЭ выгодно реализовывать соответствующий ПРР, и каждому центру выгодна реализация (то есть поддержка во взаимодействии с другими центрами) именно данного набора ПРР по сравнению с самостоятельным финансированием любой группы проектов.

Результаты лемм 3.4-3.6 и следствия из них характеризуют множество действий АЭ, которые могут быть реализованы, а также множество соответствующих равновесных стратегий центров. Другими словами, для каждой АС эти формальные результаты позволяют найти множества  $A$  и

$$S = \{x \in A \mid \Lambda(x) \neq \emptyset\}. \quad (3.25)$$

Множество  $S$  может интерпретироваться как множество согласованных [16] (в смысле согласованности интересов и предпочтений центров в соответствии с предположением А.3) результатов реализации ПРР, то есть множество таких векторов действий АЭ, которые центрам выгодно реализовывать совместно как Парето-эффективное и индивидуально рациональное равновесие своей игры. Непустота множества  $A$  для некоторого  $x \in S$  свидетельствует, что центрам выгодно «скинуться» на реализацию этого действия. В соответствии с леммами 3.5-3.6 либо  $x^* \in S$ , либо  $S = \emptyset$ .

Таким образом, результаты пятого раздела дают решение задачи анализа (отвечают на вопрос – какие управления могут быть выбраны и какие результаты АЭ могут быть достигнуты), то есть задачи определения условий существования равновесий, и позволяют для каждой конкретной АС конструктивно построить множество равновесий и исследовать его свойства (непустоту и др.). Тем не менее, эти результаты не дают решения задачи синтеза, то есть не позволяют получить ответа на вопрос – какие управления должны быть выбраны. Нормативный аспект порождает два более частных вопроса:

Что делать, если множество  $A^*$  пусто (а если оно пусто, то пусто и множество  $A$  – см. следствие лемм 3.5 и 3.6)?

Если множество  $A^*$  непусто и содержит более одной точки, то каковы должны быть фактические управления?

Пояснений требует словосочетание «должны быть». Если апеллировать к тому, что в рамках парадигмы рационального поведения [35, 53] считается, что должны быть выбраны лучшие управления, то пояснений будет требовать понятие «лучшие». Так как в АС содержится несколько активных субъектов, функция полезности каждого из которых позволяет определять лучшие с его точки зрения альтернативы, то необходимо определить – с чьей точки зрения лучшие управления должны быть выбраны.

При этом возможно несколько подходов. В рамках нормативной теории принятия решений [2, 32, 37] возможно введение агрегированного критерия, удовлетворяющего тем или иным разумным аксиомам и отражающего коллективное мнение центров. Тогда задача будет заключаться в реализации таких действий и в выборе таких управлений, которые максимизируют «коллективный» критерий. Это – один из возможных подходов. Однако, так как мы исследуем задачу управления, то будем реализовывать другой подход (который включает нормативный).

Предположим, что в АС имеется *метацентр* или набор метацентров, находящихся на более высоком уровне иерархии, чем центры (введением этого предположения мы переходим от рассмотрения двухуровневой к многоуровневой АС). Эти метацентры, которые мы иногда будем называть «высшее руководство» или «высшие органы управления», являются активными, то есть, во-первых, обладают собственными интересами и предпочтениями на множестве результатов деятельности АЭ и управлений центров, и, во-вторых, имеют возможность (и право – в рамках рассматриваемой оргструктуры и порядка функционирования) назначать управления, значения которых являются функциями от выборов игроков, делающих свой ход позднее, то есть – от выбора центров и АЭ. Для описания такой модели могут быть использованы результаты разделов 3.2-3.5, то есть по аналогии с леммами 3.4-3.7 можно строить равновесные стратегии метацентров и т.д. – легко видеть, что описанная выше двухуровневая модель допускает тривиальное наращивание числа уровней иерархии. Делать этого мы не будем, так как, во-первых, в случае необходимости реализация этого подхода не вызовет затруднений, а, во-вторых, получающееся при этом описание будет слишком громоздким для использования на практике. Альтернативой является следующая модель.

Предположим, что имеется метацентр, отражающий интересы системы в целом, на позиции которого находится исследователь операций. В соответствии с результатами, приведенными в [27], известно, что возможны два режима взаимодействия центров промежуточного (в рассматриваемой трехуровневой АС) уровня иерархии – *режим сотрудничества* и *режим конкуренции*.

Режим сотрудничества характеризуется непустотой множества  $\Lambda$  и Парето-эффективностью (с точки зрения центров) их равновесных стратегий. В режиме конкуренции центры вынуждены «переплачивать» АЭ и соответствующее равновесие их игры неэффективно (в [34] доказано, что, если разрешены трансферты полезностей и образование коалиций, то необходимым условием выгоды для центров образования максимальной коалиции является непустота множества  $\Lambda$ ). Отметим, что в настоящей работе рассматривается только режим сотрудничества.

Следовательно, если интересы метацентра полностью совпадают с интересами центров (например, его целевая функция равна сумме целевых функций центров), то при пустом множестве  $\Lambda$  задача управления заключается в таком воздействии метацентра на управляемые им субъекты (центры и АЭ), которое обеспечило бы непустоту множества  $\Lambda$ . Другими словами, в этом случае задачей метацентра (которую мы будем называть *задачей координации* – см. табл. 3.1)

является перевод центров из режима конкуренции в режим сотрудничества.

Возможны и другие постановки задачи управления (см. табл. 3.1). Если центр не обладает собственными интересами, множество  $\Lambda$  непусто и состоит более, чем из одной точки, то задача метацентра заключается в согласовании интересов центров (*задача согласования*), то есть – в назначении на основании некоторого механизма (процедуры принятия решений) конкретной точки из множества  $\Lambda$ . Если метацентр обладает собственными интересами, то будем считать, что при пустом множестве  $\Lambda$  он, в первую очередь, заинтересован в переводе центров в режим сотрудничества (упомянутая выше задача координации), а затем – в реализации наиболее выгодных для него действий АЭ и управлений центров (то есть изменении как множества  $\Lambda$ , так и множества  $S$ ). Последняя задача и является собственно *задачей управления*. Частные случаи задач координации и управления рассмотрены в [27].

Обсудив качественно роль высших органов управления и перечислив возможные задачи, стоящие перед метацентром, перейдем к решению этих задач.

**Задача координации.** В настоящем разделе рассматриваются задачи согласования метацентром, не имеющим собственных интересов (отличных от интересов центров) за исключением минимизации затрат на согласование, интересов центров, то есть задачи координации (см. раздел 3.6), заключающейся в реализации режима сотрудничества.

Пусть  $\Lambda = \emptyset$  и задача метацентра заключается в том, чтобы перевести центры из режима конкуренции в режим сотрудничества. В соответствии с леммами 3.5 и 3.6 для этого достаточно обеспечить непустоту множества

$$\Lambda^* = \{\lambda^l \geq 0, l \in K \mid H^l(x^*) - \lambda^l \geq W^l, l \in K, \sum_{l \in K} \lambda^l = c(x^*)\}, \quad (3.26)$$

что будет гарантировать выполнение  $x^* \in \Lambda$ .

Таблица 3.1

**ЗАДАЧИ СОГЛАСОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ**

	Метацентр не обладает собственными интересами	Метацентр обладает собственными интересами
$\Lambda = \emptyset$	«Задача координации»	«Задача координации»
$\Lambda \neq \emptyset$	«Задача согласования»	«Задача управления»

По лемме 3.5 для того, чтобы выполнялось  $\Lambda^* \neq \emptyset$ , достаточно, чтобы  $\Lambda^* \neq \emptyset$ , а для этого, в свою очередь, по следствию из лемм 3.5 и 3.6 достаточно, чтобы имело место  $\sum_{l \in K} W^l \leq W$ .

Введем следующие величины:

$$\chi_i^* = \max \{H^l(x^*) - W^l; 0\}, l \in K; \quad (3.27)$$

$$\sigma_i^* = \max \{W^l - H^l(x^*); 0\}, l \in K; \quad (3.28)$$

$$\Phi^0 = c(x^*) + \sum_{l \in K} (\sigma_i^* - \chi_i^*). \quad (3.29)$$

Пусть управление заключается во взимании метацентром с центров штрафов  $\{\chi_i^*\}$  и выплате им вознаграждений  $\{\sigma_i^*\}$ . Тогда в соответствии с (3.9) целевая функция  $l$ -го центра с учетом управлений со стороны метацентра примет вид:

$$\Phi(y, \sigma') = H(y) - U(y) - \chi_i + \sigma_i, \quad I \in K. \quad (3.30)$$

Содержательно, (3.27) определяет максимальные величины суммарного стимулирования, которые может выплатить *I*-ый центр без нарушения условия его индивидуальной рациональности в игре центров, (3.28) – минимальные величины, которые следует доплатить *I*-му центру для выполнения условия его индивидуальной рациональности в игре центров. Выплаты центров АЭ гипотетически можно заменить их взаимодействием с метacentром, который взимает с центров налог (3.27) и выплачивает компенсацию (3.28) центрам и  $c(x)$  – элементам (см. выражение (3.29), отражающее целевую функцию метacentра).

Отметим, что можно провести содержательные аналогии между механизмом (3.27)-(3.30) и механизмом ключевых агентов, иногда называемым механизмом Гровса (см. также обзор [10]).

Легко проверить, что при этом множество  $\Lambda^*$  не пусто, так как метacentр компенсирует затраты АЭ, а неравенства индивидуальной рациональности у всех центров выполняются как равенства.

**Лемма 3.7.**  $\Phi^0 = \sum_{I \in K} W^I - W.$

Доказательство. В соответствии с (3.29)

$$\begin{aligned} \Phi^* &= c(x^*) + \sum_{I \in K} (\sigma_i^* - \chi_i^*) = \\ &= c(x^*) + \sum_{I \in K} \max(W^I - H^I(x^*); 0) - \\ &- \sum_{I \in K} \max(H^I(x^*) - W^I; 0) = \\ &= c(x^*) + \sum_{I \in K} W^I - \sum_{I \in K} H^I(x^*) = \sum_{I \in K} W^I - W. \bullet \end{aligned}$$

Содержательно в соответствии с леммой 3.7 величина  $\Phi^0$  может рассматриваться как минимальная величина собственных средств центра, которая необходима для обеспечения режима сотрудничества между центрами.

Определим следующие зависимости:

$$\chi^I(x) = \max \{H^I(x) - W^I; 0\}, \quad I \in K, \quad (3.31)$$

$$\sigma^I(x) = \max \{W^I - H^I(x); 0\}, \quad I \in K. \quad (3.32)$$

$$\Phi^0(x) = c(x) + \sum_{I \in K} (\sigma^I(x) - \chi^I(x)), \quad x \in A. \quad (3.33)$$

**Лемма 3.8.**  $\forall x \in A \Phi^0(x) \geq \Phi^0.$

Доказательство. Предположим, что  $\exists x \in A: \Phi^0(x) < \Phi^0$ . Подставляя (3.27)-(3.29) и (3.31)-(3.33), получаем:  $\sum_{I \in K} H^I(x^*) - \sum_{I \in K} H^I(x) < c(x) - c(x^*)$ , что противоречит определению величины  $x^*$ .

Содержательно лемма 3.8 означает, что реализация действия  $x^*$  в случае режима конкуренции требует от метacentра наименьших затрат, а в случае режима сотрудничества – приносит наибольший доход.

Непосредственным следствием лемм 3.7 и 3.8 является следующая теорема (см. также являющуюся частным случаем теорему 24).

**Теорема 3.4.** Реализация действия  $x^*$  оптимальна для метacentра, не обладающего собственными интересами. Его затраты на согласование (3.29) удовлетворяют следующим соотношениям: если

$$\sum_{I \in K} W^I \leq W,$$

то

$$\Phi^0 \leq 0;$$

если

$$\sum_{I \in K} W^I \geq W,$$

то

$$\Phi^0 \leq 0.$$

В соответствии с приведенной выше содержательной интерпретацией, если  $\sum_{I \in K} W^I \leq W$ , то режим со-

трудничества между центрами реализуется без вмешательства метacentра, который в соответствии с (3.27)-(3.29) имеет возможность получить неотрицательную величину  $\Phi^0$ . Если же имеет место  $\sum_{I \in K} W^I \geq W$ , то реализация режима сотрудничества между центрами требует вмешательства метacentра, который в соответствии с (3.27)-(3.29) тратит (этим обусловлен отрицательный знак) собственные средства, опять же, в размере  $\Phi^0$ .

Результат теоремы 3.4 позволяет обобщить процедуру финансирования на случай, когда имеется несколько уровней [34] управляющих органов в многоуровневой системе: для метacentров третьего (считая снизу) уровня иерархии может быть введена область компромисса, в определении которой должно требоваться, чтобы их суммарные выплаты равнялись  $\Phi^0$ . Если эта область пуста, то управляющие органы еще более высоких уровней должны обеспечить выполнение условий индивидуальной рациональности метacentров. Аналогичным образом определяются области компромисса и для более высоких уровней иерархии.

Таким образом, теорема 3.4 дает решение задачи координации в случае, когда метacentр не обладает собственными интересами. Рассмотрим теперь задачу согласования интересов центров (см. раздел 3.6) в случае, когда множество  $\Lambda$  не пусто.

**Задача согласования как задача распределения ресурса.** В соответствии с результатами раздела 3.7 величина  $\Phi^0$  характеризует степень согласованности интересов центров, то есть ту сумму, которую необходимо доплатить или возможно изъять (в зависимости от знака выражения (3.29)). Если множество  $\Lambda$  пусто, то оптимальное управление со стороны метacentра определяется в теореме 3.4 и леммах 3.7 и 3.8. Поэтому рассмотрим случай, когда множество  $\Lambda$  не пусто. Тогда по следствию из лемм 3.5 и 3.6 не пусто и множество  $\Lambda^*$ . Метacentру в силу теоремы 3.4 наиболее выгодно реализовывать действие  $x^*$ . Если множество  $\Lambda^*$  состоит из единственной точки, то, очевидно,  $\Phi^0 = 0$ . Если множество  $\Lambda^*$  состоит более, чем из одной точки, то задача метacentра может заключаться в определении конкретной реализации управлений.

Одним из вариантов является изъятие всех излишков центров в соответствии с (3.27)-(3.30) – тогда платежи центров однозначны. Альтернативой является перераспределение метacentром этих «излишков» между центрами, то есть, опять же, выбор конкретной точки из множества  $\Lambda^*$  не за счет самостоятельных договоренностей между центрами, а в соответствии с некоторой процедурой (правилом принятия решений – механизмом), установленной метacentром. Этот подход обладает тем преимуществом, что избавляет центры от необходимости вычисления равновесия (что может оказаться существенным, если их информационные ресурсы ограничены).



Механизмы распределения ресурсов [18] составляют обширный класс процедур принятия решений в управлении организационными (активными) системами и исследуются в теории активных систем, теории иерархических игр [23], теории принятия решений и других разделах теории управления социально-экономическими системами. Их частным случаем являются механизмы распределения дохода или затрат. Механизмы распределения ресурса в многоуровневых системах исследовались в [35], в том числе – с точки зрения активности – в [18].

Обозначим

$$\mu^l = H^l(x^*) - W^l, l \in K. \quad (3.34)$$

При использовании метacentром механизма (3.27)-(3.30) в равновесии значения целевых функций центров равны  $W^l, l \in K$ , а платежи центров (с учетом штрафов и поощрений со стороны метacentра) равны  $\mu^l, l \in K$ . Эти платежи реализуют действие  $x^*$  и являются Парето-оптимальными. Следовательно, перед метacentром стоит задача распределения ресурса  $\Phi^0$  между  $k$  центрами. Обозначим  $g^l$  – количество ресурса, выделяемого метacentром  $l$ -му центру,  $R = -\Phi^0 \geq 0$  в силу введенного выше предположения, что рассматривается случай  $A \neq \emptyset$ . Если метacentр не обладает собственными интересами, то, очевидно, должно выполняться бюджетное (балансовое) ограничение:

$$\sum_{l \in K} g^l = R. \quad (3.35)$$

Отметим, что, если метacentр обладает собственными интересами, то он имеет возможность распределять между центрами величину  $(1 - \xi)R$ , где  $\xi \in [0; 1]$  может интерпретироваться как ставка «налога», выплачиваемого центрами метacentру.

Если имеет место полная информированность, то есть, если все участники АС полностью и достоверно информированы обо всех целевых функциях и допустимых множествах, то центры не имеют возможности повлиять на размер получаемой каждым из них дополнительной (по сравнению с  $W^l$ ) прибыли  $g^l$ . Следовательно, механизм распределения ресурса (под которым мы в данном случае будем понимать удовлетворяющий (3.35) принцип определения величин  $\{g^l \geq 0\}$ ) может задаваться различными способами. Рассмотрим некоторые из них, распространенные на практике [18] и имеющие прозрачные содержательные интерпретации.

**1. Принцип равного распределения ( $\forall l \in K g^l = Const$ ):**

$$g^l = R/k, l \in K.$$

При использовании принципа равного распределения, очевидно, выполняется (35) и  $g^l \geq 0, l \in K$ .

**2. Приоритетный принцип ( $\forall l \in K g^l/\gamma^l = Const$ , где  $\{\gamma^l > 0\}$  – константы, отражающие приоритеты центров с точки зрения метacentра,  $\sum_{l \in K} \gamma^l = k$ ):**

$$g^l = \gamma^l R/k, l \in K.$$

При использовании приоритетного принципа, очевидно, выполняется (3.35) и  $g^l \geq 0, l \in K$ . При равных приоритетах приоритетный принцип распределения ресурса переходит в принцип равного распределения.

**3. Принцип равных прибылей ( $\forall l \in K W^l + g^l = Const$ ):**

$$g^l = \frac{R + \sum_{l \in K} W^l}{k} - W^l, l \in K.$$

При использовании принципа равных прибылей, очевидно, выполняется (3.35), однако для выполнения  $g^l \geq 0, l \in K$  необходимо потребовать, чтобы имело место  $W^l \leq W/k$ , что является гораздо более сильным условием, чем условие  $\sum_{l \in K} W^l \leq W$  непустоты области компромисса.

**4. Принцип равных рентабельностей ( $\forall l \in K (W^l + g^l)/\mu^l = Const$ ):**

$$g^l = W \frac{\mu^l}{\sum_{l \in K} \mu^l} - W^l, l \in K.$$

При использовании принципа равных рентабельностей, очевидно, выполняется (3.35), однако для выполнения  $g^l \geq 0, l \in K$  необходимо потребовать, чтобы имело место  $\mu^l/W^l \geq \sum_{l \in K} \mu^l/W, l \in K$ .

**5. Принцип пропорционального вклада ( $\forall l \in K g^l/\mu^l = Const$ ):**

$$g^l = R \frac{\mu^l}{\sum_{l \in K} \mu^l}, l \in K.$$

При использовании принципа пропорционального вклада, очевидно, выполняется (3.35), однако для выполнения  $g^l \geq 0, l \in K$  необходимо потребовать, чтобы имело место  $H^l(x^*) \geq W^l, l \in K$ .

Перечисление различных механизмов распределения ресурса (принципов определения прибылей центров, выплачиваемых метacentром) можно продолжать и далее (основываясь, например, на пропорциональности ресурса величинам  $\{\chi_i^*\}, \{\sigma_i^*\}$  и их комбинациям), используя примененную выше методику. Мы же рассмотрим механизмы распределения ресурса в условиях неполной информированности, то есть в случае, когда существуют неопределенные (неизвестные ЛПР) параметры. В качестве ЛПР будем рассматривать метacentра, а в качестве параметров – неизвестные ему характеристики функций затрат центров (характеристики АЭ будем считать достоверно известными).

Итак, пусть  $H^l(y, r^l)$  – функция дохода  $l$ -го центра, зависящая от вектора действий  $y \in A$  и параметра  $r^l \in \Omega^l$  – типа  $l$ -го центра, неизвестного метacentру. Обозначим  $r = (r^1, r^2, \dots, r^k)$  – вектор типов центров,  $r \in \Omega = \prod_{l \in K} \Omega^l$ .

Получаем, что в рассматриваемой модели все величины зависят от типов центров:

$$x^*(r) = \arg \max_{x \in A^*} [\sum_{l \in K} H^l(x, r^l) - c(x)], \quad (3.36)$$

$$W^l(r^l) = \max_{x \in A^*} H^l(x, r^l) - c(x), l \in K, \quad (3.37)$$

$$\mu^l(r) = H^l(x^*(r)) - W^l(r^l), l \in K, \quad (3.38)$$

$$\Lambda^l(r) = \{\lambda^l \geq 0, l \in K \mid H^l(x^*(r), r^l) - \lambda^l \geq W^l(r^l), l \in K, \quad (3.39)$$

$$\sum_{l \in K} \lambda^l = c(x^*(r)),$$

$$R(r) = W(r) - \sum_{l \in K} W^l(r^l). \quad (3.40)$$

Интересно отметить, что в рассматриваемом механизме распределения ресурсов, в отличие от всех известных механизмов [18], количество распределяемого ресурса в явном виде зависит от типов центров.

Обозначим  $\Omega = \{r \in \Omega \mid \Lambda^*(r) \neq \emptyset\} \subseteq \Omega$  – множество таких векторов типов центров, при которых между ними возможен режим сотрудничества.

Так как точные значения типов центров могут быть неизвестны метацентру, то рассмотрим механизм с сообщением информации [12], в котором центры сообщают метацентру оценки своих типов, а последний использует эти оценки для определения количества выделяемого тому или иному АЭ ресурса (обычно правило, ставящее в соответствие вектору сообщений планы, называется процедурой планирования [39]).

Для механизмов планирования (точнее – механизмов с сообщением информации) характерна проблема манипулируемости – если сообщаемая метацентру информация не может быть им верифицирована, то центры в общем случае будут сообщать информацию, которая приведет к наиболее выгодным для них решениям центра (например, если множество  $\Lambda$  пусто, то для центров выгодно, чтобы метацентр из своих средств компенсировал агенту как можно большую часть затрат). Поэтому одной из задач является задача исследования манипулируемости механизмов и, в частности, определения множества неманипулируемых механизмов распределения ресурса, то есть таких механизмов, в которых сообщение достоверной информации выгодно для АЭ. Формализуем последнее утверждение.

Введем в рассмотрение функцию предпочтения  $l$ -го центра, отражающую зависимость его прибыли от вектора сообщений  $s = (s^1, s^2, \dots, s^k) \in S$  всех центров (в том числе и от его сообщения  $s^l \in S^l, l \in K, S = \prod_{l \in K} S^l$ ):

$$\phi(s, r^l) = H^l(x^l(s), r^l) - \mu^l(s) + g^l(s), l \in K, \quad (3.41)$$

где

$\{g^l(\cdot)\}_{l \in K}$  – процедура распределения ресурса.

В рамках теоретико-игровых моделей считается [28], что в условиях игровой неопределенности рациональное поведение субъектов моделируется предположением о том, что они окажутся в том или ином равновесии. Следовательно, выгодность сообщения достоверной информации означает, что достоверные сообщения являются равновесными [28]. Определим равновесие в доминантных стратегиях (РДС)  $s^{ld} \in S$  следующим образом. Стратегия  $s^{ld} \in S^l$  является доминантной для  $l$ -го центра, если

$$\begin{aligned} \phi(s^{ld}, s^l, r^l) &\geq \phi(s^l, s^l, r^l) \quad \forall s^l \in \\ &\in S^l, \forall s^l \in S^l, \end{aligned} \quad (3.42)$$

где

$$s^l = (s^1, \dots, s^{l-1}, s^{l+1}, \dots, s^k) \in S^l = \prod_{j \neq l} S^j \text{ – обстановка}$$

игры для  $l$ -го центра. Если у каждого центра существует доминантная стратегия, то соответствующий вектор называется РДС.

Равновесием Нэша называется вектор  $s^N \in S$ , такой, что

$$\begin{aligned} \phi(s^{iN}, s^{-iN}, r^i) &\geq \phi(s^i, s^{-iN}, r^i) \quad \forall s^i \in \\ &\in S^i, \forall i \in K. \end{aligned} \quad (3.43)$$

Множество РДС обозначим  $E^d(r)$ , множество равновесий Нэша обозначим  $E^N(r)$ . Неманипулируемым бу-

дем называть механизм, в котором  $r \in E^d(r)$  или  $r \in E^N(r)$  (очевидно, что  $E^d(r) \subseteq E^N(r)$ ).

Рассмотрим следующую модель. Обозначим  $x_i^* \in A$  – вектор действий АЭ, который наиболее выгодно реализовать коллективу  $K \setminus \{i\}$  центров:

$$\begin{aligned} x_i^* &= \arg \max_{x \in A^*} [\sum_{l \in K \setminus \{i\}} H^l(x) - \\ &- c(x)], i \in K, \end{aligned} \quad (3.44)$$

$$\begin{aligned} \Lambda_i^* &= \{\lambda^l \geq 0, l \in K \setminus \{i\} \mid H^l(x_i^*) - \\ &- \lambda^l \geq W^l, l \in K \setminus \{i\}, \end{aligned} \quad (3.45)$$

$$\sum_{l \in K \setminus \{i\}} \lambda^l = c(x_i^*), i \in K,$$

множество согласованных платежей центров из множества  $K \setminus \{i\}$  по реализации вектора  $x_i^*$  действий АЭ. Суммарная полезность этих центров (в отсутствии  $i$ -го центра) равна  $\sum_{l \in K \setminus \{i\}} H^l(x_i^*) - c(x_i^*)$ . В присутствии  $i$ -

го центра суммарная полезность этого множества центров не превышает (максимум достигается, когда для  $i$ -го центра условие индивидуальной рациональности существенно)

$$\sum_{l \in K \setminus \{i\}} H^l(x^*) - c(x^*) + H^i(x^*) - W^i = W - W^i, i \in K.$$

Величина  $\delta^i = W - W^i - \sum_{l \in K \setminus \{i\}} H^l(x_i^*) - c(x_i^*)$ , которая

может интерпретироваться как эксцесс [28], характеризует изменение полезности всех центров, кроме фиксированного, при его добавлении в АС. Следовательно, платежи со стороны метацентра могут основываться на величинах  $\{\delta^i\}_{i \in K}$  (см. также механизм ключевых агентов, в котором каждый участник облагается налогом, равным тем потерям, которые несут из-за его присутствия другие участники АС). Платежи метацентра могут также основываться (и именно на этом варианте мы остановимся) на разности  $W - W^i$ , характеризующей максимальную полезность, которую могут получить остальные центры из-за присутствия  $l$ -го центра. Если ресурс, получаемый каждым из центров пропорционален этому вкладу, то соответствующий принцип распределения ресурса можно записать в виде:

$$\begin{aligned} g^i(s) &= (W(s) - \sum_{l \in K} W^l(s^l))^* \\ &* \frac{W - W^i}{kW - \sum_{l \in K} W^l}, i \in K. \end{aligned} \quad (3.46)$$

Очевидно, что механизм (3.46) является анонимным и сбалансированным, но в общем случае он манипулируем.

Рассмотрим другой механизм распределения ресурса:

$$g^i(s) = W(s) / k - W^i(s^i), i \in K. \quad (3.47)$$

Он также является анонимным и сбалансированным, и, опять же, в общем случае – манипулируемым.

Анализ искажения центрами информации в механизме (3.47) подсказывает, что избежать манипулирования можно за счет полного перераспределения полезности между центрами, что возможно в рамках следующей процедуры: механизм должен быть таков, чтобы имело место

$$\phi(s) = [\sum_{l \in K} H^l(x^l(s), r^l) -$$

$$- c(x^*(s)) / k, i \in K. \quad (3.48)$$

Содержательно в рамках механизма (3.48) метацентр использует институциональное управление и говорит центрам: сообщайте мне оценки ваших функций дохода, на их основании я вычислю наиболее выгодное для вас действие АЭ и уровню фактически полученные вами полезности (для этого метацентр должен в итоге достоверно наблюдать эти полезности – в выражении (3.48) в функциях дохода стоят истинные значения типов центров).

Предположим, что функции  $H^l(y, r^l)$  непрерывны и монотонны по параметрам  $r^l$ , а множества  $\Omega^l$  компактны,  $l \in K$ . Тогда справедлив следующий результат.

**Теорема 3.5.** Механизм (3.48) является анонимным, эффективным и неманипулируемым, но в общем случае он не удовлетворяет условиям индивидуальной рациональности центров.

**Доказательство.** Анонимность механизма (3.48) очевидна, так как он симметричен относительно перестановок агентов.

Пусть все центры, кроме  $i$ -го, сообщили достоверную информацию, то есть  $s^l = r^l, l \in K \setminus \{i\}$ . Полезность  $i$ -го центра равна:

$$\frac{1}{k} [\sum_{l \in K} H^l(x^*(s^l, r^{-l}), r^l) - c(x^*(s^i, r^i))].$$

В силу (3.36) в рамках введенных предположений максимум этого выражения достигается при  $s^i = r^i$ . Из (3.43) следует, что сообщение центрами достоверной информации является равновесием Нэша, то есть механизм неманипулируем. Кроме того, очевидно, что рассматриваемый механизм приводит каждого центра к одному и тому же уровню полезности  $W(r) / k$ . И, наконец, эффективность по Парето механизма (3.48) следует из того, что он максимизирует суммарную полезность центров при сообщении ими достоверных оценок. •

Несбалансированность механизма (3.48) и возможность нарушения условий индивидуальной рациональности является характерным свойством неманипулируемых механизмов с трансферабельной полезностью.

**Пример 3.2.** Пусть  $H^l(y, r^l) = 2 r^l \sqrt{y}, l = 1, 2, c(y) = y, A = \mathfrak{R}_1^+$ . Вычислим в соответствии с (3.36)-(3.40) следующие величины:  $W^l(r) = (r^l)^2, x^*(r) = (r^1 + r^2)^2, W(r) = (r^1 + r^2)^2, \mu^l(r) = r^l (r^1 + 2 r^l)$ . Если  $\Omega = [0; +\infty)$ , то  $\forall r \in \Omega W^1(r^1) + W^2(r^2) \leq W(r)$ , следовательно,  $\Omega^* \neq \emptyset$ .

Метацентр имеет возможность распределить между центрами

$$R(r) = \mu^1(r) + \mu^2(r) - c(x^*(r)) = W(r) - W^1(r) - W^2(r) = 2 r^1 r^2$$

единиц ресурса.

Рассмотрим отклонение от равновесия Нэша первого центра. В рамках механизма (3.48) вычисляем:  $x^*(s^1, r^2) = (s^1 + r^2)^2, \phi^1(s^1, r^2) = (r^1 + r^2) (s^1 + r^2) - (s^1 + r^2)^2 / 2$ . Максимум последнего выражения по  $s^1$  достигается при  $s^1 = r^1$ . •

Таким образом, рассмотренные механизмы распределения ресурса позволяют решать задачу согласования интересов центров в смысле выбора из множества Парето-оптимальных вариантов конкретного варианта. Преимущество предложенного подхода заключается в том, что исходная задача – определения равновесных

платежей центров, то есть – конкретной точки множества  $A$  (если оно не пусто) – представляется более сложной для анализа, так как это множество может задаваться сложным образом и иметь сложную конфигурацию. Использование механизма (3.27)-(3.30) позволяет эту задачу свести к задаче распределения известного количества ресурса. Применение механизма (3.48) в силу теоремы 3.5 делает выгодным для каждого центра сообщение достоверной информации, что позволяет достичь в условиях неполной информированности метацентра эффективного распределения ресурса между центрами.

До сих пор мы рассматривали задачи координации и задачи согласования, соответствующие случаю отсутствию собственных интересов у метацентра (см. табл. 3.1). Перейдем к анализу случая, в котором метацентр имеет собственные интересы, то есть – к исследованию задачи управления.

**Задача управления.** Предположим, что метацентр обладает собственными интересами, быть может, отличными от интересов центров. Интересы метацентра на множестве  $A$  векторов действий агентов будем описывать функцией дохода  $H^0(y): A \rightarrow \mathfrak{R}^l$ , которую будем считать непрерывной. Частные случаи задачи управления, в которых метацентр облагает центры налогом с дохода или прибыли, рассмотрены в [27].

Возможным вариантом интерпретации роли метацентра является добавление его ко множеству центров. При этом изменится множество компромисса (априори неизвестно расширится оно или сузится), равновесные платежи центров и т.д. Однако этот случай скорее соответствует количественному расширению состава центров, а не введению нового уровня управления. Наличие метацентра означает присутствие игрока, обладающего правом устанавливать правила игры для других игроков, в том числе – выбирать свои стратегии как функции от выбора других игроков. Поэтому рассмотрим случай, когда метацентр обладает правом первого хода и устанавливает управления для центров, а затем последние выбирают свои платежи активным элементам.

Результаты предшествующего изложения подготовили все необходимое для постановки и решения задачи управления. Выражение (3.33) определяет баланс бюджета метацентра в зависимости от реализуемого действия. Следовательно целевая функция метацентра  $\Phi(x)$  может быть определена как разность между его доходом и затратами (3.33):

$$\Phi(x) = H(x) - c(x) + \sum_{l \in K} (\chi^l(x) - \sigma^l(x)), x \in A. \quad (3.49)$$

Приведем содержательные интерпретации. В монографии [37] исследовались механизмы функционирования многоуровневых иерархических организационных систем. В частности, изучались факторы, влияющие на эффективность управления в такого рода системах. Одним из выявленных факторов был так называемый «экономический» фактор, заключающийся в изменении финансовых, материальных и др. ресурсов системы при изменении состава участников системы (управляемых субъектов, промежуточных управляющих органов и т.д.), обладающих собственными интересами.

Изменение эффективности управления за счет приращения или потребления ресурсов при изменении

элементного состава организационной системы имеет место и в двухуровневых системах. Например, добавление нового управляемого субъекта может расширить возможности системы и, наряду с этим, увеличить затраты на поддержание ее деятельности. Другими словами, в общем случае экономический фактор отражает баланс ресурсов (условно – доходов и затрат) в задачах формирования состава системы. Так, например, введение в организации нового промежуточного уровня иерархии с одной стороны может улучшить координацию деятельности подчиненных, а с другой стороны – может потребовать дополнительных затрат на содержание нового административно-управленческого персонала. Наряду с этим, иногда введение дополнительных уровней управления может только ухудшить координацию деятельности подчиненных, например, за счет увеличения задержки принятия решений. В рассматриваемой модели РСРП экономический фактор проявляется в том, что центры, получая собственный доход от деятельности АЭ, берут на себя часть расходов, связанных со стимулированием АЭ.

**Теорема 3.6.** Оптимальным является механизм (3.31)-(3.33), в рамках которого реализуется действие

$$x^0 = \arg \max_{y \in A'} \Phi(y). \quad (3.50)$$

Доказательство. Предположим, что существует другое управление, отличное от  $\{x^0(x), \sigma^0(x)\}$ , реализующее действие  $x \neq x^0$ , такое, что

$$H^0(x) - v(x) > \Phi(x^0), \quad (3.51)$$

где

$v(\cdot)$  – минимальные затраты метacentра на реализацию соответствующего действия. В силу лемм 3.5-3.7 условия реализуемости включают в себя непустоту множества (3.26), которое, в свою очередь, задается системой неравенств  $H^l(x) - \lambda^l \geq W^l, l \in K$ .

$$\Phi^l(y) = H^l(y) - v^l(y) - x^l(y) + \sigma^l(y), l \in K. \quad (3.52)$$

В силу теоремы 3.3 стимулирование центров по реализации заданного действия минимально. Из (3.52) и того, что в (3.50) вычисляется максимум по всем действиям АЭ, получаем противоречие с (3.51). •

Качественное обоснование результата теоремы 3.6 заключается в следующем: так как при использовании управлений (3.31)-(3.33) полезности всех участников АС, кроме метacentра, равны резервным полезностям, а в (3.50) определяется оптимальное действие, реализуемое с минимальными затратами метacentра на стимулирование, то  $\Phi(x^0)$  – абсолютный оптимум критерия эффективности.

Отметим, что, комбинируя результаты настоящего и предыдущего разделов, можно заложить в механизм управления требования обеспечения всех участников АС некоторыми гарантированными уровнями полезности (резервной полезности). Резервная полезность будет аддитивно входить в условия индивидуальной рациональности, поэтому с ростом резервных полезностей множество компромисса будет сужаться.

Результат теоремы 3.6 может быть непосредственно обобщен на случай четырех и более уровней РСРП, а также систем с распределенным контролем на всех уровнях управления.

## 4. МЕХАНИЗМЫ ФИНАНСИРОВАНИЯ ПРОГРАММ РЕГИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ

В настоящей главе рассматриваются механизмы финансирования программ регионального развития. Под программой развития понимается комплекс взаимосвязанных мероприятий, нацеленных на достижение целей развития региона, оцениваемых, как правило, по многим критериям. Задача управления программой развития состоит в их формировании (то есть выборе набора мероприятий – проектов развития) и реализации (то есть ресурсном обеспечении, контроле и т.д.).

В качестве ресурсного обеспечения в большинстве случаев выступают финансовые ресурсы, ограниченность которых, накладывает ограничения на множество реализуемых программ развития. Следовательно, существенную роль в управлении программой играют механизмы финансирования, то есть процедуры принятия решений о распределении финансовых ресурсов между направлениями, проектами и работами, включенными в программу.

Типичным примером проекта развития является проект реформирования и реструктуризации предприятия (ПРР), в финансировании которого принимает участие как собственно предприятие, так и во многих случаях – региональная администрация. Другим типичным примером является ПРР, осуществляемый подразделением предприятия и финансируемый предприятием в целом или объединением предприятий. Поэтому в качестве содержательно интерпретируемого примера в настоящей главе под проектом будет подразумеваться ПРР.

Ниже рассматриваются такие базовые механизмы финансирования ПРР как: механизмы льготного налогообложения и кредитования (раздел 4.1) и механизмы самофинансирования (раздел 4.2). Значительное внимание уделяется процедурам согласования интересов заинтересованных в реализации ПРР сторон, в том числе – в рамках распределенных систем принятия решений.

### 4.1. Механизмы льготного налогообложения

**Льготное налогообложение и кредитование.** В настоящей главе рассматривается класс механизмов поддержки проектов реформирования и реструктуризации (ПРР). Эта поддержка может оказываться властями региона отдельным предприятиям, объединениями предприятий своим подразделениям и т.д. В частности, изучаются механизмы льготного налогообложения и механизмы финансирования ПРР, различающиеся между собой принципами принятия решений о предоставлении льгот центром, в роли которого может выступать комитет по поддержке предпринимательства региона, руководство объединения предприятий и т.д. При этом обосновывается, что предоставление налоговых льгот может рассматриваться как предоставление кредита с отсрочкой погашения. Значительное внимание уделяется процедурам согласования интересов заинтересованных в реализации ПРР сторон, в том числе – в рамках распределенных систем принятия решений. Результаты рассмотрения и сравнения между собой ряда ме-

ханизмов льготного налогообложения обобщаются на случай, когда определенные параметры неизвестны центру и сообщаются ему предприятиями.

**Описание модели.** Рассмотрим следующую модель проекта реформирования и реструктуризации (ПРР) предприятия. Предприятие характеризуется неотрицательным скалярным объемом производства  $y \geq 0$ . До начала реализации ПРР постоянные издержки (за некоторый фиксированный временной интервал, считающийся единичным) равны  $c_0$ , удельные переменные издержки (переменные издержки по выпуску единицы продукции) равны  $\alpha_0$ , цена реализации единицы продукции –  $\lambda_0$ , максимальный объем производства –  $y_0^{max}$ . Перечисленные параметры позволяют определить точку безубыточности  $y_0^{min}$  – минимальный объем производства, при котором валовая выручка превышает суммарные издержки:

$$y_0^{min} = c_0 / (\lambda_0 - \alpha_0). \tag{4.1}$$

Если  $y_0^{min} > y_0^{max}$ , то необходима смена технологии (изменение номенклатуры, техническое перевооружение, позволяющее снизить постоянные издержки до величины  $c$ , переменные издержки – до величины  $\alpha$ , увеличить максимальный объем производства до величины  $y^{max}$ , повысить качество, а следовательно, и цену реализации до величины  $\lambda$ , и т.д.), так как никакие организационные изменения не смогут обеспечить прибыльности предприятия (см. рис. 4.1).

Если  $y_0^{min} \leq y_0^{max}$ , то оптимальным является максимальный объем производства, который обеспечит следующее значение валовой прибыли в единицу времени:  $\pi_0 = (\lambda_0 - \alpha_0) y_0^{max} - c_0$ . Если ставка налога с прибыли равна  $\gamma$ , то чистая прибыль в единицу времени равна

$$\pi_{0\gamma} = (1 - \gamma) \pi_0 = (1 - \gamma) [(\lambda_0 - \alpha_0) y_0^{max} - c_0].$$

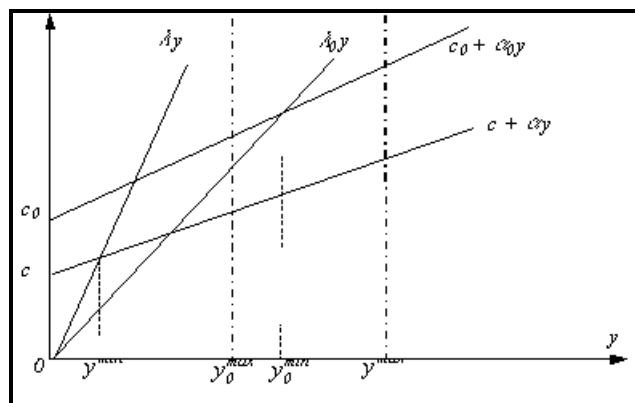


Рис. 4.1. Точки безубыточности

Предположим, что предприятие имеет небюджетную задолженность (или бюджетную задолженность, подлежащую реструктуризации)  $G_0$ , тогда срок  $T_{0\gamma}$  выхода из состояния банкротства (то есть срок, за который накопленная чистая прибыль превысит задолженность) можно определить как

$$T_{0\gamma} = G_0 / \pi_{0\gamma}. \tag{4.2}$$

Если предприятию предоставлены налоговые льготы (оно освобождено от уплаты части налогов<sup>4</sup>), то срок  $T_0$  выхода из состояния банкротства равен

$$T_0 = G_0 / \pi_0 \leq T_{0\gamma}. \tag{4.3}$$

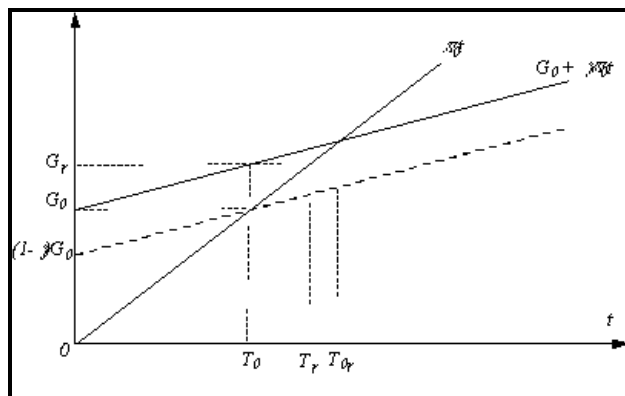


Рис. 4.2. Динамика налоговых платежей

На первый взгляд (см. рис. 4.2), предоставление налоговых льгот эквивалентно<sup>5</sup> недополучению налогов в размере  $\gamma G_0$  за срок  $T_0$ .

Однако, сделанный вывод не совсем корректен с содержательной точки зрения, так как он справедлив в предположении, что предприятие уплачивает налоги одновременно с погашением задолженности из чистой прибыли. На практике такая ситуация не имеет места – зачастую предприятия (имеющие в ряде случаев арестованные счета) вынуждены всю прибыль пускать на погашение задолженности, что приводит к тому, что задолженность увеличивается со временем на величину невыплаченных налогов [24, 41]. Поэтому в момент времени  $T_0$  (момент погашения первоначальной задолженности  $G_0$  без учета налоговых платежей) у предприятия образуется «новая» задолженность  $G_\gamma - G_0 = \gamma G_0$  (см. рис. 4.2), время погашения которой составит  $\gamma T_0$ . Но к моменту времени  $T_\gamma = T_0 + \gamma T_0$  образуется новая задолженность –  $\gamma^2 G_0$  и т.д. Время погашения всех (накапливающихся) задолженностей определится как сумма геометрической прогрессии (см. также выражения (4.2) и (4.3)):

$$T_{0\gamma} = T_0 (1 + \gamma + \gamma^2 + \dots) = T_0 / (1 - \gamma). \tag{4.4}$$

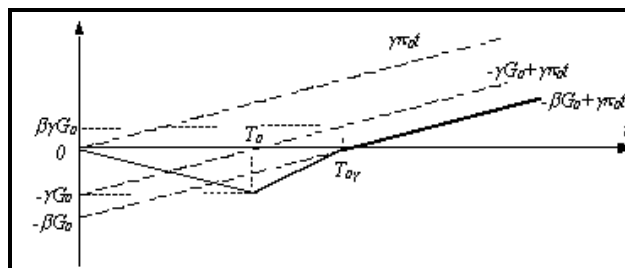


Рис. 4.3. Динамика бюджетной задолженности

<sup>4</sup> Для простоты в настоящей модели будем считать, что имеет единственный налог – налог на прибыль, а налоговые льготы соответствуют временному полному освобождению от уплаты этого налога.

<sup>5</sup> Так как рассматриваются динамические модели, то необходимо отметить, что все финансовые величины должны быть приведены к одному моменту времени.

Следовательно на протяжении времени  $T_{0\gamma}$  предприятие находится в разряде должников [8], причем долги перед бюджетом являются наиболее критической категорией долгов предприятия (см. рис. 4.3, где  $\beta = \gamma / (1 - \gamma)$  ( $< 1$  при  $\gamma < 1/2$ )), поэтому предоставление льгот может рассматриваться как эффективный инструмент привлечения инвестиций. При этом целесообразно использование механизмов смешанного финансирования и кредитования [13, 19].

Таким образом, в случае предоставления налоговых льгот сумма  $\beta G_0$  может рассматриваться как точка отсчета при реструктуризации долгов, то есть, предоставление налоговых льгот эквивалентно недополучению налогов в размере  $\beta G_0$  за срок  $T_{0\gamma}$ . Как отмечалось выше, этот вывод не совсем корректен, так как имеет смысл рассматривать только положительные значения налоговых платежей (ср. рисунки 4.3 и 4.4). Верхняя жирная линия на рис. 4.4 соответствует динамике налоговых платежей в случае полного освобождения предприятия от налоговых обязательств на время  $T_0$  погашения небюджетных обязательств. Нижняя жирная линия соответствует отсутствию налоговых льгот, тонкая линия – динамике налоговых платежей в случае, когда предприятию предоставляются льготы  $\gamma G_0$  на период  $T_0$  при условии их погашения к моменту времени  $T$ , быть может при ненулевой ставке процента.

В последнем случае можно считать, что стоимость для предприятия отсрочки погашения долгов перед бюджетом (перенос их на период с  $T_0$  до  $T$ ) равна  $\Delta$  (см. рис. 4.4). Момент времени  $T$  характеризует погашение долгов предприятия перед бюджетом:

$$T = \frac{\gamma \pi_0 T' + \Delta}{\gamma \pi_0 T_0 + \Delta} T_0. \tag{4.5}$$

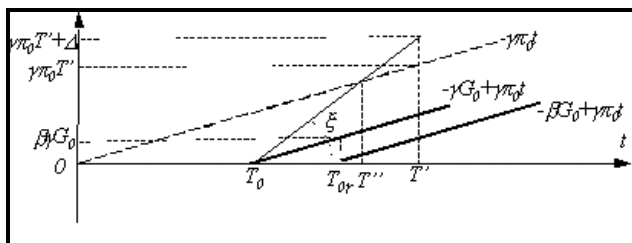


Рис. 4.4. Динамика налоговых платежей при предоставлении налоговых льгот

**Механизмы льготного налогообложения.** Таким образом, с точки зрения рассматриваемой модели льготное налогообложение может интерпретироваться как кредитование с отсрочкой погашения, для анализа эффективности которого могут быть использованы инструменты финансовой инженерии [34]. Взятие подобного кредита, быть может, не очень эффективно с точки зрения необремененного должника прибыльного предприятия, однако, еще раз подчеркнем, что в современных российских условиях для многих предприятий, находящихся в предбанкротном (по критерию, в том числе, задолженности) состоянии, это – единственный путь выхода из кризиса.

Параметры льгот (сроков начала погашения, стоимости отсрочки  $\Delta$ , «ставки» кредита  $\xi$  и др.) связаны следующим соотношением (см. также рис. 4.4):

$$\xi = \frac{\gamma \pi_0 T' + \Delta}{T - T_0}. \tag{4.6}$$

Величина  $\Delta$  может определяться, например, как дополнительный фиксированный процент  $\psi$  от первоначального кредита  $\gamma G_0$ , то есть:

$$\Delta = (1 + \psi) \gamma G_0. \tag{4.7}$$

Выражения (4.1)-(4.7) позволяют рассмотреть и сравнить между собой ряд механизмов льготного налогообложения, различающиеся между собой принципами принятия решений о предоставлении льгот центром, в роли которого может выступать комитет по поддержке предпринимательства региона, руководство объединения предприятий и т.д. Принцип принятия решения центром определяется тем критерием эффективности, который последний стремится максимизировать. Следовательно, различные критерии эффективности порождают различные механизмы.

Рассмотрим активную систему (АС), состоящую из  $n$  предприятий – активных элементов (АЭ) и одного центра. Предположим, что у центра имеется возможность предоставления льгот в размере  $R$ , ограниченном, например, требованиями наполняемости регионального бюджета, кредитоспособностью объединения предприятий и т.д. Таким образом должно всегда иметь место следующее ограничение (нижние индексы обозначают номер АЭ):

$$\sum_{i \in Q} G_{0i} \leq R / \gamma, \tag{4.8}$$

где

$Q \subseteq I = \{1, 2, \dots, n\}$  – подмножество множества всех АЭ  $I$ , содержащее тех из них, кому предоставлены налоговые льготы.

Задача центра заключается в том, чтобы найти множество  $Q$ , на котором достигался бы критерий эффективности при балансовом (бюджетном) ограничении (4.8). Рассмотрим различные критерии, то есть различные механизмы льготного налогообложения.

**Механизм 1.** Предположим, что центр заинтересован в том, чтобы как можно раньше вывести из разряда должников перед бюджетом как можно большее число АЭ.

Формально этот принцип принятия решений можно записать как:

$$Q = \{1, 2, \dots, k_1\}, \tag{4.9}$$

где

$k_1$  – максимальный номер в упорядочении АЭ по возрастанию  $T_i''$  такой, что

$$\sum_{i=1}^k G_{0i} \leq R / \gamma, \sum_{i=1}^{k+1} G_{0i} > R / \gamma. \tag{4.10}$$

Процедура распределения льгот (см. также конкурсные механизмы в [10]) заключается в упорядочении АЭ в порядке возрастания времен выхода из разряда должников перед бюджетом и предоставлении им льгот, начиная с первого до тех пор, пока не закончится имеющийся в распоряжении центра ресурс.

**Механизм 2.** Предположим, что центр заинтересован в том, чтобы максимизировать прибыль, получаемую в результате предоставления льгот. Так как в со-

ответствии с (4.7) эта прибыль пропорциональна начальной задолженности, то конкурсная процедура распределения льгот заключается в упорядочении АЭ в порядке убывания начальной задолженности и предоставлении им льгот, начиная с первого до тех пор, пока не закончится имеющийся в распоряжении центра ресурс.

**Механизм 3.** Данный механизм является компромиссным между первым и вторым. Если центр заинтересован одновременно в максимально быстром выходе предприятий из банкротного состояния и в увеличении прибыли от предоставления налоговых льгот, то он может вычислить эффективность предоставления льгот  $i$ -му АЭ, например, как

$$\Xi_i = \gamma G_{0i} / (T_i'' - T_{0i}), i \in I, \tag{4.11}$$

упорядочить АЭ в порядке убывания эффективности и предоставлять им льготы, начиная с первого до тех пор, пока не закончится имеющийся в распоряжении центра ресурс. Перечисленные три механизма льготного налогообложения принадлежат к классу простых конкурсных механизмов [19], и следовательно, обладают всеми присущими им преимуществами и недостатками. Основным преимуществом является их простота использования и прозрачность содержательных интерпретаций и «правил игры» как для организаторов конкурса, так и для конкурсантов (оферентов). Основным недостатком является то, что возможны ситуации, когда эффективность простого конкурса оказывается чрезвычайно низкой. Качественно это обусловлено тем, что применение упорядочения по эффективности не дает возможности рассматривать все многообразие возможных вариантов. Как показано в [19], большей эффективностью, чем простые конкурсные механизмы, обладают так называемые прямые конкурсы, к классу которых принадлежит рассматриваемый ниже механизм 4.

**Механизм 4.** Пусть  $I_i$  – эффект от реализации  $i$ -го проекта. В качестве эффекта может выступать время погашения долгов перед бюджетом (критерий механизма 1), прибыль центра (критерий механизма 2), те или иные относительные социально-экономические показатели (отношение прибыли к сокращению времени погашения задолженности – см. критерий механизма 3, число работников предприятия, получающих при выходе из состояния банкротства адекватное минимальной потребительской корзине вознаграждение и т.д.). Пусть бинарная переменная  $x_i$  принимает единичное значение, если  $i$ -му предприятию предоставляются налоговые льготы, и равна нулю – если не предоставляются. Тогда задача центра заключается в определении набора проектов, предоставление льгот которым максимизирует эффект

$$L(x) = \sum_{i \in I} I_i x_i \tag{4.12}$$

при бюджетном ограничении (4.8), где  $Q = \{i \in I / x_i = 1\}$ .

Задача (4.12), (4.8) является задачей о ранце [14]. Для нее справедливо следующее утверждение.

**Теорема 4.1.** Механизм 4 обладает не меньшей эффективностью, чем соответствующий ему механизм 1, механизм 2 или механизм 3.

Справедливость теоремы 4.1 следует из того, что любому решению, получающемуся в механизмах 1-3,

соответствует некоторое множество  $Q$  (множество победителей конкурса), а в (4.12) максимизация ведется по всем возможным таким множествам, и при этом ограничение (4.8) одинаково для всех четырех механизмов. Рассмотрим элементарный числовой пример, иллюстрирующий свойства механизмов 1-4.

**Пример 4.1.** Пусть имеются 5 предприятий – претендентов на получение налоговых льгот, данные о которых приведены в табл. 4.1, ставка налога равна  $\gamma = 30\%$ , а время погашения льгот  $T = 4$ . У центра имеется ресурс  $R = 200$ . Сравнительная эффективность механизмов приведена в табл. 4.2 (в механизме 1 максимизировалась сумма разностей между  $T$  и  $T_i''$ ).

Таблица 4. 1  
ПАРАМЕТРЫ ПРЕДПРИЯТИЙ

№	$G_0$	$\pi_0$	$t_0$	$\Delta$	$T''$	$x_1$	$x_2$	$x_3$
1	100	40	2,50	39	3,15	0	0	0
2	200	70	2,86	78	3,35	0	1	1
3	150	80	1,88	59	2,80	1	0	0
4	400	180	2,22	156	3,00	1	1	1
5	70	30	2,33	27	3,06	1	0	0

Таблица 4. 2  
СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕХАНИЗМОВ 1-4

	Механизм 4	Улучшение, %
Механизм 1	3,15	16
Механизм 2	234	8
Механизм 3	276	0

Видно, что применение прямого конкурса дает выигрыш от 0 до 16 процентов значения критерия эффективности. •

Существенным преимуществом четвертого механизма является также то, что для него при использовании для решения задачи (4.12), (4.8) метода динамического программирования [14] может быть получена зависимость значения критерия эффективности от размера имеющегося у центра ресурса. Эта зависимость позволяет ставить и решать задачи определения оптимального (по тем или иным критериям) значения суммарных налоговых льгот.

Решая задачу оптимизации налоговых льгот по тем или иным критериям мы получили (см. для иллюстрации пример 4.1), что при различных критериях эффективности получаются различные решения – другими словами, различные механизмы рекомендуют предоставлять налоговые льготы различным наборам предприятий (проектов). Универсальных рецептов здесь нет – нельзя априори сказать какой из механизмов «лучше». Выходом является одновременное использование нескольких критериев с последующим согласованием в рамках распределенной системы принятия решений.

При рассмотрении механизмов льготного налогообложения до сих пор мы ограничивались ситуацией, в которой центр знал все параметры предприятий. На практике это, очевидно, не всегда так. Поэтому общим рассматриваемые модели на случай, когда определенные параметры неизвестны центру и сообщаются ему предприятиями. При этом возникает проблема манипулирования информацией со стороны предприятий, которые могут в общем случае сообщать недостоверную информацию, стремясь повлиять на принимаемые центром решения в собственных интересах.

Исследуем манипулируемость механизмов 1-4. Предположим, что такие параметры модели как: ставка налогообложения  $\gamma$ , начальные задолженности  $\{G_{oi}\}$  достоверно известны и центру, и АЭ. Зачастую неполностью наблюдаемой центром является размер удельной прибыли  $\pi_{oi}$  предприятия, поэтому предположим, что именно оценки  $\{s_{ij}\}$  этих величин предприятия сообщают центру, подавая заявки на участие в конкурсе на получение льгот по налогообложению.

Рассмотрим механизм 1. Из выражений (4.5) и (4.7) получаем, что время выхода из разряда должников перед бюджетом определяется для  $i$ -го предприятия следующим образом:

$$T_i'' = \frac{T' + (1 + \Psi) G_{oi} / \pi_{oi}}{2 + \Psi}, i \in I. \quad (4.13)$$

Отметим, что выражение (4.13) не зависит от ставки налогообложения. Известно [15], что игра АЭ в механизме типа механизма 1 характеризуется аукционным равновесием, то есть таким набором стратегий, что все АЭ – победители конкурса сообщают оценки прибыли, приводящие к одинаковым оценкам  $T_i''$ , сколь угодно мало отличающимся в меньшую сторону от первого (в упорядочении по оценкам  $T_i''$ ) АЭ, не попавшего в число победителей, характеризуемого временем  $T_1$ , вычисляемым ниже.

Предположим, что предприятия заинтересованы в первую очередь в предоставлении им льгот по налогообложению (как отмечалось выше, это – единственная возможность выхода из предбанкротного или банкротного состояния), а во вторую очередь (при попадании в число «льготников») – в занижении сообщаемой центру прибыли. Последняя тенденция может быть обусловлена тем, что платежи по кредиту не зависят от прибыли (см. выражение (4.7)), а отсрочка погашения задолженности увеличивает срок и величину свободных средств предприятия.

Из (4.13) следует, что победителями станут предприятия, имеющие минимальные значения  $T_{oi} = G_{oi} / \pi_{oi}$ , то есть справедлив следующий результат.

**Теорема 4.2.** В механизме (4.1) равновесные сообщения АЭ имеют вид:

$$s_i^* = G_{oi} (1 + \Psi) / (T_1 (2 + \Psi) - T), i \in Q, s_j^* = \pi_{oj}, j \in I \setminus Q, \quad (4.14)$$

где

$$Q = \{1, 2, \dots, k_1\};$$

$$T_1 = T_{k_1+1}'';$$

при упорядочении АЭ по возрастанию отношений  $G_{oi} / \pi_{oi}$  номер  $k_1$  определяется выражением (4.10),.

Содержательно теорема 4.2 означает, что, во-первых, победителями конкурса станут те предприятия, которые действительно характеризуются минимальными временами  $T_i''$  (то есть те предприятия, которые за минимальное время самостоятельно (из собственной прибыли) могут погасить внешнюю задолженность). Во-вторых, сумма выплат по процентам за предоставление отсрочки налоговых платежей будет такой же, как и в случае полной информированности (см. выражения (4.7), (4.10) и (4.14)). В-третьих, в силу (4.13) и (4.14), занижая прибыль, предприятие рискует не получить налоговых льгот, то есть механизм 1 делает невыгодным существенное занижение

прибыли. Тем не менее, манипулирование информацией со стороны победителей все равно имеет место: в силу (4.14) при одинаковых начальных задолженностях, чем большую прибыль имеет АЭ, тем меньше его номер и тем сильнее он искажает сообщаемую центру информацию. При этом, чем более однородны предприятия (в смысле  $T_{oi}$ ), тем меньше диапазон возможных искажений. И наоборот, чем более разнородны предприятия, тем больше возможности монополистов (опять же в смысле  $T_{oi}$ ) по искажению информации.

Отмеченный эффект манипулирования информацией со стороны победителей конкурса в отсутствии штрафов имеет место во всех конкурсных механизмах [19]. Для борьбы с этой тенденцией следует либо вводить штрафы (что в принципе возможно, так как решение о предоставлении льгот принимается на основе сообщений предприятий о будущей (планируемой ими) прибыли, а фактическая прибыль в большинстве случаев верифицируема на основании финансовой отчетности предприятий, следовательно, размер штрафа может основываться на разности между фактической и заявленной прибылью), либо использовать конкурсные механизмы в сочетании с теми или иными антимонопольными механизмами.

Известно [10, 19], что эффективным способом «борьбы» с монополистами является использование так называемых противозатратных механизмов. Основная идея противозатратности заключается в подборе таких зависимостей результатов процедуры принятия решений от параметров модели, чтобы АЭ было невыгодно завышать (или занижать – в зависимости от задачи) определенные показатели. В рассматриваемой модели монополизм проявляется в возможности занижения прибыли за счет резервов в разности  $T_1 - T_{oi}$ . Следовательно, необходимо принятие дополнительных мер, делающих это менее выгодным для победителей конкурса.

Одной из таких мер может быть использование гибкой зависимости ставки по кредиту или сроков его погашения от параметров АЭ. Напомним, что в соответствии с выражением (4.7) выплаты со стороны АЭ центру за предоставление отсрочки не зависели от прибыли АЭ, а определялись только размером первоначальной задолженности, и, следовательно, размером льгот при фиксированном сроке погашения задолженности. Поэтому одним из вариантов построения механизма, побуждающего сообщать достоверно (или минимально занижать) планируемую прибыль, является введение зависимости срока погашения или ставки от сообщаемой прибыли, то есть  $\Psi = \Psi(s)$  или  $T = T(s)$ . Альтернативой является организация двухэтапного конкурса, в котором на первом этапе отбираются победители в соответствии с механизмом 1, а на втором этапе среди них по критерию максимальной прибыли отбираются предприятия, получающие дополнительные льготы. Двухэтапный конкурс позволяет на втором этапе (в рамках которого может быть использована либо, опять же, конкурсная процедура, либо механизм распределения фиксированных льгот, либо организовано соревнование и т.д.) дифференцировать победителей (которые в силу (4.14) на первом этапе сообщают одинаковые заявки  $T_i''$ ) и тем самым повысить эффективность. В то же время, организация второго тура требует дополнительных ресурсов [19], поэтому в каждом конкретном случае требуется соот-



несение требующихся от центра затрат и получающегося при этом эффекта.

Рассмотрим кратко второй механизм, в котором центр стремится максимизировать суммарную прибыль, получаемую в результате предоставления льгот. Так как в соответствии с (4.7) эта прибыль пропорциональна начальной задолженности, наблюдаемой центром, и конкурсная процедура распределения льгот не зависит от прибыли, то манипулирования информацией в данном механизме не происходит. Если предположить, что задолженности предприятий неизвестны центру и сообщаются ими, то анализ механизма 2 можно провести по аналогии с анализом механизма 1, с тем лишь отличием, что АЭ не будут стремиться записать сообщаемый центру размер задолженности, так как при этом уменьшится и размер льгот, и (при фиксированной прибыли) срок действия льгот. В этом случае, наоборот, предприятиям выгодно сообщать завышенные оценки задолженности.

В третьем механизме в соответствии с (4.5) и (4.11) центр упорядочивает АЭ в порядке убывания следующих величин:

$$\Theta_i = \frac{\gamma(2 + \psi)G_{oi}}{T' - \frac{G_{oi}}{\pi_{oi}}}, i \in I. \quad (4.15)$$

Вычисляемая центром оценка (4.15) эффективности  $i$ -го предприятия монотонно возрастает по  $G_{oi}$  и монотонно убывает по  $\pi_{oi}$ . Равновесные сообщения АЭ в механизме 3 вычисляются по аналогии с тем, как это делается в теореме 4.1 для первого механизма. Недостатком механизма 3 (по сравнению с механизмом 1) является то, что победители конкурса не заинтересованы в повышении прибыли, даже ради победы в нем.

Механизм 4, который в соответствии с теоремой 4.1 обладает не меньшей эффективностью, чем механизмы 1-3, к сожалению, также подвержен манипулированию. В [19] доказано, что гарантированная эффективность прямых конкурсов (к классу которых относится механизм 4) равна 1/2. Так, например, в условиях примера 4.1, при применении механизма 4 в задаче минимизации суммарного времени (соответствующей механизму 1) первый АЭ может сообщить оценку своей прибыли равной 30, состав победителей при этом не изменится, а эффективность снизится с 3,64 до 3,16.

В отличие от «непрерывной» задачи (решение которой дается теоремой 4.2), в дискретной задаче, возникающей при использовании механизма 4, множество равновесных стратегий состоит более чем из одной точки – при одном и том же множестве победителей существует множество комбинаций их стратегий, отличающихся в общем случае от достоверных и являющихся равновесиями Нэша.

Для борьбы с искажением информации центр должен использовать более сложные механизмы, в частности – вынуждать АЭ принимать решения о сообщениях в условиях неопределенности относительно параметров механизма льготного налогообложения. Построим такую процедуру принятия решений.

Как отмечалось выше, решая задачу

$$\sum_{i \in I} x_i l_i \rightarrow \max_{\{x_i\}} \quad (4.16)$$

при ограничении

$$\gamma \sum_{i \in I} x_i G_{oi} \leq R, \quad (4.17)$$

методом динамического программирования [14], мы имеем возможность найти зависимость  $L(R)$  оптимального значения критерия эффективности (4.16) от ограничения  $R$ , фигурирующего в неравенстве (4.17). Знание этой зависимости позволяет центру предложить АЭ следующую процедуру принятия решений (**механизм 5** льготного налогообложения): сообщайте оценки  $s = (s_1, s_2, \dots, s_n)$  неизвестных мне параметров, которые я подставлю в задачу (4.16)-(4.17) и на основании которых вычислю зависимость  $L(R, s)$ . Далее я выберу оптимальную (критерий оптимальности не должен быть известен АЭ) величину  $R^*$  и предоставлю льготы тем АЭ, которые окажутся победителями (войдут в решение задачи (4.16)-(4.17)) при  $R = R^*$ .

**Теорема 4.3.** Если выполнена гипотеза благожелательности и АЭ используют гарантирующие (по множеству механизмов определения победителей центром) стратегии, то механизм 5 неманипулируем.

**Доказательство.** Обозначим  $Q(R, s) \subseteq I$  – множество победителей конкурса при ограничении  $R$  и сообщениях  $s$ . Отметим, что в общем случае это множество не определяется однозначно, так как различные множества АЭ могут обеспечивать одно и то же значение эффекта при одинаковых затратах. Поэтому будем считать, что дополнительно задано некоторое правило, определяющее в подобных ситуациях множество победителей однозначно.

Фиксируем произвольный номер  $i \in I$ . Пусть все АЭ, кроме  $i$ -го, сообщили достоверную информацию, то есть обстановка  $s_{-i}$  игры для него фиксирована. При фиксированном  $s$  зависимость  $L(R, s)$  является неубывающей кусочно-постоянной непрерывной справа функцией  $R$ .

Из свойств решения задачи о ранце следует, что при фиксированной обстановке для любого сообщения  $i$ -го АЭ  $s_i$  существуют такие значения  $R_-$  и  $R_+$ , что  $i \in Q(R_+, s_{-i}, s_i)$  и  $i \notin Q(R_-, s_{-i}, s_i)$ .

Другими словами, при фиксированной обстановке для любого сообщения АЭ существуют ограничения  $R$ , при которых он как попадает в число победителей, так и не попадает. Следовательно, в силу гипотезы благожелательности  $i$ -му АЭ выгодно сообщение достоверной информации. •

Результат теоремы 4.3 не может рассматриваться как обнадеживающий (в смысле гарантии сообщения АЭ достоверной информации), так как он лишь констатирует, что неопределенность для АЭ настолько велика, что они предпочитают говорить правду, так как всегда найдется механизм, в котором при сообщении достоверной информации АЭ не попадет в число победителей.

Исследовав манипулируемость механизмов льготного налогообложения, обсудим более подробно некоторые возможные процедуры согласования критериев выделения победителей конкурса.

**Распределенные системы принятия решений о льготном налогообложении.** Как показано в предыдущем разделе, механизмы 1-3 используют различные критерии принятия решений (стратегии поведения центра) о предоставлении льгот. Условно можно считать, что механизм 1 предписывает в первую очередь предоставлять льготы высокоприбыльным предприятиям, имеющим большую задолженность, механизм 2

– предприятиям, имеющим большую задолженность независимо от их прибыльности (подразумевается – см. выше, что рассматриваются только те предприятия, которые в срок  $T$  в принципе могут погасить задолженность и расплатиться с центром), механизм 3 – низкорентабельным предприятиям, имеющим большую задолженность (что может иметь место для градообразующих предприятий, объектов социальной сферы и др., кроме того, упорядочивая предприятия по величинам, обратным (4.15), получим, что приоритет будут иметь высокорентабельные предприятия с маленькой задолженностью и т.д.).

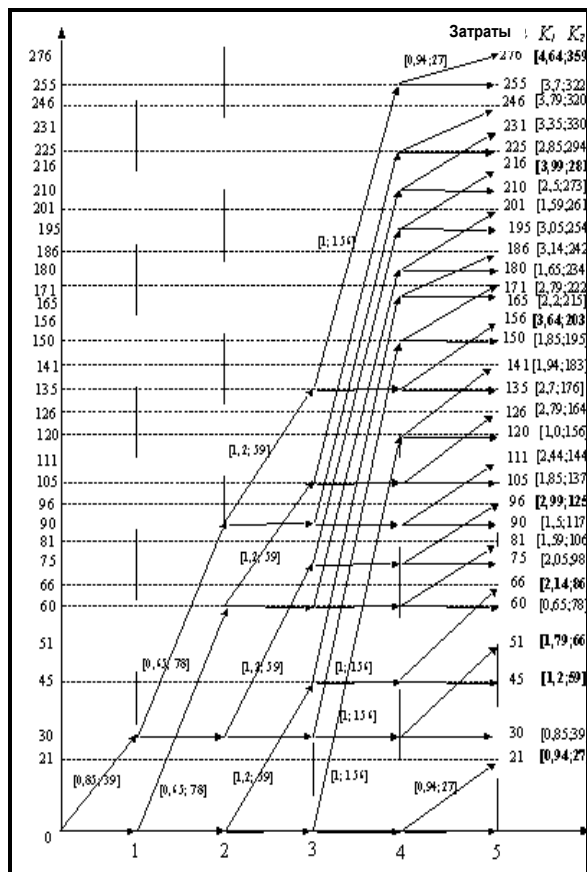


Рис. 4.5. Метод динамического программирования

Использование одновременно нескольких критериев, характерное для распределенных систем принятия решений (РСПр), с одной стороны, чрезвычайно привлекательно, так как позволяет центру произвести комплексную оценку деятельности предприятий. С другой стороны, использование нескольких критериев порождает определенные трудности и требует разработки адекватных моделей и методов принятия решений.

Один из возможных механизмов связан с генерацией альтернатив путем решения многокритериальной задачи о ранце и анализе этих альтернатив. Рассмотрим его более подробно.

Предположим, что имеется набор предприятий – претендентов на получение налоговых льгот. Для этого набора решается семейство задач типа (4.16)-(4.17) с различными критериями (метод решения подробно описывается ниже), после чего производится оконча-

тельный выбор победителей на основе анализа множественных оценок.

Рассмотрим метод решения поставленной задачи. Без потери общности ограничимся данными примера 4.1.

**Пример 4.2.** Пусть имеются пять предприятий, данные о которых приведены в табл. 4.1. Предположим, что центр руководствуется одновременно двумя критериями – сроком  $t_i$  выхода предприятия из состояния должника (определяемым как разность между  $T = 4$  и  $T_i''$ ) и прибылью  $\Delta_i$  (точнее доходом  $\gamma G_{0i}(1 + \Psi)$ , включая плановые налоговые платежи), которую получает центр, предоставляя льготы данному предприятию. Как отмечалось выше, решения этих задач различны (независимо от того, применяются ли механизмы 1 и механизм 2, или механизмы 4 с различными показателями эффекта).

Реализуем метод динамического программирования в соответствии со следующим алгоритмом.

Построим сеть, приведенную на рис. 4.5: из точки (0; 0) отложим две дуги, соответствующие включению или неключению первого предприятия в число победителей. Горизонтальная дуга имеет нулевой вес, ордината наклонной дуги соответствует «затратам» центра  $\gamma G_{01}$ . Наклонной дуге поставим в соответствие два числа – значения аддитивных критериев

$$[T_1 - T_1''; \gamma G_{01}(1 + \Psi)],$$

изображенных на рис. 4.5 у дуги в квадратных скобках через точку с запятой. Далее, продолжая аналогично для второго, третьего, четвертого и пятого предприятий, получим в общем случае  $2^5 = 32$  варианта.

Если в некоторой точке пересекаются два пути (в рассматриваемом примере такая ситуация не встречалась), то есть два набора проектов характеризуются одинаковыми затратами (что, как правило, делает метод динамического программирования более эффективным, чем простой полный перебор), то, если один набор Парето-доминирует другой по критериальным оценкам, то следует оставить доминирующие оценки, если же доминирования нет, то следует в дальнейшем (добавляя новые проекты) рассматривать обе комбинации оценок.

Для каждого из окончательных вариантов рассчитываем затраты (первый столбец правой колонки на рис. 4.5), а также методом кратчайшего пути [14] – значения критериев (второй столбец, содержащий пары чисел в квадратных скобках).

Достоинством описанного метода является то, что при добавлении новых претендентов на получение налоговых льгот или исключении части имеющихся нет необходимости пересчитывать заново все варианты.

В результате в рассматриваемом примере получаем 32 варианта назначения победителей, каждый из которых описывается тремя числами – значениями двух критериев –  $K_1$  и  $K_2$  – и минимально необходимыми для достижения этих значений затратами.

Далее возникает задача многокритериальной оптимизации (принятия решений при многих критериях), для решения которой существует множество детально проработанных методов. Рассмотрим ряд методов, отражающих специфику решаемой задачи.

Число вариантов быстро растет с ростом числа претендентов<sup>6</sup> (как два в степени  $n$ , где  $n$  – число претендентов). Понятно, что даже при не очень большом числе претендентов содержательный анализ всех вариантов затруднителен, особенно в случае многих критериев, поэтому необходима разработка процедур сокращения числа (предварительного отбора) анализируемых вариантов. Одной из таких процедур является используемая в приведенном выше алгоритме процедура отсева неэффективных вариантов в процессе построения сети, соответствующей методу динамического программирования.

Отметим, что при движении снизу вверх (см. правый столбец данных на рис. 4.5) затраты монотонно возрастают, а значения критериев в общем случае в силу дискретности задачи изменяются немонотонно (монотонность оценок по критерию  $K_2$  обусловлена тем, что он в рассматриваемом примере является линейным преобразованием затрат). При наличии одного критерия варианты (альтернативы – множества победителей конкурса), на которых нарушается монотонность, исключаются из рассмотрения [11].

В случае наличия нескольких критериев действовать так прямолинейно нельзя – следует исключать варианты, которые Парето-доминируются другими вариантами (назовем это правило «правилом № 1») по критериям  $K_1$ ,  $K_2$  и соответствующим затратам. Применяя правило № 1 можно сократить число вариантов. Однако это сокращение происходит не всегда – в рассматриваемом примере оптимальны по Парето все 32 варианта. Поэтому другое правило (назовем его «правилом № 2») – оставлять только те варианты, для которых увеличение затрат приводит к одновременному увеличению оценок по всем критериям.

Совместное применение правил № 1 и № 2, а также некоторые другие процедуры, обсуждаются в примере 4.3 ниже.

Применение правила №2 в рассматриваемом примере позволяет сократить число анализируемых вариантов до семи вариантов, выделенных на рис. 4.5 жирным шрифтом. Оценки затрат и значений критериев по этим вариантам приведены в табл. 4.3.

Таблица 4.3

**ВАРИАНТЫ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ ЛЬГОТ**

Затраты	$K_1$	$K_2$
21	0,94	27,00
45	1,20	59,00
51	1,79	66,00
66	2,14	86,00
96	2,99	125,00
156	3,64	203,00
216	3,99	281,00
276	4,64	359,00

Сократив число вариантов, мы можем применять те или иные процедуры выбора окончательного множества победителей конкурса на предоставление налоговых льгот.

Для этого в случае двух критериев удобно использовать следующий прием: нанесем на плоскости ( $K_1$ ;  $K_2$ ) точки, соответствующие отобраным вариантам и поставим около каждой точки соответствующие затраты (диаграмма, отражающая данные табл. 4.3, приведена

<sup>6</sup> Следует отметить, что сложность процедуры генерации вариантов практически не зависит от числа критериев, по которым оцениваются альтернативы.

на рис. 4.6). Примером использования такого подхода (в случае, когда критериями являются эффект и риск) являются так называемые РЭСТ-диаграммы (Риск-Эффективность-Стоимость) [11].

Полученная диаграмма может служить основой для обсуждения и согласования окончательных вариантов (многочисленные процедуры согласования описаны в [11]; см. также ниже), в том числе, в ситуации, когда центр представляет собой распределенную систему, участники которой обладают различными интересами (различными приоритетами критериев и др.) [29].

Информация, содержащаяся на рис. 4.5-4.6, позволяет ставить и решать ряд практически важных задач: определения минимального уровня затрат, обеспечивающего заданное значение оценок по тем или иным критериям, принятия решений о целесообразности взятия кредита для финансирования победителей конкурса и т.д.

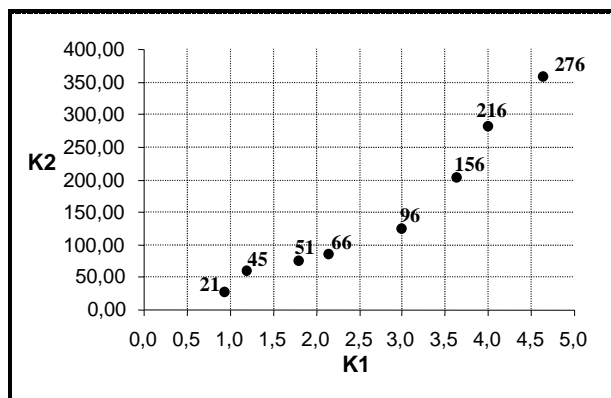


Рис. 4.6. Варианты предоставления льгот

Завершив рассмотрение проблем согласования решений в распределенных системах и методов решения этих проблем для механизмов льготного кредитования, вспомним, что мы рассматривали набор предприятий, имеющих задолженность и обладающих способностью, не изменяя существенно свою структуру, технологию производства и пр., со временем самостоятельно погасить задолженность и расплатиться с центром за предоставленные налоговые льготы. Однако для российской действительности, наряду с рассмотренной, типична ситуация, в которой предприятия, помимо большой бюджетной и внебюджетной задолженности, характеризуются убыточностью, то есть неспособностью погашения задолженности, что приводит к росту последней с течением времени. В этом случае необходима реализация проектов реформирования и реструктуризации (ПРР), которые превратили бы предприятие в прибыльное – см. модель выше. Поэтому перейдем к рассмотрению моделей ПРР в контексте задач анализа и синтеза механизмов льготного налогообложения.

**Проекты реформирования и реструктуризации.** Реализация на предприятии проекта его реформирования и/или реструктуризации требует определенных затрат (которые могут рассматриваться как некоторая задолженность) и после определенного времени дает соответствующий эффект. Поэтому все результаты, полученные выше для механизмов льготного налогообложения в отсутствие ПРР, легко переносятся на случай, когда льготы предоставляются под реализа-

цию ПРР. Для расширения многообразия вариантов мы рассмотрим другую модель (связанную с первой), для которой проанализируем механизмы принятия решений о поддержке проектов реформирования и реструктуризации.

Детализируем описанную выше модель проекта реформирования и реструктуризации (ПРР) одного предприятия, который может заключаться в смене технологии (изменение номенклатуры, техническое перевооружение, позволяющее снизить постоянные издержки до величины  $c$ , переменные издержки – до величины  $\alpha$ , увеличить максимальный объем производства до величины  $y^{max}$ , повысить качество, а следовательно, и цену реализации до величины  $\lambda$ , и т.д.) – см. рис. 4.1. Предположим, что реализация ПРР требует затрат (первоначальных вложений) в размере  $G$ .

Если после реализации ПРР оказывается, что выполнено  $y^{min} \leq y^{max}$ , то оптимальным является максимальный объем производства, который обеспечит следующее значение валовой прибыли в единицу времени:  $\pi = (\lambda - \alpha) y^{max} - c$ . Если ставка налога с прибыли равна  $\gamma$ , то чистая прибыль в единицу времени равна

$$\pi_\gamma = (1 - \gamma) \pi = (1 - \gamma) [(\lambda - \alpha) y^{max} - c].$$

Оставим в силе предположение о том, что предприятие имеет задолженность  $G_0$ , тогда срок  $T_\gamma$  выхода из состояния банкротства (то есть срок, за который накопленная чистая прибыль превысит сумму задолженности и стоимости ПРР) можно определить как (см. рис. 4.7, на котором динамика финансовых показателей при отсутствии ПРР изображена пунктирными линиями, в присутствии ПРР – сплошными линиями):

$$T_\gamma = (G + G_0) / \pi_\gamma. \tag{4.18}$$

Целесообразность с точки зрения как АЭ, так и центра, реализации ПРР может оцениваться по сокращению времени выхода предприятия из предбанкротного или банкротного состояния, то есть по сокращению времени погашения задолженности. Поэтому будем рассматривать условие  $T_\gamma \leq T_{0\gamma}$  как критерий эффективности ПРР. Подставляя (4.2) и (4.18), получаем:

$$\pi / \pi_0 \geq 1 + G / G_0. \tag{4.19}$$

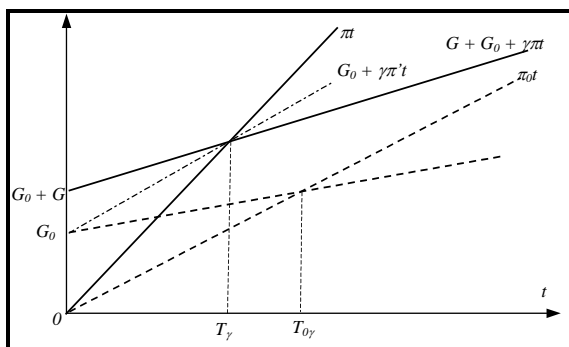


Рис. 4.7. Динамика финансовых показателей после ПРР

Единовременные затраты на ПРР в размере  $G$  могут рассматриваться как погашаемый в течении  $T_\gamma$  кредит – см. штрих-пунктирную линию на рис. 4.7, наклон которой  $\gamma \pi$  определяется следующим образом:

$$\pi = \pi + G / T_\gamma, \tag{4.20}$$

поэтому величина  $\xi = G / T_\gamma$  может интерпретироваться как эквивалентная ставка кредита (доля прибыли, которая идет на погашение кредита):

$$\xi = \frac{(1 - \gamma)G\pi}{\gamma(G + G_0)}, \tag{4.21}$$

которая монотонно возрастает с ростом прибыли и затрат на ПРР. Также может быть рассчитана эффективность  $\Xi$ , определяемая центром как отношение прироста налоговых платежей к затратам на ПРР:

$$\Xi = \gamma(\pi - \pi_0) / G.$$

Таким образом, ПРР характеризуется затратами  $G$  и приростом платежей в бюджет  $\gamma(\pi - \pi_0)$ , а также такими производными величинами как:  $T_\gamma$ ,  $\xi$  и  $\Xi$ .

Описав модель ПРР для одного предприятия рассмотрим механизмы принятия решений центром по поддержке независимых проектов реформирования и реструктуризации, реализуемых группой предприятий.

**Механизмы поддержки ПРР.** Аналогом механизмов 1-3 (простых конкурсов) в рассматриваемой модели принятия решений о поддержке ПРР является следующая процедура: центр упорядочивает АЭ в порядке убывания или возрастания некоторого критерия (например, времени погашения кредита, налоговых поступлений в бюджет за плановый период, эффективности и т.д.), а затем выдает АЭ кредиты на реализацию ПРР, начиная с первого, до тех пор, пока не закончится весь ресурс. Как отмечалось выше, простые конкурсы могут рассматриваться как приближенные (упрощенные) методы получения точного решения задач о ранце, соответствующих прямым конкурсам. Однако, организация и проведение параллельно нескольких конкурсов (по различным критериям) нецелесообразна и неэффективна в силу необходимости дробления средств (см. теоремы выше и в относительно декомпозиции оптимизационных задач в многоуровневых системах) – проще реализовать многокритериальный прямой конкурс. Рассмотрим возможную процедуру согласования интересов, отражаемых различными критериями (носителями интересов могут быть различные центры).

Предположим, что ПРР оцениваются по двум критериям: экономическому эффекту от их реализации (измеряемому, например, приростом платежей в бюджет – см. выше) и экологическому эффекту – воздействию на окружающую среду (измеряемому, например, ростом загрязнений). Понятно, что, если критерии монотонно связаны, то задача является, по сути, однокритериальной и согласования интересов не требуется. Проблема возникает, если улучшение значения по одному критерию приводит к ухудшению по другому критерию.

Предлагается следующая процедура сокращения числа вариантов: сначала отбираются варианты, удовлетворяющие существующим ограничениям, затем среди них оставляются недоминируемые, и, наконец, производится согласование критериев (интересов центров), позволяющее оставить один вариант или небольшое их число (в последнем случае окончательное решение должно приниматься руководством более высокого звена, чем центры, или в соответствии с заранее утвержденной процедурой). Опишем перечисленные этапы процедуры сокращения числа вариантов более подробно.

Пусть априори заданы ограничения:  $R$  – на суммарные затраты, и  $\{R_i\}$  – на минимальные значения оценок по критериям (для простоты будем считать, что предпочтения центров отражены стремлением именно к увеличению оценок по всем критериям). Тогда вариант (некоторая совокупность ПРР) будет допустимым, если он будет характеризоваться суммарными затратами, не превышающими  $R$ , и оценками по всем критериям, не меньшими соответствующих минимальных значений  $\{R_i\}$ .

Для генерации множества допустимых вариантов можно использовать процедуру построения сети, аналогичную использованной во втором примере в сочетании с методом ветвей и границ, в котором ветвлению «дерева» вариантов соответствует добавление или удаление одного из ПРР из множества реализуемых, а критериями отсекаания ветвей – либо превышение затратами максимально возможных, либо снижение оценок хотя бы по одному из критериев до минимально допустимой (интересно отметить, что, если корню дерева соответствует пустое множество, то, скорее всего, сначала варианты будут отсеиваться из-за низких критериальных оценок, а затем из-за нехватки средств, а, если корню дерева соответствует реализация всех ПРР, то, скорее всего, сначала варианты будут отсеиваться из-за нехватки средств, а затем – из-за низких критериальных оценок).

Применяя к допустимым вариантам правило № 1, получим множество недоминируемых вариантов. Применяя затем правило № 2, получим последовательность допустимых недоминируемых вариантов, характеризующую неубыванием критериальных оценок при росте затрат.

Сократив множество анализируемых вариантов, то есть приняв во внимание и ограничения, и Парето-эффективность, в случае, если это множество содержит более одного варианта, необходимо использование дополнительных процедур многокритериального выбора, быть может, с использованием согласования интересов – см. ниже.

Рассмотрим иллюстративный числовой пример.

**Пример 4.3.** Предположим, что имеются четыре проекта, данные о которых приведены в табл. 4.4.

Таблица 4.4  
ДАННЫЕ О ПРР В ПРИМЕРЕ 4.3

Номер проекта	1	2	3	4
Затраты	10	20	15	25
Экономический эффект, $K_1$	4	5	6	7
Экологический эффект, $K_2$	8	5	9	4

Оценки вариантов по критериям  $K_1$  и  $K_2$  представлены на рис. 4.8. Жирными точками отмечены варианты, выделяемые правилом № 2, доминируемые варианты зачеркнуты.

Варианты поддержки ПРР и значения затрат и критериев приведены в табл. 4.5 («1» соответствует поддержке данного ПРР в варианте, соответствующем строке табл. 4.5, «0» – отсутствию поддержки). Оценки вариантов (2, 6, 12, 16), получающихся в результате применения правила № 2 (см. выше), выделены жирным шрифтом. Доминируемые варианты, то есть исключаемые в соответствии с правилом № 1, выделены курсивом (2, 4, 7, 8, 13). Отметим, что второй вариант, выделяемый правилом № 2, является доминируемым, то есть неэффективным.

В случае, когда число недоминируемых вариантов велико (в рассматриваемом примере их 12), целесообразно вводить дополнительные приоритеты критериев и вычислять агрегированные оценки.

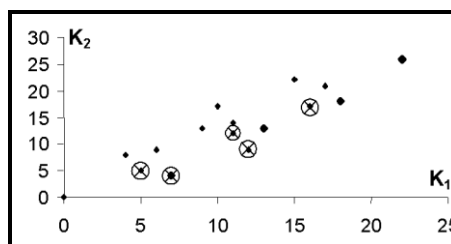


Рис. 4.8. Оценки вариантов в примере 4.3

Таблица 4.5  
ВАРИАНТЫ ПОДДЕРЖКИ ПРР В ПРИМЕРЕ 4.3

№	1	2	3	4	Затраты	$K_1$	$K_2$	$K$
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	1	25	7	4	12
3	0	0	1	0	15	6	9	17,25
4	0	1	0	0	20	5	5	11,25
5	1	0	0	0	10	4	8	14,00
6	0	0	1	1	40	13	13	29,25
7	0	1	0	1	45	12	9	23,25
8	1	0	0	1	35	11	12	26,00
9	0	1	1	0	35	11	14	28,50
10	1	0	1	0	25	10	17	31,25
11	1	1	0	0	30	9	13	25,25
12	0	1	1	1	60	18	18	40,50
13	1	1	0	1	55	16	17	37,25
14	1	0	1	1	50	17	21	43,25
15	1	1	1	0	45	15	22	42,50
16	1	1	1	1	70	22	26	54,50

Например, если рассчитать агрегированный критерий  $K = K_1 + 5/4 K_2$ , отражающий незначительный приоритет второго критерия над первым, то получим всего шесть недоминируемых с точки зрения затрат и критерия  $K$  вариантов, представленных на рис. 4.9.

Если присутствуют дополнительные ограничения на затраты и критериальные оценки, то множество допустимых вариантов сужается: если  $R = 50$ ,  $R_1 = R_2 = 10$ , то допустимыми и недоминируемыми являются варианты (6, 9, 10, 14), среди которых наилучшим по критерию  $K$  является вариант № 14. Если использовать при принятии окончательных решений другие дополнительные критерии, то окончательный выбор может существенно измениться. Например, пусть выбирается вариант, характеризующийся максимальным эффектом (в смысле значения критерия  $K$ ) на единицу вложенных средств. Тогда будет выбран вариант № 10. •

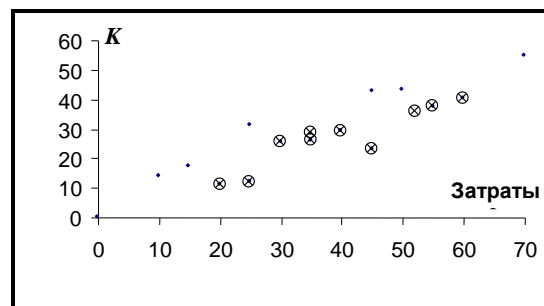


Рис. 4.9. Оценки и затраты вариантов

Даже рассмотренный модельный пример показывает, что в решаемой дискретной многокритериальной задаче окончательное решение чрезвычайно чувствительно (то есть неустойчиво) к выбору системы приоритетов, определяющей процедуру многокритериального выбора. Конечно, возможно использование всего арсенала моделей и методов принятия решений, разработанных с теоретической точки зрения в многокритериальной оптимизации. Однако, наряду с этим вспомним, что мы имеем дело с активной системой, в которой за оценками по тем или иным критериям на практике стоят вполне конкретные руководители (центры), и именно их предпочтения должны быть отражены процедурой окончательного выбора варианта поддержки набора ПРР. Поэтому рассмотрим процедуры согласования интересов центров.

**Процедуры согласования интересов центров.** Как отмечалось выше, в распределенных системах принятия решений о поддержке ПРР необходимо согласование интересов центров, отстаивающих (то есть заинтересованных и имеющих возможность влиять на окончательное решение) увеличение оценок по определенным критериям. Опишем возможную процедуру согласования, получающуюся в результате решения задачи мотивационного управления.

Рассмотрим систему, состоящую из  $n$  центров, оценивающих  $m$  вариантов поддержки ПРР. Пусть полезность  $i$ -го центра от реализации варианта  $j$  равна  $h_{ij}$ ,  $i = \overline{1, n}$ ,  $j = \overline{1, m}$ . Фиксируем два варианта  $j$  и  $k$  и определим «выигрыш»  $i$ -го центра от «перехода» от реализации варианта  $j$  к варианту  $k$ :

$$\Delta_i(j, k) = h_{ij} - h_{ik}, \quad i \in I = \{1, 2, \dots, n\}, \quad (4.22)$$

и суммарный выигрыш всех центров от этого перехода:

$$\Delta(j, k) = H_0(j) - H_0(k), \quad (4.23)$$

где

$$H_0(j) = \sum_{i=1}^n h_{ij}.$$

Содержательно, функция  $H_0(y)$  может интерпретироваться как утилитарная целевая функция «системы» из  $n$  центров. Функция  $H_0(y)$  согласована с отношением доминирования по Парето в следующем смысле: если вариант  $j$  Парето-доминирует (по полезностям центров, а не критериальным оценкам!) вариант  $k$ , то  $H_0(j) \geq H_0(k)$  (обратное, вообще говоря, не верно).

Введем в рассматриваемой модели управление (процедуру согласования интересов центров), то есть добавим один управляющий орган – метациентр.

Мотивационному управлению соответствует введение системы стимулирования  $\{\sigma_{ij}\}$ , с учетом которой целевая функция  $i$ -го центра примет вид:

$$f_i(j) = h_{ij} - \sigma_{ij}, \quad i \in I. \quad (4.24)$$

Взаимодействие центров оказывается зависящим от матрицы  $\sigma = \|\sigma_{ij}\|$ . Предположим, что в рассматриваемой задаче мотивационного управления фигурирует бюджетное ограничение  $C$  на суммарное стимулирование.

Сначала исследуем согласование интересов центров в отсутствии бюджетного ограничения ( $C = +\infty$ ). Фиксируем два произвольных варианта  $j$  и  $k$ . В соответствии с результатами, полученными в [37], использование метациентром системы стимулирования

$$\sigma_i(\cdot) = \begin{cases} \Delta_i(j, k) - \delta_i, & i = k \\ \sigma_i^H, & i \neq k \end{cases}, \quad (4.25)$$

где запись « $i = k$ » обозначает поддержку  $i$ -ым центром  $k$ -го варианта  $\sigma_i^H = \max_j h_{ij}$  – стратегия наказа-

ния центра за отклонение  $k$ -го варианта,  $\delta_i > 0$  – сколь угодно малая строго положительная константа, побуждает всех центров единогласно поддержать вариант  $k$ .

В выражении (4.25) первый режим соответствует трансферту полезностей, а второй режим – наказанию за индивидуальные отклонения.

Перейдем к анализу балансового (бюджетного) ограничения. Если трансферты полезности соответствуют внутреннему, то есть замкнутому относительно множества центров, стимулированию, то сумма трансфертов должна быть неположительна (с точностью до сколь угодно малой строго положительной константы

$\delta = \sum_{i=1}^n \delta_i$ ). Если метациентр имеет возможность привлечь внешние или использовать собственные средства в размере  $C \geq 0$ , то балансовое ограничение (так называемое условие внутренней сбалансированности) примет вид:

$$\sum_{i=1}^n \sigma_i(j, k) = \Delta(j, k) = H_0(j) - H_0(k) \geq -C. \quad (4.26)$$

Таким образом, с одной стороны, в рамках замкнутого набора центров (при  $C = 0$ ) (4.26) – условие неотрицательности баланса трансфертов, а с другой стороны, как отмечалось выше, это – достаточное условие (с учетом (4.24)-(4.25)) Парето доминирования вариантом  $k$  варианта  $j$ .

Проанализируем роль бюджетного ограничения. Для этого фиксируем произвольный вариант  $k_0$  и определим множество тех вариантов, которые могут быть поддержаны центрами (с учетом сбалансированного мотивационного управления со стороны метациентра) в качестве альтернативы варианту  $k_0$ :

$$P(k_0, C) = \{j \mid \Delta(k_0, j) \leq C\}. \quad (4.27)$$

Понятно, что множество  $P(C)$  вариантов, которые могут быть поддержаны (как альтернативы любым другим вариантам), есть

$$P(C) = \bigcap_{k_0} P(k_0, C) = \{j \mid H_0(j) \geq \max_{k_0} H_0(k_0) - C\}. \quad (4.28)$$

Легко показать, что при использовании метациентром системы стимулирования (4.24), любая точка множества (4.28) оптимальна по Парето.

Таким образом, справедлив следующий результат.

**Теорема 4.4.** При заданном бюджетном ограничении  $C$  любой вариант из множества (4.28) может быть реализован системой стимулирования (4.25).

Рассмотрим вопрос о целесообразности привлечения метациентром внешних средств. Пусть метациентру достоверно известно, что в отсутствии управления центры выбирают вариант  $k_0$ . Тогда  $[\Delta(k_0, k) - C]$  – косвенный доход метациентра от побуждения центров к выбору варианта  $k \in P(k_0, C)$ . Если  $H(k)$  – «собственный» доход (или затраты в случае отрицательного знака) метациентра от реализации соответствующего варианта, то оптимальная величина привлеченных средств может быть найдена из решения следующей оптимизационной задачи:

$$K(C) = \max_{i \in P(C, k_0)} [H(i) +$$

$$+ \Delta(k_0, i) - \delta] - C \rightarrow \max_{c \geq 0} . \quad (4. 29)$$

Величина

$$\gamma(C) = \max_{i \in P(C, k_0)} [H(i) + \Delta(k_0, i) - \delta] / C \quad (4. 30)$$

может рассматриваться как способность системы «усиливать» привлекаемые средства, причем первое слагаемое отвечает за вклад метацентра, а второе – за вклад центров («налоговые» интерпретации мотивационного управления приведены в).

Описанная процедура позволяет определять степень рассогласованности интересов центров и охватывает метод линейной свертки критериальных оценок (см. пример 4.3) как частный случай. Действительно, если полезность каждого центра линейна по соответствующей критериальной оценке, то  $H(\cdot)$  представляет собой именно линейную свертку критериальных оценок (в рамках примера 4.3 выбрано  $h_{1j} = k_{1j}$ ,  $h_{2j} = 5/4 k_{2j}$ , где  $k_{ij}$  – оценка  $j$ -го варианта по  $i$ -му критерию). В более общем случае, когда полезности центров несепабельны (каждый из них заинтересован в той или иной степени в приросте оценок по всем критериям), описанная процедура также включает линейные свертки как частный случай.

#### 4.2. Механизмы самофинансирования

В условиях отсутствия оборотных средств, характерных для современного состояния российской экономики, предприятия не имеют возможности финансировать самостоятельно работы по реформированию и/или реструктуризации (каждый проект реформирования – работа в рамках рассматриваемой модели – требует для начала своего осуществления первоначальных вложений, и приносит через определенное время некоторый доход). Возможность использования предприятиями заемных средств во многих случаях не может быть реализована в силу наличия у них задолженности и отсутствия обеспечения кредита. Поэтому администрация региона может финансировать проекты реформирования или (что более реально в современных условиях и поэтому в основном будет учитываться в модели) выступать в качестве гаранта возврата кредита.

Рассмотрим следующую модель *активной системы* (АС), состоящей из управляющего органа – центра – и  $n$  управляемых субъектов – *активных элементов* (АЭ). Каждый АЭ может осуществить некоторое мероприятие (выполнить работу в терминах управления проектами), характеризуемое кортежем  $(c_i, d_i, \tau_i)$ , где  $c_i$  – затраты, необходимые для начала осуществления  $i$ -й работы,  $d_i$  – доход, получаемый после ее завершения,  $\tau_i$  – ее продолжительность,  $i \in I = \{1, 2, \dots, n\}$  – множество АЭ.

Предположим, что работы независимы, то есть отсутствует технологическая взаимосвязь, определяющая, в том числе возможную последовательность их реализации. Так как доход, полученный от завершившихся работ, может быть использован для финансирования новых работ, возникает задача определения оптимальной с той или иной точки зрения последовательности их выполнения. Механизмы финансирования, в которых учитывается возможность вложения уже полученных средств для начала новых работ, в [19] получили название *механизмов самофинансирования*. В упомянутой работе рассматривалась задача

определения последовательности выполнения работ, минимизирующей максимальную величину однократно привлекаемых внешних средств. Было доказано, что решением этой задачи (а также одновременно решением задачи минимизации суммарных привлекаемых средств) является следующая последовательность выполнения работ: сначала выполнять прибыльные работы (то есть те, для которых  $d_i \geq c_i$ ) в порядке возрастания затрат, а затем убыточные работы (то есть те, для которых  $d_i < c_i$ ) в порядке убывания доходов. Эти результаты могут быть непосредственно использованы для решения задач в описываемой модели в случае, когда центр финансирует выполнение работ самостоятельно. Поэтому рассмотрим более подробно неисследованный на сегодняшний день случай, когда центр выступает в качестве гаранта возврата кредита активными элементами и обладает правом определения плана выполнения работ. Продолжим детализацию модели.

Обозначим  $\alpha_0$  – процентная ставка банка (в единицу времени), по которой возможно привлечение заемных средств. Для простоты будем считать, что обеспечением кредита является его размер.

Величина  $\alpha_i^0 = (d_i - c_i) / c_i$  характеризует рентабельность  $i$ -ой работы, а величина  $\alpha_i = (d_i - (1 + \alpha_0 \tau_i)c_i) / c_i = \alpha_i^0 - \alpha_0 \tau_i$  – ее приведенную рентабельность<sup>7</sup> (приведенная рентабельность может рассчитываться и другими способами [19]).

Интересы центра учтем следующим образом. Предположим, что АЭ выплачивают центру налог с прибыли:  $p_i = \beta \alpha_i c_i$ , где  $\beta$  – единая ставка этого налога. В то же время, в соответствии с введенными выше предположениями центр обязан на время реализации  $i$ -й работы зарезервировать средства в размере  $c_i$ ,  $i \in I$ .

Если ограничения отсутствуют и время получения налоговых платежей не имеет для центра значения (идеализированный случай), то целесообразно обеспечение всех прибыльных (в смысле приведенной рентабельности) работ, то есть работ из множества  $Q_0 = \{i \in I \mid \alpha_i > 0\}$ , что потребовало бы «замораживания» средств в размере  $C^0 = \sum_{i \in Q_0} c_i$ . Однако, существуют

несколько критериев, учитываемых центром при принятии решений. Приоритет тех или иных критериев перед другими порождает семейство задач управления, рассматриваемых ниже. Каждому плану выполнения работ соответствует некоторый график гарантийных обязательств центра, которые в дальнейшем будем называть резервами, и график налоговых платежей. Если  $t_i$  – момент начала выполнения  $i$ -й работы, то финансовый баланс центра (во времени) можно записать в следующем виде (отличие от механизмов самофинансирования, рассмотренных в [14, 19], заключается в том, что затраты не накапливаются):

$$f(t) = \beta \sum_{i \in Q_0} \alpha_i c_i I(t \geq t_i + \tau_i) -$$

<sup>7</sup> Будем считать, что все затраты и доходы приведены к текущему моменту времени, то есть моменту принятия решений о последовательности реализации набора работ, что позволяет не рассматривать дисконтирование (данное предположение имеет место либо для краткосрочных проектов, либо при учете инфляции в ставке кредита).

$$- \sum_{i \in Q_0} c_i I(t \in [t_i; t_i + \tau_i]), t \geq 0. \quad (4.31)$$

Время завершения работ определяется временами  $\{t_i\}$  как

$$T = \max_{i \in Q_0} \{t_i + \tau_i\}. \quad (4.32)$$

Понятно, что всегда выполняется условие

$$\max_{i \in Q_0} \tau_i \leq T \leq \sum_{i \in Q_0} \tau_i, \quad (4.33)$$

то есть время завершения проекта (комплекса работ) не может быть меньше максимальной из продолжительностей работ (при одновременном параллельном их выполнении) и не может их превышать суммы времен выполнения работ (при последовательном их выполнении и отсутствии перерывов).

Максимальная величина резерва центра  $C_0$  определяется временами  $\{t_i\}$  как

$$C_0 = \min \{C \geq 0 \mid \forall t \geq 0 f(t) \geq -C\}. \quad (4.34)$$

Зависимость резерва центра от времени имеет вид

$$c(t) = \min \{0; f(t)\}, \quad (4.35)$$

поэтому  $C_0$  можно также определить как  $C_0 = \max_{t \geq 0} c(t)$ . Эскиз возможных графиков финансово-го баланса и резерва центра приведен на рис. 4.10.

Цель центра заключается в том, чтобы выполнить прибыльные работы с минимальными резервами за минимальное время. Однако, цели минимизации резервов и минимизации времени вступают в противоречие друг с другом. Поэтому для выявления множества рациональных вариантов (последовательностей выполнения прибыльных работ) целесообразно исследовать возможные комбинации времен и резервов. Экстремальные их оценки могут быть получены в результате решения следующих задач.

**Задача 1.** Найти множество последовательностей выполнения работ (вариантов), на которых достигает минимума величина резервов центра, и из этого множества выбрать вариант, которому соответствует минимальная продолжительность проекта.

**Задача 2.** Найти множество последовательностей выполнения работ (вариантов), на которых достигает минимума продолжительность проекта, и из этого множества выбрать вариант, которому соответствует минимальная величина резервов центра.

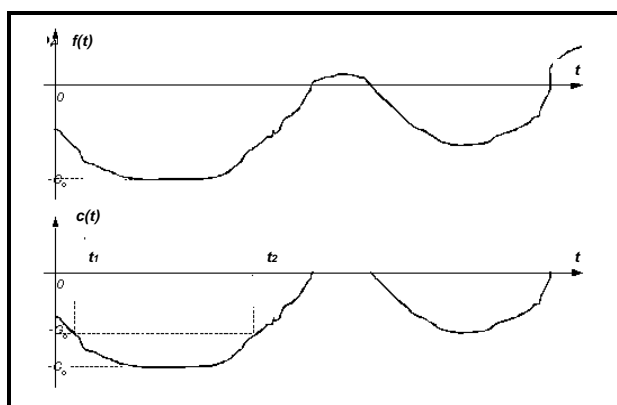


Рис. 4.10. Пример динамики финансового баланса и резервов центра

Обозначим  $(C_1, T_1)$  – решение (значения максимальных резервов и продолжительности проекта) задачи 1,  $(C_2, T_2)$  – решение задачи 2. Очевидно, что  $C_1 \leq C_2$ ,

$T_1 \geq T_2$ . Полученные две оценки являются границами множества Парето-эффективных (по критериям максимального резерва и продолжительности) вариантов – см. рис. 4.12, на котором изображено это множество для рассматриваемого ниже примера 4.4.

Процесс решения каждой из сформулированных выше задач может быть разбит на два этапа. На первом этапе определяется множество вариантов, на которых достигается минимум величины, минимизируемой в первую очередь. На втором этапе величина, минимизируемая во вторую очередь, оптимизируется на множестве вариантов, полученных на первом этапе.

Первые этапы решения и задачи 1, и задачи 2, реализуются достаточно просто.

Рассмотрим задачу поиска последовательности выполнения работ (вариантов), на которых достигается минимума величина резервов центра. Эта задача является частным случаем задачи о лекторе. Понятно, что в оптимальном варианте все работы будут выполняться последовательно (то есть никакие две работы не должны выполняться параллельно) и без перерывов. Следовательно, остается найти оптимальный порядок выполнения работ. Для этого воспользуемся результатами, полученными в [19], в соответствии с которыми минимуму максимального резерва будет соответствовать выполнение прибыльных работ (убыточные работы, то есть работы из множества  $I \setminus Q_0$ , в дальнейшем рассматривать не будем) в порядке возрастания их затрат.

Упорядочим работы в порядке возрастания затрат:

$$c_1 \leq c_2 \leq \dots \leq c_m, \text{ где } m = |Q_0|. \text{ Положив}$$

$$t_1 = 0, t_i = t_{i-1} + \tau_{i-1}, i = \overline{2, m}, \quad (4.36)$$

и подставив времена начала работ (4.36) в (4.31), получим значение  $C_1$ .

Отметим, что, если значения затрат, необходимых для выполнения соответствующих работ, неизвестны центру и сообщаются ему АЭ, то АЭ не заинтересованы в искажении затрат, так как затраты несут сами АЭ (именно они рассчитываются по взятому кредиту), а завышение затрат приведет к тому, что в результате первого этапа решения задачи 1 срок начала реализации соответствующей работы увеличится, что невыгодно для АЭ. Для исключения выгоды манипулирования информацией о затратах со стороны АЭ, центру следует, сообщая АЭ «правила игры», не детализировать правила принятия решений на втором этапе.

Второй этап решения задачи 1 (в дальнейшем будем называть эту задачу задачей 1.2) заключается в нахождении времен начала выполнения работ, минимизирующих время завершения проекта, при условии, что величина максимального резерва не превышает известного значения  $C_1$ . Эта задача будет рассмотрена ниже.

Рассмотрим задачу поиска последовательности выполнения работ (вариантов), на которых достигается минимума продолжительность проекта (первый этап задачи 2). Понятно, что в оптимальном варианте все работы будут выполняться параллельно и без перерывов. При этом продолжительность проекта будет равна  $T_2 = \max_{i \in Q_0} \{\tau_i\}$ , то есть будет определяться

максимальной из длительностей прибыльных работ. Следовательно, остается найти оптимальный порядок выполнения работ (в дальнейшем будем называть эту



задачу задачей 2.2), то есть времена начала работ, при которых минимизируется максимальный резерв центра при условии, что продолжительность проекта не превышает известного значения  $T_2$ . Эта задача будет рассмотрена ниже.

Рассмотрим следующий пример, иллюстрирующий решения задач оптимизации последовательности выполнения работ.

**Пример 4.4.** Пусть имеются пять работ, данные о которых представлены в табл. 4.6,  $\alpha_0 = 20\%$ ,  $\beta = 40\%$ . Видно, что пятая работа является убыточной по критерию приведенной рентабельности (хотя без учета платежей по процентам кредита она является прибыльной), поэтому из дальнейшего рассмотрения ее можно исключить.

Таблица 4.6  
ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ПО ПЯТИ РАБОТАМ

№ работы	$c_i$	$d_i$	$\tau_i$	$\alpha_i^0$	$\alpha_i$
1	10	20	1	1,0	0,8
2	10	25	4	1,5	0,7
3	20	30	2	0,5	0,1
4	40	90	5	1,25	0,25
5	30	40	3	0,33	-0,27

Решение первого этапа задачи 1 дает следующую последовательность выполнения работ (без одновременного выполнения и перерывов): 1-2-3-4. При этом максимальный резерв равен  $C_0 = 33,2$ , а продолжительность проекта составляет  $T_{10} = 12$  единиц времени (см. рис. 4.11). На втором этапе решения задачи 1 найдем последовательность выполнения операций (операции в круглых скобках выполняются параллельно): (2; 1)-(2; 3) – 2 – 4, при которой величина максимального резерва не изменится, а продолжительность проекта сократится до  $T_1 = 9$  единиц времени (см. жирную линию на рис. 4.11 – цифры у дуг соответствуют номерам работ). При этом после оптимизации времени график резервов стал более «равномерным».

Решение первого шага задачи 2 заключается в одновременном начале выполнения всех работ, что требует максимального резерва  $C_{20} = 80$  и времени  $T_2 = 5$  единиц времени. На втором шаге решения задачи 2 можно, не увеличивая времени выполнения проекта, сократить величину максимального резерва до  $C_2 = 70$ .

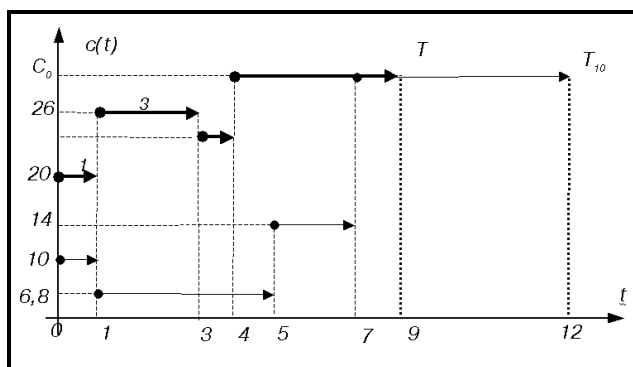


Рис. 4.11. Оптимальная последовательность работ в задаче 1

Нанося результаты решения первой и второй задач (точки  $(C_1, T_1)$  и  $(C_2, T_2)$ ) на плоскость  $C_0 O T$ , получим заштрихованную на рис. 4.12 оценку (понятно, что в дискретной задаче возможно конечное множество ва-

риантов) множества возможных комбинаций максимальных резервов и сроков. •

Выше мы описали методы решения задач минимизации максимальных резервов центра (времени завершения проекта), которым соответствуют две точки на рис. 4.12. Более общей является задача перечисления всех вариантов, которые имеют Парето-эффективные оценки продолжительности и резервов. В еще более общем случае динамика финансового баланса центра может оцениваться не только величиной максимального резерва, а некоторым функционалом, отражающим приоритеты центра.

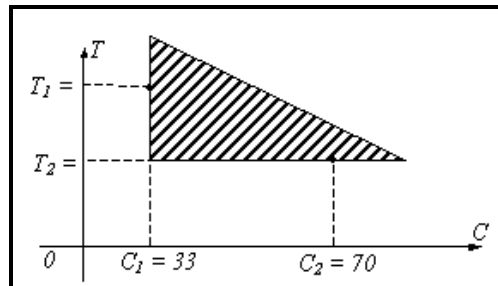


Рис. 4.12. Множество допустимых комбинаций максимальных резервов и сроков

Рассмотрим методы решения задачи минимизации резерва при условии, что определен директивный срок  $T$  реализации всех работ (проектов реформирования). Примем сначала, что продолжительности  $\tau$  всех работ одинаковы (без ограничения общности примем их равными 1).

Пусть определено число работ  $n_k$ , выполняемых в каждом периоде  $k = 1 \div T$  (очевидно, что  $1 \leq n_k \leq n - T$ , где  $n$  – число работ региональной программы). Возьмем правило приоритета работ, согласно которому работы назначаются либо в очередности возрастания  $c_i$ , либо в очередности убывания  $\alpha$ . Таким образом, задача сведена к определению числа работ  $n_k$ , выполняемых в  $k$ -ом периоде. Для ее решения применим метод динамического программирования.

Построим сеть на плоскости. По оси ординат отложим периоды  $k = 1, T$ . По оси абсцисс отложим числа  $N_k$  – число работ, выполненных за первые  $k$  периодов,  $k \leq N_k \leq N$ . Точкам с координатами  $(k, N_k)$  соответствуют вершины сети. Из вершин  $(k-1, N_{k-1})$ ,  $k = 1 \div T$ , идут дуги ко всем вершинам  $(k, N_k)$  таким, что  $N_k > N_{k-1}$ . Заметим, что каждой дуге  $(N_{k-1}, N_k)$  соответствует вполне определенное множество  $Q(N_{k-1}, N_k)$  работ, которые выполняются в  $k$ -ом периоде, а именно, это работы с номерами от  $N_{k-1} + 1$  до  $N_k$  включительно. Обозначим

$$D(N_{k-1}) = \beta \sum_{q=1}^{N_k-1} \alpha_q c_q$$

средства, поступившие в Центр к периоду  $(k-1)$  включительно в результате выполнения первых  $N_{k-1}$  работ,

$$C(N_{k-1}, N_k) = \sum_{N_{k-1}+1}^{N_k} c_q$$

средства, которые необходимо зарезервировать Центру для того, чтобы выполнить работы с номерами от  $(N_{k-1} + 1)$  до  $N_k$  включительно в периоде  $k$ . Примем разность

$$L(N_{k-1}, N_k) = C(N_{k-1}, N_k) - D(N_{k-1})$$

за длину дуги  $(N_{k-1}, N_k)$ .

Заметим, что любому пути в сети, соединяющему вход с выходом однозначно соответствует некоторый план реализации проекта, и наоборот.

Построенная модель позволяет решить ряд задач оптимизации плана реализации проекта. Так, поставленная выше задача определения минимального резерва, при условии выполнения всех работ за время  $T$  сводится к определению пути в сети, соединяющем начальную вершину с конечной, у которого максимальная длина дуги минимальна.

**Пример 4.5.** Пусть имеются четыре работы, данные о которых представлены в табл. 4.7.

Таблица 4.7

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ПО ЧЕТЫРЕМ РАБОТАМ

№ работы	1	2	3	4
$C_i$	10	10	20	40
$P_i$	20	25	30	90

Примем  $T = 4$ . Сеть возможных вариантов выполнения работ представлена на рис. 4.13. Заметим, что мы получаем оптимальные планы выполнения работ для любого  $T$ . Так при  $T = 3$  в оптимальном плане в первом периоде выполняется первая работа, во втором – вторая и третья, а в третьем – четвертая (минимальная величина резерва равна 10). При  $T = 2$  в первом периоде выполняется первая и вторая работы, а во втором – третья и четвертая. Пути, соответствующие оптимальным планам, выделены на рис. 4.13 толстыми линиями.

Построенная сеть имеет интересную особенность. Дуги  $(N_{k-1}, N_k)$  и  $(N_{q-1}, N_q)$  для которых  $N_{k-1} = N_{q-1}$  и  $N_k = N_q$ , имеют одинаковые длины. Это позволяет упростить сеть. На рис. 4.14 приведена сеть, полученная из сети рисунка 4.13.

Каждая вершина  $i$  этой сети соответствует состоянию проекта в котором выполнены первые  $i$  работ. Каждый путь сети, соединяющий начальную вершину с конечной, определяет некоторый план выполнения работ, и наоборот. При этом число дуг пути определяет продолжительность проекта.

Если дуга  $(i, j)$  принадлежит пути  $\mu$  и является  $k$ -й дугой пути, то это значит, что работы от  $(i+1)$  до  $j$ -й включительно выполняются в  $k$ -ом периоде. Таким образом, задача свелась к определению пути, состоящего из  $T$  дуг, у которого максимальная длина дуги минимальна.

Обратной задачей является задача определения пути с минимальным числом дуг, у которого длины всех дуг не превышают заданной величины (величины резерва). Для решения этой задачи достаточно убрать из сети все дуги, длины которых превышают заданную величину и определить кратчайший (по числу дуг) путь в полученной сети. Так при величине резерва  $S = 10$  получаем путь  $\mu(10) = (0, 1, 3, 4)$ , при  $S = 15$  путь  $\mu(15) = (0, 1, 2, 4)$ , а при  $S = 20$  путь  $\mu(20) = (0, 2, 4)$ . Очевидно, Парето-оптимальными являются пути  $\mu(10)$  и  $\mu(20)$ , для которых продолжительность проекта составляет, соответственно, 3 и 2 периода.

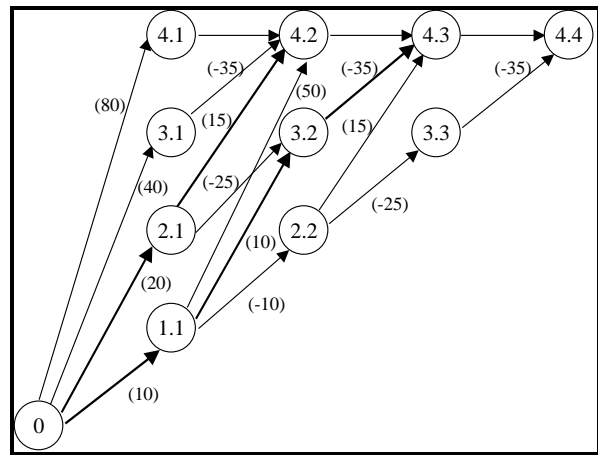


Рис. 4.13. Сеть вариантов выполнения работ

Если продолжительности работ различны, то на основе описанных выше алгоритмов можно получить оценки либо величины резерва, либо продолжительности проекта и применить их в алгоритмах типа ветвлений. Проиллюстрируем идею подхода на примере 4.5. Пусть  $T = 5$ . В этом случае работа 4 должна выполняться во всех периодах. Для работы 2 имеем два варианта, либо она начинается в первом периоде, либо во втором (предполагаем, что работы выполняются без перерывов).

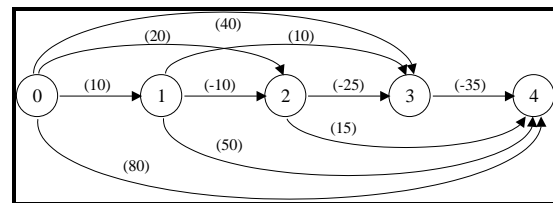


Рис. 4.14. Сеть вариантов выполнения работ после преобразования

Рассмотрим первый вариант. Разделим работу 3 на две работы единичной продолжительности с затратами по 10 каждая и отчислениями в Центр 0 для первой работы и 2 единицы для второй. Решая задачу минимизации резерва при единичных продолжительностях работы 1 и двух подработ 3, получаем, что минимальная величина резерва равна 66,8 единицам.

Рассмотрим второй вариант, когда вторая работа начинается во втором периоде. Для этого случая минимальная величина резерва также равна 66,8. Поэтому существует несколько оптимальных решений. Одно из них выглядит следующим образом: в первом периоде начинаются работы 1 и 4, во втором – работы 2 и 3. Заметим, что решение, полученное в примере 4.5 не является оптимальным (величина резерва равна 70).

Завершив рассмотрение механизмов самофинансирования, обсудим их основные преимущества и недостатки.

Существенным преимуществом механизмов самофинансирования является то, что, во-первых, реализация проекта осуществляется за счет внешних средств, а, во-вторых, за счет максимального использования внутренних резервов. Действительно, по сравнению с выполнением проекта за счет средств

центра, в рассматриваемую АС привлекаются внешние средства (инвестиции).

В примере с программой регионального развития внешние инвестиции, гарантом обеспечения которых является администрация региона, с одной стороны, способствуют реализации проектов реформирования и реструктуризации предприятий, а, с другой стороны, гарантирующие резервы также остаются в регионе и, более того, могут и должны оперативно использоваться (см. ниже).

Основным недостатком механизма самофинансирования, использующего внешние средства, является необходимость «замораживания» резервного фонда. Рассмотрим насколько жестким является требование полного замораживания, то есть каковы возможности центра по *оперативному управлению резервным фондом*.

Специфика гарантийного обеспечения инвестиций заключается в том, что центр берет на себя обязательства полностью или частично обеспечить возврат кредита, если некоторый АЭ не сможет сделать этого самостоятельно. Величина резервов  $c(t)$ , полученная в результате решения задачи самофинансирования (экстремальные оценки получаются в результате решения задач 1 и 2), характеризует зависимость от времени максимальных обязательств центра, то есть в момент времени  $t$  центру могут потребоваться как максимум средства в объеме  $c(t)$ . Но в случае успешного выполнения работ, то есть получение планируемого дохода эти средства могут и не понадобиться. Для того, чтобы отразить эту неопределенность введем понятие *риска*  $r_i$  – вероятности неполучения планируемого дохода в  $i$ -ой работе.

Предположим, что, помимо рассматриваемого проекта, у центра имеется еще ряд инвестиционных проектов, в которые он может вкладывать средства. Тогда *задача оперативного управления резервным фондом* заключается в поиске такого его распределения между инвестиционными проектами, которое было бы оптимально (например, по критерию максимума прибыли, или минимума упущенной выгоды, или максимума социально-экономического эффекта для региона в примере проекта регионального развития и т.д.) с учетом известных динамики резервов и риска. Решению этой задачи посвящено множество работ [19]. Полученные в них, и, в первую очередь, в работах по исследованию механизмов страхования [13], результаты могут использоваться при решении задачи оперативного управления резервным фондом в рассматриваемых моделях организационных проектов и проектов реформирования и реструктуризации.

Так как размер востребованных резервов центра является случайной величиной, то одним из аспектов оперативного управления резервным фондом является построение механизмов управления риском, подклассом которых являются механизмы страхования [13].

Рассмотренная задача самофинансирования проектов регионального развития может быть модифицирована в различных направлениях. Так, мы предполагали, что сразу после завершения работ получается единовременный доход. Во многих случаях (например, выпуск новой продукции) после завершения работы доход получается непрерывно по мере выпуска и продажи продукции. Далее, мы предполагали, что затраты

необходимы сразу с момента начала работы. Интересно рассмотреть случаи, когда заданы графики затрат во времени. Наконец, как отмечалось выше, возможны различные критерии оптимальности.

Таким образом, в настоящей главе описаны и исследованы механизмы льготного налогообложения и финансирования ПРР, проанализированы модели и методы согласования интересов в распределенных системах поддержки принятия решений, изучены свойства механизмов самофинансирования. И механизмы льготного налогообложения, и механизмы кредитования ПРР, и механизмы самофинансирования нацелены на повышение эффективности (понимаемой широко – как комплексный критерий) функционирования предприятий, приводящее в конечном счете к повышению эффективности программы регионального развития. Использоваться эти механизмы могут последовательно – например, сначала центр принимает решения о поддержке ПРР, после этого строится механизм самофинансирования, а затем рассматривается задача льготного налогообложения. Однако такая декомпозиция может приводить к снижению эффективности, поэтому в общем случае следует одновременно анализировать целесообразность поддержки определенных ПРР с учетом возможности самофинансирования и предоставления налоговых льгот.

## 5. ОПЫТ ФОРМИРОВАНИЯ И РЕАЛИЗАЦИИ РЕГИОНАЛЬНЫХ ПРОГРАММ

### 5.1. Программа содействия реструктуризации промышленных предприятий Нижегородской области

Успешное реформирование предприятия может осуществляться им автономно при сохранении сложившихся отношений с региональными и федеральными властями. Однако в случае активной поддержки властями реформируемых предприятий этот процесс идет значительно быстрее и успешнее, причем взаимодействие властей и предприятий взаимовыгодно:

- предприятие, получившее поддержку властей (некоторые временные льготы, передача соцкультбюта, возможно, кредиты или гарантии для их получения и т.п.) выигрывают в темпе и надежности, достижения конечных результатов (в том числе, улучшение финансово-экономического состояния);
- власти при улучшении финансово-экономического состояния предприятий и роста их платежеспособности получают увеличение доходной части бюджета, рост выплат зарплаты как на предприятиях, так и в бюджетной сфере и, как следствие, – снижение социальной напряженности;
- в федеральном масштабе рост числа сильных конкурентоспособных предприятий приводит к усилению национальной экономики в целом и повышению безопасности страны.

В процессе реформирования заметно повышается рентабельность предприятия (на 10-20% на первой стадии реформирования через 1-2 квартала и еще на 20-40% на второй стадии, еще через 3-4 квартала) и снижаются риски. Как правило, на первой стадии не требуется инвестиций, кроме небольшого стартового аванса (15-20 тысяч долларов) для оплаты консультантов, который погашается через 1-2 месяца из дополнительных финансовых результатов. На второй

стадии предприятие становится инвестиционно привлекательным как для бюджетных, так и для коммерческих инвесторов. При достаточном масштабе программы реформирования это способствует притоку инвестиций в регионы и в страну в целом.

Наиболее существенными показателями, которые определяют результативность реформирования с точки зрения властей, инвесторов являются:

- обеспечение текущих платежей в бюджет (местный, областной и региональный) и в пенсионный фонд;
- выполнение графика погашения задолженности во все виды бюджетов и пенсионный фонд (как правило в режиме реструктуризации федеральных долгов);
- сокращение задолженности по зарплате и рост душевого дохода;
- сохранение и рост числа рабочих мест;
- стабилизация и рост объемов производства и реализации;
- рост конкурентоспособности продукции;
- стабилизация и рост экономической эффективности (рентабельности, нормы прибыли на вложенный капитал, производительности труда, оборачиваемости и др.)
- уход из зоны банкротства (снижение задолженности, улучшение критериев банкротства и т.п.)
- выход на безубыточное функционирование, стабилизация и рост маржинальной и чистой прибыли.

Причем власти, как правило, больше всего заинтересованы в показателях 1-4; коммерческие инвесторы – в показателях 5-9, предприятие – 3-9.

Соответствующие группы показателей могут быть выбраны в качестве целевых критериев и индикаторов верхнего уровня. Основные внутренние факторы успеха или неуспеха, от которых существенно зависят значения критериев и индикаторов верхнего уровня, определяют второй слой индикаторов. К ним относятся вся факторы, перечисленные в Типовой программе реформирования предприятия, и ряд других, отражающих специфику отрасли и предприятия. Однако это в основном внутренние показатели предприятия, для конструктивного взаимодействия с властями и инвесторами целесообразно использовать только внешние критерии, существенные для управления по результатам.

Остановимся подробнее на вопросах взаимодействия предприятий с властями, в первую очередь – на практически отрабатываемых на пилотном регионе (на примере первого этапа региональной программы реструктуризации предприятий Нижегородской области).

Приведем сначала выдержки из материалов департамента промышленности (Вихорев В.А.), которому была поручена реализация региональной программы.

В Нижегородской области, согласно распоряжению бывшего губернатора Немцова Б.Е., в 1997 году реализуется проект содействия реструктуризации промышленных предприятий области.

В данный проект входит 15 средних промышленных предприятий, и он носит пилотный характер (он задуман как начальный этап подготовки широкомасштабной программы реструктуризации промышленных предприятий, отработки механизмов государственного регулирования рыночных отношений в промышленности на региональном уровне).

Суть данного проекта в том, что аккумулированные ресурсы областной и местной администрации (прием жилищно-коммунальной сферы, реструктуризация долгов, налоговые льготы, денежные средства) объединяются на обязательства предприятия улучшить

свою деятельность, закрепленные соответствующими договорами и гарантиями.

Принципиальным при этом является разработка с помощью консалтинговой фирмы плана реструктуризации и его реализация с сопровождением консалтинговой фирмой в течение года.

В первую очередь администрацией были выработаны требования к основным результатам и принципы отбора предприятий. При этом был учтен опыт, материалы о котором были опубликованы российской консалтинговой группой в еженедельнике «Экономика и Жизнь». Первый вариант положения о взаимодействии с предприятиями был проработан в 1996 году представителем администрации области вместе с руководителями предприятий на трехдневном семинаре по обмену опытом по реформированию предприятий, проводившемся фирмой «РОЭЛ Консалтинг» и еженедельником «Экономика и жизнь».

В качестве основных критериев, определяющих результативность деятельности предприятий-участников пилотного проекта, были рассмотрены те, которые влияют на снижение социально-экономической напряженности и улучшение финансово-экономического положения региона. Это, прежде всего:

- сохранение и увеличение числа рабочих мест;
- повышение среднего дохода работающих;
- обеспечение регулярной и полной выплаты текущих налогов в бюджеты всех уровней и внебюджетные фонды;
- постепенный возврат долгов бюджетам всех уровней (реализация графика реструктуризации и погашения долгов);
- увеличение объема продаж и производства;
- повышение экономической эффективности (рентабельности) предприятия и тем самым – его инвестиционной привлекательности и др.

Для стимулирования улучшения этих показателей администрация области приняла ряд решений, таких как:

Снижение на 50% налога на прибыль от дополнительных объемов и продаж (за исключением платежей, причитающихся в федеральный бюджет);

50% оплата услуг консультантов на первом 1-2 месячном этапе (50% оплачивает предприятие) при условии выработки и защиты эффективного плана реструктуризации;

Возможность предоставления налогового кредита на первые 1-2 квартала реализации плана реструктуризации (при условии его возврата через год) и т.п.;

Проведение конкурса консалтинговых фирм с выбором тех, которые готовы работать совместно с местными консультантами, обучая их и получая оплату от результата (т.е. получать оплату на годовом этапе реализации плана реструктуризации только в случае получения предприятием положительных финансовых результатов, как договорную долю от прироста).

Фирма «РОЭЛ Консалтинг» взяла на себя совместно с пилотным предприятием (Заволжский завод гусеничных транспортеров) отработку типовой (для 1998 года) методики с последующим ее тиражированием и доводкой еще на четырех предприятиях. Получены первые положительные результаты.

Взаимодействие администрации, предприятий и консультантов начинается с заключения договоров.

Ниже приводятся примеры типовых договоров (четырёхсторонний и двухсторонний на первый этап с авансированной оплатой и на второй этап с оплатой от

результата). Четырехсторонний договор носит рамочный характер и подписывается на весь период работы (1 год) всеми четырьмя участниками: генеральными директорами предприятия, консалтинговой фирмы и главами местной и областной администраций (от имени областной администрации договора были подписаны губернатором Немцовым Б.Е.).

Конкретные, в том числе финансовые, условия, а также программа работ определяются двухсторонним договором, подписываемым руководителями предприятия и консалтинговой фирмы. Работы разбиваются на два этапа.

Результатом первого этапа (в среднем месяц — полтора) является стратегия и план реформирования и реструктуризации предприятия. На этом этапе затраты на оплату услуг консультантов поровну возлагаются на предприятие и администрацию области;

На втором этапе, продолжающемся год, приходят реальные конечные результаты. Итоги подводятся ежеквартально, и оплата консультантов составляет договорной процент от прироста оговоренного в договоре финансового результата.

Результаты первого этапа оформляются в виде документа «План реструктуризации», который защищается на комиссии под руководством губернатора или вице-губернатора, в состав которой входят руководители департаментов промышленности, экономики и финансов, территориальных управлений по делам несостоятельности, Госкомимущества, местной администрации и др.

В структуру плана реструктуризации входят разделы по комплексной оценке состояния предприятия, цели и критерии их достижения, оценка потенциала предприятия по достижению целей, стратегия развития и программа работ, необходимые ресурсы, обязательства администрации.

В Нижегородском пилотном проекте 1997 г. участвовало 9 предприятий и четыре консалтинговые фирмы, которые начали работу по реализации планов реформирования и реструктуризации со второго полугодия 1997 г.

Общие результаты, по оценке департамента промышленности, оказались лучше ожидаемых. С точки зрения администрации области: при вложении 0,3 млрд. руб. на разработку планов реструктуризации (было запланировано 0,7 млрд. руб.) в 1997 г. получен прирост налоговых платежей в бюджеты всех уровней на 17 млрд. руб. по сравнению с 1996 г. С точки зрения предприятий: при затратах на диагностику и разработку планов реструктуризации менее 1 млрд. руб., в 1997 г. получен прирост выручки от реализации на 98 млрд. руб.

На всех предприятиях значительно вырос уровень управления производством, маркетингом, персоналом и финансами.

Но финансовые результаты по отдельным предприятиям существенно различаются (см. табл. 5.1).

Единственное из девяти предприятий, на котором все показатели, включая темп спада, ухудшились, правда незначительно — это ОАО «Дробмаш». На ОАО «Ворсменский медико-инструментальный завод» темпы спада заметно снизились, но вывести его из спада пока не удалось из-за тяжелого начального состояния (большая социальная напряженность, кризис в управлении с элементами уголовщины и др.) и необходимо-

сти чрезвычайных и инерционных мер, включая смену руководства и введение внешнего управления.

На остальных семи предприятиях за полгода удалось не только переломить негативные тенденции ухудшения состояния, но и начать подъем (см. табл. 5.1).

Таблица 5. 1  
ФИНАНСОВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПО ОТДЕЛЬНЫМ ПРЕДПРИЯТИЯМ

Наименование предприятия	Выручка от реализации (в дейст. ценах), тыс. руб.		Налоговые платежи в бюджеты всех уровней (начислено/уплачено), тыс. руб.	
	На 01.01.97.	На 01.01.98.	На 01.01.97.	На 01.01.98.
ОАО «Заволжский завод гусеничных тягачей» (г. Заволжье)	54 267	98 200 (180,9%)	12 500 /5 300 (42,4%)	16 700 /14 900 (89,2%)
ОАО «Труд» (р.п. Вача)	15 393	19 865 (129%)	1 717 /1 005 (61,6%)	1 994 /2 702 (135,5%)
ОАО «Термаль» (включая вновь созданные дочерние фирмы). (г. Н.Новгород)	38 484	48 208 (125,3%)	7 883 /4 611 (58%)	10 287 /3 287 (32%)
ОАО «Пластик» (г.Дзержинск)	119 703	143 779 (120,1%)	21 591 /14 889 (68,9%)	21 506 /17 690 (82,3%)
ОАО «Мехинструмент» (включая вновь созданные дочерние фирмы), (г. Павлово)	14 772	16 048 (108,6%)	1 285 /227 (17,6%)	1 402 /763 (54,45)
ОАО «Кулебакский металлургический завод» (г.Кулебаки)	119 801	142 148 (118,6%)	18 527 /5 175 (27,9%)	26 879 /7 461 (27,8%)
ОАО «Горьковский металлургический завод» (г. Н.Новгород)	109 005	124 582 (114%)	11 054 /5 652 (51,1%)	15 044 /10 387 (69,0%)
ОАО «Дробмаш» (г. Выкса)	65 233	65 146 (99,9%)	19 419 /7 965 (41,0%)	19 933 /5 298 (26,6%)
ОАО «Ворсменский медико-инструментальный завод» (р.п. Ворема)	48 070	40 556 (84,4%)	4 630 /2 294 (49,5%)	7 699 /2 266 (29,5%)

Самые значительные результаты достигнуты на ОАО «Заволжский Завод Гусеничных Тягачей»: значительно выросли, и объем выручки и выплаты налогов. Это не случайно, поскольку это предприятие пошло на полный цикл работ, предложенный фирмой «РОЭЛ Консалтинг»: решение совместно с консультантами всех проблем «под ключ», включая совместную реализацию плана реструктуризации и оплату консультантов «от прироста финансового результата». Более подробно опыт работы на этом предприятии описан в отдельном разделе.

Следует отметить (см. верхнюю часть табл. 5.1), что по росту объема продаж улучшили результаты все пять предприятий, с которыми в разных формах работала консалтинговая фирма «РОЭЛ Консалтинг»:

- на ОАО «Заволжский Завод Гусеничных Тягачей» – по полной программе: первый этап – пятидневный семинар и разработка пла-
- на реструктуризации и второй этап – сопровождение по результатам (с участием местных консультантов);
- на ОАО «Труд» – первый этап и отдельные консультации (с участием местных консультантов);
- на ОАО «Термаль» и «Пластик» первый этап («РОЭЛ Консалтинг» провел пятидневный семинар и участвовал в разработке плана реструктуризации и отдельных консультаций на субподряде у головной фирмы «Эпицентр»).

На ОАО «Мехинструмент» работала (первый этап) консалтинговая фирма КУБ, которой фирмой «РОЭЛ Консалтинг» была передана методика проведения пятидневного семинара и методические материалы. В феврале 1998 г. «КУБ» (Комплекс услуг бизнесу) и «РОЭЛ Консалтинг» создали совместную консалтинговую фирму «РОЭЛ-НН Консалтинг».

Безусловно, это лишь промежуточные результаты первого полугодия из годового периода проекта. Однако они дают возможность сделать вывод о том, что региональные программы реформирования и реструктуризации предприятий – выгодное направление работ региональных властей.

Важным результатом проекта является также отработка механизмов взаимодействия региональных властей, предприятий, и консультантов. В частности, впервые был реализован выгодный для предприятий и региона (которые, прежде всего, заинтересованы в реальном результате) принцип выбора консультационных фирм:

- фирма должна документально подтвердить свой опыт положительной работы в комплексном консалтинге;
- фирма должна быть готова доводить свои рекомендации до конечного результата на предприятии (в течение года);
- большая часть вознаграждения (около 90%) должна напрямую зависеть от улучшения финансового положения консультируемого предприятия (роста объема продаж, прибыли).

Эти условия были сформулированы администрацией с учетом ее знакомства с опытом работы фирмы «РОЭЛ Консалтинг» на семинарах по передаче опыта реформирования предприятий, организованном «РОЭЛ Консалтинг» и еженедельником «Экономика и Жизнь», а затем – на трехдневном семинаре для директоров предприятий Нижегородской области, организованном совместно с администрацией, а так же в процессе совместной подготовки рабочих методик и документации.

## 5.2. Разработка и реализация программы во Владимирской области

К началу 1998 г. в администрации Владимирской области постепенно возникло осознание факта: проблема организации комплексного процесса реформирования предприятий области стала важнейшей частью региональной политики. При этом важно, что сразу включились в работу и стали главными инициаторами процесса глава администрации Владимирской области и его первый заместитель.

Обязанности по проведению конкретных методических работ, подготовке документов и т.д. были возложены администрацией на две уже существующие в ее составе структуры: Фонд поддержки предпринимательства и Центр поддержки предпринимательства. Большая часть обязанностей по совместной работе с

фирмой «РОЭЛ Консалтинг» легла на Центр поддержки предпринимательства. В июне 1998 г. была образована еще одна структура: Владимирское агентство по поддержке предпринимательства, сокращенно – ВОАП. ВОАП не является в полном смысле структурой администрации: ее учредители – администрация Владимирской области, ряд крупных предприятий области и фирма «РОЭЛ Консалтинг».

В задачи ВОАП в начале его деятельности входило непосредственное воплощение идей программы реформирования предприятий области. В частности, пропаганда идей реформирования, практического опыта проведения реформирования конкретных предприятий, проведение различного рода семинаров, презентаций и обсуждений. Для этого ВОАП должно было установить связи с консалтинговыми фирмами, которые могли предоставить областным предприятиям свои услуги, определить форму и качество этих услуг, по согласованию с Центром поддержки предпринимательства организовать презентацию этих фирм в области. Кроме того, необходимо было выявить собственный «реформационный потенциал» области, для чего провести исследование фирм и организаций, предоставляющих или могущих предоставить консультационные услуги, оценить их возможности в работе по реформированию предприятий. Если какая-либо фирма была не способна произвести весь комплекс работ по реформированию, следовало выяснить, какие конкретные мероприятия она может осуществить. Кроме того, предполагалось. Что ВОАП станет центром объединения отдельных консультантов или групп, не входящих в организацию. Другой задачей связан с мониторингом предприятий – кандидатов на реформирование: ведение соответствующей базы данных, рассылка приглашений и информационных документов и т.д. Таким образом, ВОАП было задумано как своеобразный посредник между предприятиями и консультантами.

Пока шли эти организационные мероприятия и обсуждались возможности работы, администрация приняла несколько постановлений и распоряжений, носящих, в общем, декларативный характер, но подчеркивающих важность проблемы. В практической части было решено двигаться вначале по уже опробованному в Нижегородском регионе варианту. Он предусматривал реализацию пилотного проекта по реформированию промышленных предприятий области с выделением трех предприятий – кандидатов на реформирование и обеспечение долевого финансирования администрацией первого этапа работ по реформированию. Этот вариант был важен как первый шаг в нужном направлении. Однако летние отпуска и августовский кризис отсрочили подписание соответствующего документа. Он был подписан 30 ноября 1998 г. и назывался «Постановление главы администрации Владимирской области о реализации пилотного проекта по реструктуризации акционерных обществ».

Это постановление было, конечно, шагом вперед в деле реформирования предприятий области, но не являлось конструктивным, поскольку с самого начала было понятно, что ресурсов на прямое финансирование реформирования у администрации нет и не будет. Необходимо было найти и задействовать другие механизмы. В рамках этого постановления были успешно

начаты работы на ОАО «Гусевской хрустальный завод». Справедливости ради надо отметить, что долевое финансирование со стороны администрации так и не было осуществлено, так как на первом этапе не хватило средств, а затем (в течение 3 мес.) завод наработал собственные оборотные средства (появились средства и для оплаты консультационных услуг).

Между тем к началу 1999 г. ситуация в промышленности области в целом продолжала ухудшаться. Цитата из выступления первого заместителя главы администрации области на одном из совещаний: 15% предприятий области вышли из кризиса самостоятельно, 45% хотят, но не могут и не знают как, 40% не хотят, не знают как и не могут, это и есть «серая зона». Вот эти 85% предприятий (здесь речь идет о крупных и средних) и представляют собой зону реформирования. У большей части этих предприятий долги значительно превышали активы, при этом основным кредитором выступали государство и естественные монополии.

В течение всего 1998 г. Правительство РФ проявляло обеспокоенность по поводу эффективности применения процедур банкротства. Старый собственник оказался неэффективным, новый – тоже. В результате применения процедуры банкротства предприятия зачастую оказывались мертворожденным. Это могло послужить источником целого ряда социально-экономических проблем. Необходимо было выработать согласованную политику соответствующих государственных органов и областной администрации. Результатом явилось распоряжение главы администрации №36-р от 22 января 1999 г. Согласно этому документу в координационную группу были включены представители государственных и негосударственных организаций – основных кредиторов предприятий области. Среди них налоговая инспекция, федеральное казначейство, медицинское страхование, пенсионный фонд, Владимирэнерго, Межрегионгаз и т.д. Их согласованное решение о применении процедуры банкротства автоматически приводит к ее началу. С другой стороны, они могут принять согласованное решение об отсрочке такой процедуры при определенных условиях, о которых речь пойдет ниже. И если само по себе банкротство предприятия не приводит к желаемой цели – его оздоровлению, то сама угроза банкротства заставляет действующую администрацию предприятия и его собственников искать пути выхода из кризиса. Ибо как для администрации предприятия, так и для собственников процедура банкротства весьма болезненна. Однако предприятию необходимо помочь в поиске путей, и это задача администрации области. По крайней мере, координационная группа способна расшевелить ту самую «серую зону», о которой говорилось выше.

Здесь нужно заметить, что привлечение квалифицированной консультационной фирмы к процедуре банкротства может сделать последнюю гораздо более эффективной. Ниже приводится мнение внешнего управляющего, действующего на территории Владимирской области, высказанное после завершения первого этапа договора о реформировании ОАО «Судогодское стекловолокно», где он выполнял функции внешнего наблюдателя: «План реформирования, разработанный квалифицированной консалтинговой фирмой, в том случае, если фирма берется выполнить эту работу «под ключ» и получает вознаграждение от результата,

– это и есть план эффективного внешнего управления. При наличии такого плана функция внешнего управляющего – претворить вместе с консалтинговой фирмой этот план в жизнь».

После появления Постановления все участники резко активизировали свою деятельность, и процедура заработала. Был составлен первоначальный список предприятий по соответствующим критериям. Стали регулярно проводится заседания Координационной группы, и стало очевидно, что она является очень эффективным инструментом. Был выработан очень четкий регламент этих заседаний. На них проводилось согласование интересов должников с основными кредиторами. Сначала кредиторы предъявляли свои претензии, потом должники показывали, с помощью каких мер, как и когда будут удовлетворены претензии кредиторов, причем по каждому кредитору отдельно. Если кредиторы приходили к положительному решению, то согласовывался план-график погашения текущих платежей и задолженности. Оговаривались меры по контролю. На этих заседаниях, кстати, сразу же стала очевидной необходимость привлечения консультантов на фазе подготовки заявок. Например, деятельность ОАО «Судогодское стекловолокно» рассматривалась на заседании Координационной группы в конце апреля 1999 г., а консалтинговая фирма начала первую фазу реформирования этого предприятия в начале марта, так что к заседанию оно имело уже готовую полноценную Программу реформирования. Это произвело на членов группы очень хорошее впечатление, и предприятие без труда получило требуемые льготы.

Отбор предприятий происходил на основе простого конкурсного механизма с решением задачи оптимизации программы по затратам, поскольку анализ показал, что программы реформирования предприятий в основном были согласованными по направлениям. В результате был выбран вариант программы с резервами по всем направлениям не менее 1, имеющий комплексную оценку «удовлетворительно».

Этому варианту соответствует ориентация на приоритетный рост уровня экономической эффективности (была поставлена задача обеспечить долю предпринимательства в ВРП области в 2000 году не менее 4 млрд. рублей при величине этой доли в 1997 году 1,4 млрд. рублей).

В результате конкурса были отобраны восемь предприятий, включенные в программу реформирования.

В результате реализации программ поддержки предпринимательства при минимальных затратах бюджета (беспроцентное кредитование в объеме до 1,5 млн. рублей) удалось сформировать сравнительно благоприятные условия для субъектов предпринимательства. В области сформирован устойчиво функционирующий предпринимательский сегмент экономики. Доля предпринимательства в ВРП области в абсолютном выражении имеет устойчивый рост по годам: в 1997 г. – 9,6% (1 441,2 млн. руб.), в 1998 г. – 10,4% (1652,7 млн. руб.), в 1999 г. – 11,1% (2 999,5 млн. руб.), в 2000 г. – 12% (4 290,0 млн. руб.).

В результате реализации пилотного проекта по реформированию кризисных предприятий восстановлена хозяйственная деятельность восьми бюджетно- и градообразующих предприятий. Тиражирование элементов пилотного проекта реформирования использовалось в комплексной программе восстановления

экономического потенциала области. В результате ее реализации число убыточных предприятий сократилось с 52% до 38% от общего числа предприятий.

### 5.3. Основные положения Программы вывода Воронежской области из кризиса

Программа направлена на решение ключевых проблем, включает в себя перечень как быстрореализуемых высокоэффективных мер, так и стратегических проектов. Высокопрофессиональной командой ведущих специалистов области и России проработаны основные положения Программы вывода области из кризиса, что позволило сформулировать реально достижимые социальные цели на ближайшие 4 года:

- комплексное улучшение демографической ситуации (снижение смертности населения при одновременном увеличении рождаемости);
- повышение в 1,5 раза по сравнению с сегодняшним уровнем жизни населения;
- увеличение не менее, чем на 25% численности населения с доходами выше прожиточного минимума, что соответствует уменьшению в 2 раза числа жителей области, живущих за чертой бедности.

Эти цели могут достигаются главным образом за счет решения следующих задач:

- обеспечения условий и создания стимулов для развития промышленности, сельского хозяйства, строительства, сферы услуг (Область обладает потенциалом, позволяющим увеличить валовый региональный продукт к 2005 г. в 1,5-2 раза, а к 2007 г. в 2-3 раза);
- повышения эффективности производства и роста зарплат на предприятиях всех форм собственности с ежегодным сокращением за счёт принятия антикризисных мер доли убыточных предприятий на 10-15%;
- привлечения инвестиций на техническое перевооружение и модернизацию производственных фондов активных предприятий под гарантии Администрации;
- наведения порядка в управлении областью и профилактики коррупции;
- создания эффективного механизма и реализации комплексной Программы вывода области из кризиса.

Успешное решение этих и других задач может быть осуществлено только на основе перехода к новым принципам управления при широком привлечении к управлению областью директоров предприятий и общественных организаций, при создании Координационного Совета при губернаторе.

Например, принятая в 1997 году Программа предполагала повышение к 1999 году реальных доходов населения до 2/3 докризисного уровня. Фактически программа прироста не только не была выполнена, но и произошло снижение этого показателя более чем на 28%. Поэтому в Программе вывода экономики Воронежской области из кризиса особое внимание уделяется новым принципам и механизмам, обеспечивающим надёжную реализацию программы.

Проработка Программы проведена до уровня конкретных проектов, конкретных предприятий, организаций, людей, отвечающих за эти проекты и заинтересованных в их успешном выполнении. Наряду с организационно-административными методами управления используются экономические механизмы:

- стимулирование экономического роста путем предоставления налоговых льгот предприятиям на прирост объемов производства, фонда заработной платы и налогооблагаемой базы;
- создание комплекса преференций для «точек роста» среди отраслей воронежской экономики и районов области;

- преодоление кризиса неплатежей за счет реализации конкретных программ оздоровления убыточных предприятий;
- включение экономики воронежской области в федеральные и межправительственные программы;
- разработка и реализация областной программы активизации инвестиционного процесса, предусматривающей:
- предоставление льготного механизма налогообложения для привлекающих инвестиции предприятий при обязательном условии увеличения объемов производства и заработной платы;
- стимулирование использования предприятиями ускоренных норм амортизации;
- упрощение и упорядочение механизмов взаимодействия инвесторов с областными и муниципальными органами власти;
- гарантии инвесторам путем создания гарантийно-залоговых фондов с активами в виде корпоративных ценных бумаг и ликвидного имущества, находящихся в областной и муниципальной собственности;
- развитие регионального фондового рынка;
- создание лизинговых и страховых компаний с долей областной собственности.
- развитие внутриобластной кооперации предприятий области с одновременным созданием отраслевых и межотраслевых объединений;
- стимулирование мер по замещению ввозимых по импорту и из других областей товаров на конкурентоспособную продукцию, выпускаемую предприятиями области. Стимулирование торгующих организаций, закупающих товары у воронежских производителей.

### 5.4. Реформирование и реструктуризация предприятий реального сектора экономики республики Башкортостан<sup>8</sup>

Одной из самых значимых проблем любого региона, в том числе республики Башкортостан, является проблема долгов предприятий в бюджеты разных уровней и внебюджетные фонды. На момент начала работы по созданию программы реформирования предприятий Республики Башкортостан в 1999 году до 70% предприятий республики имели просроченные долги в бюджеты разных уровней и внебюджетные фонды. Наличие этих долгов лишает предприятия стратегической перспективы и возможности устойчиво планировать свои действия на сколько-нибудь продолжительный срок. Предприятия вынуждены придерживаться тактики «выживания», поскольку по формальным критериям наличия просроченной задолженности к ним в любой момент можно применить процедуру банкротства. Особенность ситуации состоит в том, что значительное число предприятий имеет высокий потенциал рыночного роста.

То есть в промышленности региона существуют предпосылки существенного экономического роста. Однако их реализации необходимо решение проблемы долгов предприятий, без чего предприятие не в состоянии адекватно реагировать на рыночные сигналы и, тем самым, быть активным субъектом рыночных отношений. Сложился устойчивый «замкнутый круг»: чтобы рассчитаться с накопленными долгами предприятия должны наращивать объемы производства и

<sup>8</sup> Этот раздел подготовлен совместно с начальником отдела экономического реформирования Министерства экономической и антимонопольной политики Республики Башкортостан А.В.Гуляевым.



реализации, а чтобы наращивать эти объемы, предприятия должны рассчитаться с долгами.

Пример первого выполненного РОЭЛ Консалтинг проекта с 1998 г. показал на практике, что в случае использования описанных методик за год-полтора возможно кратное улучшение финансово-экономического состояния и за 2-3 года – выход на лидерские позиции не только в республике, но и в отрасли в масштабе РФ.

Этот пример показал, что использование внутренних резервов предприятий, являющееся ключевым звеном описанной в гл. 1 методики реформирования предприятий, может привести к значительному улучшению состояния предприятия. Поэтому ключевым направлением среднесрочной программы структурной перестройки экономики республики является процесс реформирования, реструктуризации и финансового оздоровления предприятий, главной целью которого является формирование эффективных производств в отраслях экономики и повышение инвестиционной привлекательности предприятий.

Поэтому магистральным путем развития промышленности региона является процесс реформирования предприятий, который опирается на взаимные обязательства государства и предприятия, что позволяет решить проблему бюджетных долгов предприятий. Приступающее к реформированию предприятие берет на себя обязательство (в виде плана реформирования) в течение ближайшего времени значительно увеличить объемы выпускаемой и реализуемой продукции, существенно улучшить свое финансовое состояние и, на этой основе, не только устойчиво платить все текущие платежи, но и погасить значительную часть своего долга в бюджеты всех уровней. Со своей стороны государство рекомендует возбуждение дел о банкротстве и наложение арестов на имущество предприятий, включенных в реестр реформированных, инициировать по согласованию с Кабинетом Министров Республики Башкортостан. Тем самым каждому предприятию, реально заинтересованному в собственном развитии, дается шанс осуществить прорыв в направлении полноценного функционирования в производственно-технологическом и финансовом плане. Если же руководство предприятия не принимает решения о реформировании, при наличии существенной задолженности перед бюджетом, значит у него нет этого шанса и для него остается только один путь – банкротство.

Конкретный механизм реформирования предприятий республики изложен в постановлении Кабинета Министров Республики Башкортостан от 28 июля 1999 года № 228 «О мерах по активизации процесса реформирования предприятий и иных коммерческих организаций в 1999 – 2000 годах», а затем получил развитие в постановлении Правительства республики от 15 февраля 2001 года, где, в частности, установлены требования к планам реформирования предприятий, оценочные критерии, которым должны отвечать реформированные предприятия, а также виды государственной поддержки, которые могут быть предоставлены реформирующимся предприятиям.

Для реализации постановления Кабинета Министров Республики Башкортостан № 228 распоряжением Кабинета Министров Республики Башкортостан от 4 ноября 1999 года создана Межведомственная комиссия

по рассмотрению вопросов, связанных с внесением в реестры предприятий, приступивших к реформированию и получающих государственную поддержку. Основными функциями комиссии являются: рассмотрение заключений отраслевых органов исполнительной власти по включению предприятий соответствующей отрасли в реестр предприятий, приступивших к реформированию; принятие решения о включении предприятий в данный реестр; осуществление мониторинга выполнения программ реформирования предприятий, подготовка предложений о целесообразности предоставления государственной поддержки отдельным реформирующимся предприятиям. В состав Межведомственной комиссии входят представители руководства Министерства экономики и антимонопольной политики, Министерства финансов, Государственного комитета по промышленной политике, Министерства сельского хозяйства и продовольствия, Министерства строительства и жилищной политики, Государственной налоговой инспекции, Управления Федеральной службы налоговой полиции, Республиканского управления по делам о несостоятельности (банкротстве) при Госкомсобственности, «Башкирэнерго», «Башкиргаз», Республиканского фонда обязательного медицинского страхования, Фонда государственного социального страхования, Отделения Пенсионного фонда, Башкирского отделения Куйбышевской железной дороги. Возглавляет Межведомственную комиссию первый заместитель Председателя Кабинета Министров Республики Башкортостан.

При рассмотрении планов реформирования предприятий Межведомственная комиссия, кроме рассмотрения основных составляющих плана реформирования, особое внимание обращает на следующие вопросы:

сроки выхода предприятия на полную оплату текущих платежей в бюджет и внебюджетные фонды; обоснованность графика погашения задолженностей в бюджет и внебюджетные фонды.

Бизнес-процесс получения государственной поддержки предприятиям выглядит следующим образом:

- 1) решение общего собрания акционеров или совета директоров о реформировании предприятия;
- 2) составление предприятием (самостоятельно или с привлечением научных, учебных, консалтинговых организаций) плана реформирования и представление его в профильный отраслевой орган исполнительной власти;
- 3) рассмотрение плана реформирования в отраслевом органе исполнительной власти (министерстве, государственном комитете, ведомстве) с последующим представлением его на Межведомственную комиссию;
- 4) рассмотрение плана реформирования на Межведомственной комиссии и принятие решения комиссией о включении предприятия в реестр предприятий, приступивших к реформированию или о возвращении плана реформирования на доработку;
- 5) проведение отраслевым органом исполнительной власти ежеквартального мониторинга о ходе выполнения каждым предприятием плана реформирования и представление информации в Межведомственную комиссию;
- 6) в случае невыполнения предприятием плана реформирования, исключение его из реестра реформирующихся предприятий с последующим объявлением процедуры его банкротства.

В качестве одной из мер государственной поддержки в случае успешного выполнения предприятием своей программы реформирования, Межведомственная комиссия рекомендует предприятие для заключения со-

глашений по реструктуризации задолженностей в бюджет с Управлением по налогам и сборам МЧС РФ по РБ, как выполняющие оценочные критерии процесса реформирования;

За время работы комиссии на ее заседаниях были рассмотрены планы реформирования 194 предприятий, 176 из которых были включены в реестр предприятий, приступивших к реформированию. В ходе мониторинга из реестра было исключено 27 предприятий и на сегодняшний день в республиканском реестре находится 149 предприятий различных отраслей экономики, в том числе: 88 промышленных предприятия, 35 предприятия агропромышленного комплекса, 13 полиграфических предприятий, 15 строительных организаций, и ряд других предприятий. Лидерами среди отраслей являются предприятия машиностроения — 26% реестра и пищевой промышленности — 24%.

Два с лишним года осуществления процесса реформирования — это совсем небольшой срок по производственным меркам, однако даже он демонстрирует позитивную тенденцию к лидерству предприятий, приступивших к реформированию. Их лидерство связано с заложенными в планы реформирования стратегическими решениями, способными обеспечить их устойчивый экономический рост.

Наибольшие шансы на получение государственной поддержки в республике Башкортостан имеют те предприятия, которые имеют наибольшие кооперационные связи внутри республики. Государственная поддержка этим предприятиям означает, что по эффекту мультипликации эти предприятия дадут заказы на поставку сырья и комплектующих многим другим республиканским предприятиям, обеспечивая тем самым улучшение их финансового состояния. Это означает, что мы способствуем созданию эффективного ядра предприятий, которые способствуют экономическому росту других предприятий и экономики республики в целом.

На нынешнем этапе предприятиями получены следующие результаты процесса реформирования:

- улучшение финансового состояния;
- рост прибыли предприятий;
- оплата в полном объеме текущих платежей в бюджет и внебюджетные фонды, а также отсутствие задолженности по заработной плате;
- рост денежной составляющей в расчетах;
- выработка предприятиями среднесрочной стратегии развития и повышение культуры корпоративного управления.

Темпы роста, например, машиностроения в республике составили в 2000 г. — 12,3%, в 2001 г. — 26,3%, что заметно выше среднероссийского. Значительный вклад в это вносит Программа реформирования предприятий.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные и практические результаты, полученные в данной работе, состоят в следующем.

Разработана оригинальная технология формирования программ регионального развития, включающая механизмы конкурсного отбора предприятий и технологию реформирования и реструктуризации предприятий, включенных в программу.

Предложен метод комплексного оценивания вариантов программы на основе матричных сверток. Введены понятия критической оценки, резерва направления, резерва обобщенной оценки и резерва направления

относительно обобщенной оценки. Доказана теорема о связи этих понятий.

Введено понятие напряженного варианта программы с заданными резервами направлений. Предложен алгоритм построения сети напряженных вариантов.

Дана постановка задачи оптимизации программы регионального развития как задачи достижения требуемого значения комплексной оценки варианта программы с заданными резервами направлений и минимальными затратами. Предложены методы ее решения в частных случаях (на основе сети напряженных вариантов, для случая согласованности программы по направлениям и сбалансированных программ реформирования предприятий).

Для общего случая предложен метод построения комплексной оценки программ реформирования предприятий по последующим построением сети напряженных вариантов для этой оценки. Доказана теорема о возможности построения комплексной оценки программ реформирования предприятий, согласованной с комплексной оценкой направлений региональной программы.

Разработаны методы оценки риска, связанного с реализацией региональной программы в условиях вероятностной, нечеткой и интервальной неопределенностей.

Предложены и исследованы теоретико-игровые и оптимизационные модели распределенных систем принятия решений, характеризующихся наличием нескольких взаимодействующих активных центров, оценивающих эффективность решений (программ регионального развития) по различным критериям. Доказан ряд теорем о свойствах оптимальных механизмов управления в распределенных системах принятия решений.

Предложены механизмы льготного налогообложения и кредитования, оптимальные по различным критериям (минимизация числа предприятий-должников, максимизация прибыли, максимизация комплексной оценки эффекта). Исследована манипулируемость предложенных механизмов.

Дана постановка задач оптимального финансирования программ и проектов реформирования в режиме самофинансирования по критериям минимизации величины финансового резерва центра и минимизации времени реализации программы (проектов). Предложены методы решения задач, сочетающие эвристические правила упорядочения работ с методом динамического программирования. Для ряда случаев предложены эффективные точные алгоритмы.

Полученные теоретические результаты использованы при разработке и реализации программ развития во Владимирской, Воронежской, Нижегородской областях и республике Башкортостан.

Полученные научные и практические результаты имеют большое народнохозяйственное значение как теоретическая и методологическая основа создания средств математического и экспериментального обеспечения систем поддержки принятия решений по управлению региональным развитием. От внедрения разработанных моделей и методов получен значительный экономический эффект.

## Литература

1. Авдеев Ю.А. Оперативное планирование в целевых программах. Одесса, «МАЯК», 1990.
2. Айзерман М.А., Алескеров Ф.Т. Выбор вариантов: основы теории. М.: Наука, 1990.
3. Аккоф Р., Эмери Ф. О целеустремленных системах. М.: Сов. радио, 1974.
4. Андронникова Н. Г., Баркалов С.А., Бурков В.Н., Котенко А.М. Модели и методы оптимизации региональных программ развития. М.: ИГУ РАН, 2001.
5. Анохин А.М., Глотов В.А., Павельев В.В., Черкашин А.М. Комплексное оценивание: принцип бинарности и его приложения. М.: ИГУ РАН, 1994.
6. Ансоф И. Стратегическое управление. М.: Экономика, 1989.
7. Ануфриев И.К., Бурков В.Н., Вилкова Н.И., Рапацкая С.Т. Модели и механизмы внутрифирменного управления. М.: ИГУ РАН, 1994.
8. Арсланов М.З. Скаляризация задачи построения множества оптимальных по Слейтеру решений // Автоматика и Телемеханика. 1997. № 8.
9. Ашмимов А.А., Бурков В.Н., Джапаров Б.А., Кондратьев В.В. Согласованное управление активными производственными системами. М.: Наука, 1986.
10. Баркалов С.А., Бурков В.Н., Гилязов Н.М. Методы агрегирования в управлении проектами. М.: ИГУ РАН, 1999.
11. Беллман Р., Заде Л. Принятие решений в расплывчатых условиях / Вопросы анализа и процедуры принятия решений. М.: Мир, 1976. С. 172-215.
12. Березовский Б.А., Барышников Р.М., Борзенко В.И., Кемпнер Л.М. Многокритериальная оптимизация: математические аспекты. М.: Наука.
13. Бурков В.Н. Основы математической теории активных систем. М.: Наука, 1977.
14. Бурков В.Н. и др. Теория активных систем и совершенствование хозяйственного механизма. М.: Наука, 1984.
15. Бурков В.Н., Горгидзе И.И., Новиков Д.А., Юсупов Б.С. Модели и механизмы распределения затрат и доходов в рыночной экономике. М.: ИГУ РАН, 1997.
16. Бурков В.Н., Данев Б, Еналеев А.К. и др. Большие системы: моделирование организационных механизмов. М.: Наука, 1989.
17. Бурков В.Н., Джавахадзе Г.С. Экономико-математические модели управления развитием отраслевого производства. М.: ИГУ РАН, 1998.
18. Бурков В.Н., Еналеев А.К., Новиков Д.А. Механизмы функционирования социально-экономических систем с сообщением информации // Автоматика и Телемеханика. 1996. № 3. С. 3 – 25.
19. Бурков В.Н., Заложнев А.Ю., Кулик О.С., Новиков Д.А. Механизмы страхования в социально-экономических системах. М.: ИГУ РАН, 2001.
20. Бурков В.Н., Заложнев А.Ю., Новиков Д.А. Теория графов в управлении организационными системами. М.: СИНТЕГ, 2001.
21. Бурков В.Н., Ириков В.А. Модели и методы управления организационными системами. М.: Наука, 1994.
22. Бурков В.Н., Квон О.Ф., Цитович Л.А. Модели и методы мультипроектного управления. М.: ИГУ РАН, 1998.
23. Бурков В.Н., Кондратьев В.В. Механизмы функционирования организационных систем. М.: Наука, 1981.
24. Бурков В.Н., Кондратьев В.В., Цыганов В.В., Черкашин А.М. Теория активных систем и совершенствование хозяйственного механизма. М.: Наука, 1984.
25. Бурков В.Н., Новиков Д.А. Как управлять проектами. М.: Синтег, 1997.
26. Бурков В.Н., Новиков Д.А. Теория активных систем: состояние и перспективы. М.: Синтег, 1999.
27. Ватель И.А., Ерешко Ф.И. Математика конфликта и сотрудничества. М.: Знание, 1973.
28. Виханский О.С., Наумов А.И. Менеджмент: человек, стратегия, организация, процесс. М.: Изд-во МГУ, 1996.
29. Гвишиани Д.М. Организация и управление. М.: Наука, 1970.
30. Гермейер Ю.Б. Игры с непротивоположными интересами. М.: Наука, 1976.
31. Гермейер Ю.Б., Ерешко Ф.И. Побочные платежи в играх с фиксированной последовательностью ходов // ЖВМ и МФ. 1974. № 14. С. 1437-1450.
32. Глотов В.А., Павельев В.В. Векторная стратификация. М.: Наука, 1984.
33. Горелик В.А., Кононенко А.Ф. Теоретико-игровые модели принятия решений в эколого-экономических системах. М.: Радио и связь, 1982.
34. Губко М.В., Караваев А.П. Согласование интересов в матричных структурах управления // Автоматика и Телемеханика. 2001. № 10. С. 132-146.
35. Губко М.В., Новиков Д.А. Теория игр в управлении организационными системами. М.: Синтег, 2002.
36. Данилов В.И., Сотсков А.И. Механизмы группового выбора. М.: Наука, 1991.
37. Дункан Д.У. Основополагающие идеи в менеджменте. М.: Дело, 1996.
38. Иванилов Ю.П., Лотов А.В. Математические модели в экономике. М.: Наука, 1979.
39. Интриллигатор М. Математические методы оптимизации и экономическая теория. М.: Прогресс, 1975.
40. Кини Р.Л., Райфа Х. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения. М.: Радио и связь, 1981.
41. Клейнер Г.Б. Производственные функции: теория, методы, применение. М.: Финансы и статистика, 1986.
42. Кононенко А.Ф., Халезов А.Д., Чумаков В.В. Принятие решений в условиях неопределенности. М.: ВЦ АН СССР, 1991.
43. Кочиева Т.Б., Новиков Д.А. Базовые системы стимулирования. М.: Апостроф, 2000.
44. Маршалл Д.Ф., Бансал В.К. Финансовая инженерия. М.: Инфра-М., 1998.
45. Месарович М., Мако Д., Такахара И. Теория иерархических многоуровневых систем. М.: Мир, 1973.
46. Мескон М., Альберт М., Хедоури Ф. Основы менеджмента. М.: Дело, 1998.
47. Мильнер Б.З., Евенко Л.И., Раппопорт В.С. Системный подход к организации управления. М.: Экономика, 1983.
48. Миркин Б. Г. Проблема группового выбора. М.: Наука, 1974.
49. Мулен Э. Кооперативное принятие решений: аксиомы и модели. М.: Мир, 1991.
50. Нейман Д., Моргенштерн О. Теория игр и экономическое поведение. М.: Наука, 1970.
51. Новиков Д.А. Механизмы функционирования многоуровневых организационных систем. М.: Фонд «Проблемы управления», 1999.
52. Новиков Д.А. Стимулирование в социально-экономических системах (базовые математические модели). М.: ИГУ РАН, 1998.
53. Новиков Д.А., Петраков С.Н. Курс теории активных систем. М.: СИНТЕГ, 1999.
54. Новиков Д.А., Петраков С.Н., Федченко К.А. Децентрализация механизмов планирования в активных системах // Автоматика и Телемеханика. 2000. № 6. С. 126 – 137.
55. Новиков Д.А., Петраков С.Н., Федченко К.А. Стимулирование в управлении проектами как системообразующий фактор / Труды Международного симпозиума «Совет 99». Москва, 8-11 сентября 1999 г.
56. Новиков Д.А., Цветков А.В. Механизмы стимулирования в многоэлементных организационных системах. М.: Апостроф, 2000.
57. Новиков Д.А., Цветков А.В. Декомпозиция игры активных элементов в задачах стимулирования // Автоматика и Телемеханика. 2001. № 2. С. 173-180.
58. Новиков Д.А., Цветков А.В. Механизмы функционирования организационных систем с распределенным контролем. М.: ИГУ РАН, 2001.
59. Орловский С.А. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации. М.: Наука, 1981.
60. Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П. Введение в системный анализ. М.: Высшая школа, 1989.
61. Подиновский В.В., Ногин В.Д. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач. М.: Наука, 1982.

62. Поспелов Г.С., Ириков В.А., Курилов А.Е. Процедуры и алгоритмы формирования комплексных программ. М.: Наука, 1985.
63. Поспелов Г.С., Ириков В.А. Программно-целевое планирование и управление. М.: Советское радио, 1976.
64. Санталайнен Т. Управление по результатам. М.: Прогресс, 1988.
65. Семенов И.Б., Чижов С.А., Полянский С.В. Комплексное оценивание в задачах управления системами социально-экономического типа. М.: ИГУ РАН, 1996.
66. Технология и опыт вывода предприятия из критического и банкротного состояния в конкурентоспособное / Под ред. В.А. Ирикова. – М., 1996.
67. Трахтенгерц Э.А. Компьютерная поддержка принятия решений. М.: Синтег, 1998.
68. Фишер С., Дорнбуш Р., Шмалензи Р. Экономика. М.: Дело, 1993.
69. Цветков А.В. Стимулирование в управлении проектами. М.: Апостроф, 2001.
70. Armstrong M. Reward management. London, 2000.
71. Fudenberg D., Tirole J. Game theory. Cambridge: MIT Press, 1995.
72. Green J., Laffont J.J. Incentives in public decision-making. Studies in public economics. Vol.1. Amsterdam: North-Holland Publishing Company, 1979.
73. Grossman S., Hart O. An analysis of the principal-agent problem // *Econometrica*. 1983. Vol. 51. N 1. P. 7 – 45.
74. Hart O.D., Holmstrom B. Theory of contracts // *Advances in economic theory*. 5th world congress. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1987. P. 71-155.
75. Groves T. Incentives in teams // *Econometrica*. 1973. Vol. 41. N 4. P. 617-631.
76. Groves T., Loeb M. Incentives in a divisionalized firm // *Management Science*. 1979. Vol. 25. N 3. P. 221 – 226.
77. Groves T., Radner R. The allocation of resources in a team // *J. of Economic Theory*. 1972. Vol. 4. N 2. P. 415 – 441.
78. Mas-Colell A., Whinston M.D., Green J.R. Microeconomic theory. N.Y.: Oxford Univ. Press, 1995.
79. Mintzberg H., Quinn J.B. The strategy process: concepts, contexts, cases. London: Prentice Hall, 1988.
80. Myerson R.B. Game theory: analysis of conflict. London: Harvard Univ. Press, 1991.
81. Peters T.J., Watermann R.H. In search of excellence. NY: H&R, 1982.
82. Salanie B. The economics of contracts. MIT Press, 1999.
83. Sapsford D., Tzannatos Z. The economics of the labor market. London: Macmillan, 1993.
84. Schein E.H. Organizational psychology. NY: Prentice Hall, 1965.
85. Sen A. Collective choice and social welfare. London: Holden-Day, 1970.
86. Sen A. Social choice theory / *Handbook on mathematical economics*. Vol. 3. Amsterdam: North-Holland Publishing Company, 1986. P. 1073-1181.
87. Zadeh L.A. Fuzzy sets // *Information and Control*. 1965. N 8. P. 338-353.
88. Публикации автора
89. Андронникова Н. Г., Бурков В.Н., Леонтьев С.В. Комплексное оценивание в задачах регионального управления. – М.: ИГУ РАН. 2002. 50 с.
90. Андронникова Н. Г., Леонтьев С.В., Новиков Д.А. Процедуры нечеткого комплексного оценивания / Труды Международной научно-практической конференции «Современные сложные системы управления». – Липецк: ЛГТУ. 2002. С. 7 – 8.
91. Гилев С.Е., Леонтьев С.В., Новиков Д.А. Распределенные системы принятия решений в управлении развитием региона / Труды Международной научно-практической конференции «Современные сложные системы управления». – Липецк: ЛГТУ, 2002. С. 44 – 45.
92. Гилев С.Е., Леонтьев С.В., Новиков Д.А. Распределенные системы принятия решений в управлении региональным развитием. – М.: ИГУ РАН. 2002. 50 с.
93. Заложнев А.Ю., Леонтьев С.В., Чернышев Р.А. Модели и методы финансирования программ развития региона / Труды Международной научно-практической конференции «Современные сложные системы управления». – Липецк: ЛГТУ. 2002. С. 57 – 59.
94. Леонтьев С.В. Механизмы льготного налогообложения // *Современное управление*. 2002. № 5.
95. Леонтьев С.В. Активизация внутренних резервов // *Журнал для акционеров*. 1999. №11.
96. Леонтьев С.В. Антикризисное управление предприятиями и банками, глава 16. – М.: Дело, 2001. 800 с.
97. Леонтьев С.В. Влияние налоговых отчислений на развитие предприятий региона // *Финансовая газета*. 2000. № 12.
98. Леонтьев С.В. Доступное средство от банкротства. Ключевые проблемы и направления совершенствования структуры управления // *Экономика и жизнь*. 1997 № 5.
99. Леонтьев С.В. Как обосновать инвестиционный проект // *Экономика и жизнь*. 1997. № 13.
100. Леонтьев С.В. Комплекс моделей и методов стратегического управления развитием предприятия / *Материалы международной научно-практической конференции «Управление большими системами»*. – М. 1997.
101. Леонтьев С.В. Комплексный подход к реформированию промышленных предприятий / Тезисы докладов конференции «Привлечение внешней помощи: консалтинг и образование – инструменты эффективного управления». Секция II «Образование, тренинг, консалтинг». Москва, 1998.
102. Леонтьев С.В. Модели и методы управления разработкой и реализацией программ регионального развития. – М.: Физматлит, 2002. 200 с.
103. Леонтьев С.В. Модели и методы целенаправленного формирования условий развития региона / Труды международной практической конференции «Теория активных систем» (19-21 ноября 2001 года). – М.: ИГУ РАН, 1999. том 2.
104. Леонтьев С.В. Распределенные процедуры формирования региональных программ развития промышленности в условиях реформирования / Тезисы докладов Международной конференции по проблемам управления (29 июня-2 июля 1999 года). – М.: ИГУ РАН.
105. Леонтьев С.В. Реструктуризация предприятий // *Бизнес, право, прибыль*. 1997. №1.
106. Леонтьев С.В. Структура организации: ключевые проблемы и направления совершенствования // *Бизнес, право, прибыль*. 1997. № 2.
107. Леонтьев С.В. Технология вывода предприятий из банкротного и предбанкротного состояния / *Материалы региональной научно-практической конференции: Проблемы социально-экономического развития Владимирской области на современном этапе*. – Владимир. 2001.
108. Леонтьев С.В. Технология и опыт вывода предприятия из критического и банкротного состояния в конкурентоспособное. Библиотека технологий управления. Методика. Годовой опыт ЗАО «Чайковский текстиль». Разделы 1.3.2, 2.7. (учебно-методическое пособие). – М.: УНПК МФТИ, 1996. 230 с.
109. Леонтьев С.В. Технология инновационного развития организационной структуры предприятия. (Учебное пособие). – М.: МФТИ, 2000. 200 с.
110. Леонтьев С.В. Технология проведения работ по диагностике организационной структуры предприятия // *Консультант директора*. 2000. № 12.
111. Леонтьев С.В., Магура М.И., Тренев В.Н. Управление человеческими ресурсами при реализации проектов. (Учебное пособие) – М.: ПРИОР, 2002. 120 с.
112. Леонтьев С.В., Макаров М.Н. Информационные технологии решения задач финансового планирования / Межведомственный сборник «Моделирование процессов управления и обработки информации». М.: МФТИ, 1996.
113. Леонтьев С.В., Макаров М.Н. Финансово-экономический анализ коммерческого предложения (задача формирования ассортимента) / Межведомственный сборник «Моделирование процессов управления и обработки информации». М.: МФТИ, 1996.
114. Леонтьев С.В., Масютин С.А. Изменение организационной структуры предприятия: целесообразность и возможности // *ЭКО*. 1998. № 2.

115. Леонтьев С.В., Масютин С.А. Стратегические и тактические решения при совершенствовании системы управления предприятием на современном этапе // Аудит и финансовый анализ. 1998. № 4/98.
116. Леонтьев С.В., Масютин С.А., Тренев В.Н. Стратегии успеха (обобщение опыта реформирования российских промышленных предприятий). (Учебное пособие по менеджменту). – М.: Экономика. 2000. 330 с.
117. Леонтьев С.В., Семешко А.В. Информационные технологии формирования и реализации экономической стратегии развития организации / Межведомственный сборник научных трудов «Моделирование процессов управления и обработки информации». – М.: МФТИ.
118. Леонтьев С.В., Скорик В.М., Финкельштейн Г.М. Структурное реформирование промышленности региона / Финансовая газета. 1999. №№ 47-48.
119. Леонтьев С.В., Ткаченко П.Н. Типовая методика разработки бизнес-планов и анализа инвестиционных проектов с помощью текстовых таблиц // Аудит и финансовый анализ. 1998. № 1/98.
120. Леонтьев С.В., Тренев В.Н. Азбука децентрализации // «PC WEEK». 1998. №29/98.
121. Леонтьев С.В., Тренев В.Н. Методы и механизмы реализации распределенных процедур формирования управленческих решений при реформировании предприятий. Параграф 2.7 «Координация и синхронизация решения локальных задач». / Препринт. – М.: ИПУ РАН, том 1, 1998.
122. Леонтьев С.В., Тренев В.Н. Предприятие в условиях кризиса. Переход к устойчивому развитию // Общероссийский профессиональный журнал «Консалтинг». 1999. № 1/99.
123. Леонтьев С.В., Тренев Н.Н. Анализ и минимизация факторов неопределенности на российский промышленности предприятий / Научно-техническая информация ВИНТИ, 1999, серия 1, №11.
124. Леонтьев С.В., Финкельштейн Г.М. Использование ассортиментно-ценовых факторов для повышения финансово-экономической эффективности деятельности // Финансовая газета. «Региональный выпуск». 2000. №№ 1-3 январь 2000 года.
125. Леонтьев С.В., Финкельштейн Г.М. Ускорение расчетов, как инструмент реализации потенциала реформирования региона / Сборник научных трудов: Моделирование процессов управления и обработки информации. – М.: МФТИ, 1999.
126. Бадаев В.В., Леонтьев С.В. Оценка эффективности операций по обмену валюты / Межведомственный сборник «Моделирование процессов управления и обработки информации». М.: МФТИ, 1994.
127. Балашов В. Г., Ильдеменов С.В., Ириков В.А., Леонтьев С.В., Тренев В.Н. Методы и механизмы реализации распределенных процедур формирования управленческих решений при реформировании предприятий. / Препринт – М.: ИПУ РАН, том 2, 1998.
128. Балашов В. Г., Ильдеменов С.В., Ириков В.А., Леонтьев С.В., Тренев В.Н. Реформирование и реструктуризация предприятий. (Учебно-методическое пособие). – М.: «Издательство ПРИОР». 1998. 315 с.
129. Баранов П.В., Леонтьев С.В. Социологические аспекты сотрудничества по вопросам правового регулирования хозяйственной деятельности / Межотраслевой сборник «Сотрудничество по вопросам правового регулирования хозяйственной деятельности». М.: Социцентр, 1995.
130. Бурков В.Н., Заложнев А.Ю., Леонтьев С.В., Новиков Д.А., Чернышев Р.А. Механизмы финансирования программ регионального развития. – М.: ИПУ РАН. 2002. 50 с.
131. Воробьев В.П., Ильдеменов С.В., Ириков В.А., Леонтьев С.В., Поликарпов В.И. Выбор и реализация приоритетов научно-технического прогресса. Учебное пособие. Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский университет экономики и финансов, 1994.
132. Дранко О.И., Ильдеменов С.В., Леонтьев С.В. Реформа предприятия и управление финансами. Раздел «Анализ издержек» (учебно-методическое пособие). – М.: «КОНСЭКО», 1998. 100 с.
133. Дранко О.И., Ириков В.А., Леонтьев С.В. Технологии экономического обоснования инвестиционных проектов развития фирмы. М.: УНПК МФТИ, 1996.
134. Дранко О.И., Леонтьев С.В. Формирование требований к инвестиционным проектам инновационного фонда / Межведомственный сборник «Математическое моделирование процессов управления и обработки информации». М.: МФТИ, 1993.
135. Ильдеменов С.В., Кормушкин И., Леонтьев С.В., Хайниш С. Как привлечь инвестора и получить инвестиции // Экономика и жизнь. 1994. № 28.
136. Ильдеменов С.В., Леонтьев С.В. Инвестиционная политика акционерного общества // Экономика и жизнь. 1994. № 8.
137. Ильдеменов С.В., Леонтьев С.В. Инвестиционная политика и инновационная стратегия Международного центра хозяйственных нововведений / Межотраслевой сборник «Сотрудничество по вопросам правового регулирования хозяйственной деятельности». М.: Социцентр, 1995.
138. Ириков В.А., Тренев В.Н. Распределенные системы принятия решений. М.: Наука, 1999.
139. Кеворков В.В., Леонтьев С.В. Политика и практика маркетинга. (Учебно-методическое пособие). – М.: «КОНСЭКО». 1998. 100 с.
140. Кондратьев В.В., Леонтьев С.В. ТЭО на кредит / Курс лекций «Введение в бизнес-инжиниринг». Москва, 1995.
141. Ларин В.Я., Леонтьев С.В., Скорик В.М. Онтологические исследования системных проектов. Раздел 10.3 Аналитическое, экспертное и консультационное обеспечение процессов реструктуризации промышленных предприятий. Аналитика – Капитал. Том 2 «Информационно-аналитические службы и технологии». – М.: ВИНТИ, 1999.
142. Leontiev S.V. Portfolio Formation of the Investment Projects in Russia / Proceedings of 12-th International Conference on Multiple Criteria Decision Making. Germany, Hagen, 1995.
143. Leontiev S.V. Adaptation of Methods of the Investment Project Assessment in Russia / Proceedings of 12-th International Conference on Multiple Criteria Decision Making. Germany, Hagen, 1995.
144. Leontiev S.V. Distributed Procedures to compile the Programs on Industrial Development at the sub-national (regional) level in Russian Circumstances / Proceedings of Fourteenth Conference on Quantitative Methods for Decision Making. Belgium, Mons, 2000. P. 8-9.
145. Leontiev S.V. Information Technologies to formulate and implement the Economic Strategy of Company Development / Proceedings of 14-th International Conference Multiple Criteria Decision Making. USA, Charlottesville, 1998.
146. Leontiev S.V. Information Technologies to formulate the Economic Strategy of Company Development / Proceedings of Second International Conference in Multi-Objective Programming and Goal Programming. Spain, Malaga, Torremolinos, 1996.
147. Leontiev S.V. The application of distributed procedures and decomposition methods in tasks of elaboration of the development program at sub-national (regional) level / Proceedings of XV Second International Conference on multi-criteria decision support systems. Istanbul, 2000.
148. Leontiev S.V., Trenev V.N. Financial and Economic Analysis of Commercial Proposal (Problem of Assortment formation) / Proceedings of 2-nd International Conference on Industrial Engineering and Production Management. Vol. I. Lion, 1997.
149. Leontiev S.V. Multi-Criteria Approaches to Assortment Formation / Proceedings of 3-rd International Conference on Multi-Objective Programming and Goal Programming. Canada, Quebec City, University LAVAL, 1998.
150. Leontiev S.V. Using of models of the distributed systems in the circuits of business distributed to a regional attribute / Proceedings of XVI MCDM Winter Conference: Simmering, Austria. 2002.

*Леонтьев Станислав Викторович*