

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

*Институт проблем управления*

*им. В.А. Трапезникова*

**В.Н. Бурков, А.Ю. Заложнев, С.В. Леонтьев,  
Д.А. Новиков, Р.А. Чернышев**

**МЕХАНИЗМЫ ФИНАНСИРОВАНИЯ  
ПРОГРАММ РЕГИОНАЛЬНОГО  
РАЗВИТИЯ**

Москва - 2002

Бурков В.Н., Заложнев А.Ю., Леонтьев С.В., Новиков Д.А., Чернышев Р.А. **Механизмы финансирования программ регионального развития.** М.: ИПУ РАН, 2002. – 55 с.

Настоящая работа содержит результаты исследований теоретико-игровых и оптимизационных моделей механизмов финансирования программ развития регионов. В том числе, рассматриваются механизмы льготного налогообложения, кредитования, самофинансирования и др.

Работа рассчитана на специалистов (теоретиков и практиков) по управлению организационными системами.

*Рецензент: д.т.н. А.В. Щепкин*

Утверждено к печати Редакционным советом Института

## СОДЕРЖАНИЕ

<u>Введение</u> .....	4
<u>Глава 1. Механизмы льготного налогообложения</u> .....	5
<u>1.1. Льготное налогообложение и кредитование</u> .....	5
<u>1.2. Описание модели</u> .....	5
<u>1.3. Механизмы льготного налогообложения</u> .....	10
<u>1.4. Распределенные системы принятия решений о льготном налогообложении</u> .....	21
<u>1.5. Проекты реформирования и реструктуризации</u> .....	28
<u>1.5.1. Модель ПРР</u> .....	28
<u>1.5.2. Механизмы поддержки ПРР</u> .....	30
<u>1.5.3. Процедуры согласования интересов центров</u> .....	35
<u>Глава 2. Механизмы самофинансирования</u> .....	39
<u>Заключение</u> .....	53
<u>Литература</u> .....	54

## **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящей работе 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 программами 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 программами 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) [10], 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 работе под проектом будет подразумеваться ПРР.

Ниже рассматриваются такие базовые механизмы финансирования ПРР как: механизмы льготного налогообложения и кредитования (глава 1) и механизмы самофинансирования (глава 2). Значительное внимание уделяется процедурам согласования интересов заинтересованных в реализации ПРР сторон, в том числе – в рамках распределенных систем принятия решений.

# **ГЛАВА 1. МЕХАНИЗМЫ ЛЬГОТНОГО НАЛОГООБЛОЖЕНИЯ**

## **1.1. Льготное налогообложение и кредитование**

В настоящей главе рассматривается класс механизмов поддержки проектов реформирования и реструктуризации (ППР). Эта поддержка может оказываться властями региона отдельным предприятиям, объединениям предприятий своим подразделениям и т.д. В частности, изучаются механизмы льготного налогообложения и механизмы финансирования ППР, 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 ППР сторон, в том числе – в рамках распределенных систем принятия решений. Результаты рассмотрения и сравнения между собой ряда механизмов льготного налогообложения обобщаются на случай, когда определенные параметры неизвестны центру и сообщаются ему предприятиями.

## **1.2. Описание модели**

Рассмотрим следующую модель проекта реформирования и реструктуризации (ППР) предприятия. Предприятие характеризуется неотрицательным скалярным объемом производства  $y \geq 0$ . До начала реализации ППР постоянные издержки (за некоторый фиксированный временной интервал, считающийся единичным) равны  $c_0$ , удельные переменные издержки (переменные издержки по выпуску единицы продукции) равны  $a_0$ , цена реализации единицы продукции -  $l_0$ , 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 (в настоящей работе принята независимая по главам нумерация формул):

$$(1) y_0^{min} = c_0 / (I_0 - a_0).$$

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  $a$ , увеличить максимальный объем производства до величины  $y^{max}$ , повысить качество, а следовательно, и цену реализации до величины  $I$ , и т.д.), так как никакие организационные изменения не смогут обеспечить прибыльности предприятия (см. рисунок 1) [10].

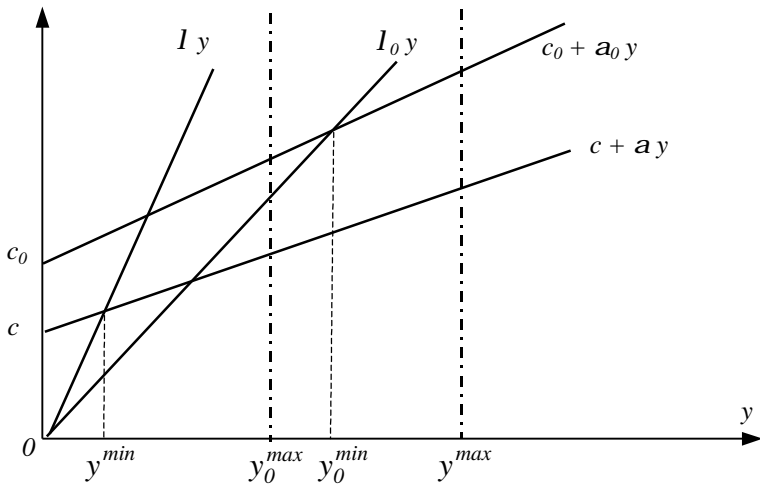


Рис. 1. Точки безубыточности

Если  $y_0^{min} \leq y_0^{max}$ , то оптимальным является максимальный объем производства, который обеспечит следующее значение валовой прибыли в единицу времени:  $p_0 = (I_0 -$

$a_0) y_0^{max} - c_0$ . Если ставка налога с прибыли равна  $g$ , то чистая прибыль в единицу времени равна  $p_{0g} = (1 - g) p_0 = (1 - g) [(1_0 - a_0) y_0^{max} - c_0]$ .

Предположим, что предприятие имеет небюджетную задолженность (или бюджетную задолженность, подлежащую реструктуризации)  $G_0$ , тогда срок  $T_{0g}$  выхода из состояния банкротства (то есть срок, за который накопленная чистая прибыль превысит задолженность) можно определить как

$$(2) T_{0g} = G_0 / p_{0g}$$

Если предприятию предоставлены налоговые льготы (оно освобождено от уплаты части налогов<sup>1</sup>), то срок  $T_0$  выхода из состояния банкротства равен

$$(3) T_0 = G_0 / p_0 \neq T_{0g}$$

На первый взгляд (см. рисунок 2), предоставление налоговых льгот эквивалентно<sup>2</sup> недополучению налогов в размере  $g G_0$  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. Поэтому в момент времени  $T_0$  (момент погашения первоначальной задолженности  $G_0$  без учета налоговых платежей) у предприятия образуется «новая» задолженность  $G_g - G_0 = g G_0$  (см. рисунок 2), время погашения

---

<sup>1</sup> Для простоты в настоящей модели будем считать, что имеется единственный налог – налог на прибыль, а налоговые льготы соответствуют временному полному освобождению от уплаты этого налога.

<sup>2</sup> Так как рассматриваются динамические модели, то необходимо отметить, что все финансовые величины должны быть приведены к одному моменту времени.

которой составит  $gT_0$ . Но к моменту времени  $T_g = T_0 + gT_0$  образуется новая задолженность -  $g^2 G_0$  и т.д. Время погашения всех (накапливающихся) задолженностей определится как сумма геометрической прогрессии (см. также выражения (2) и (3)):

$$(4) T_{0g} = T_0 (1 + g + g^2 + \dots) = T_0 / (1 - g).$$

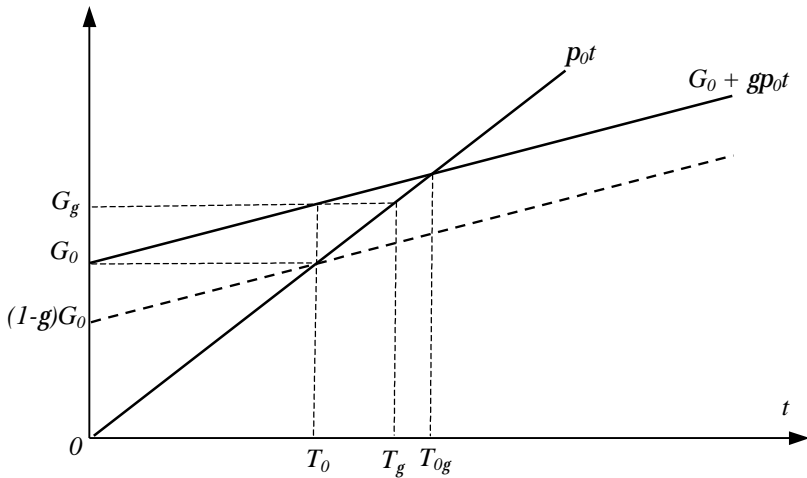


Рис. 2. Динамика налоговых платежей

Следовательно на протяжении времени  $T_{0g}$  предприятие находится в разряде должников, причем долги перед бюджетом являются наиболее критической категорией долгов предприятия (см. рисунок 3, где  $b = g / (1 - g)$  ( $< 1$  при  $g < 1/2$ )), поэтому предоставление льгот может рассматриваться как эффективный инструмент привлечения инвестиций. При этом целесообразно использование механизмов смешанного финансирования и кредитования [5].

Таким образом, в случае предоставления налоговых льгот сумма  $b G_0$  может рассматриваться как точка отсчета при реструктуризации долгов, то есть, предоставление налоговых льгот эквивалентно недополучению налогов в размере  $b G_0$  за



срок  $T_{0g}$ . Как отмечалось выше, этот вывод не совсем корректен, так как имеет смысл рассматривать только положительные значения налоговых платежей (ср. рисунки 3 и 4). Верхняя жирная линия на рисунке 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  $gG_0$  на период  $T_0$  при условии их погашения к моменту времени  $T'$ , быть может при ненулевой ставке процента.

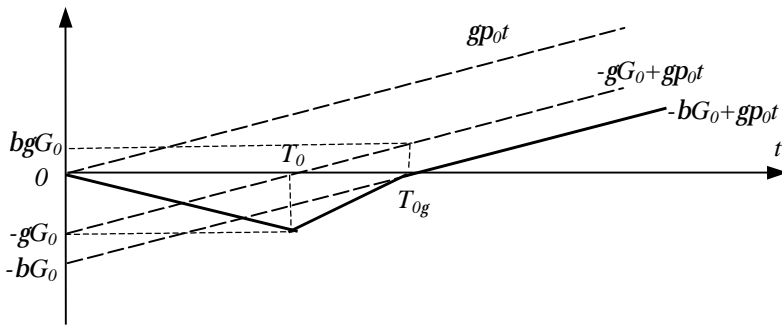


Рис. 3. Динамика бюджетной задолженности

В последнем случае можно считать, что стоимость для предприятия отсрочки погашения долгов перед бюджетом (перенос их на период с  $T_0$  до  $T'$ ) равна  $D$  (см. рисунок 4). Момент времени  $T''$  характеризует погашение долгов предприятия перед бюджетом:

$$(5) T'' = \frac{gp_0 T' + \Delta}{gp_0 T_0 + \Delta} T_0.$$

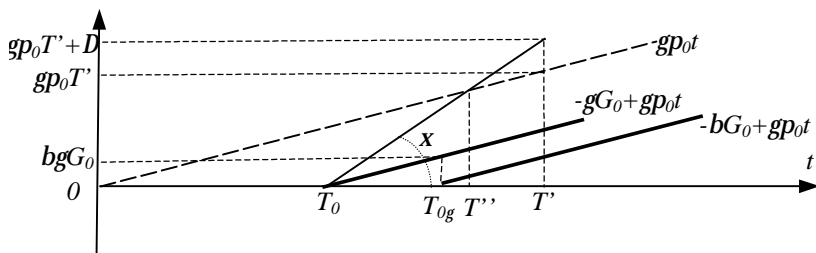


Рис. 4. Динамика налоговых платежей при предоставлении налоговых льгот

### 1.3. 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 [11]. Взятие подобного кредита, быть может, не очень эффективно с точки зрения необремененного долгами 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  $D$ , «ставки» кредита  $x$  и др.) связаны следующим соотношением (см. также рисунок 4):

$$(6) \quad x = \frac{gp_0T' + D}{T' - T_0}.$$

Величина  $D$  может определяться, например, как дополнительный фиксированный процент  $y$  от первоначального кредита  $\gamma G_0$ , то есть:

$$(7) \quad D = (1 + y) g G_0.$$

Выражения (1)-(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. [10]. Принцип принятия решения центром определяется тем критерием эффективности, который последний стремится максимизировать. Следовательно, различные критерии эффективности порождают различные механизмы.

Рассмотрим активную систему [6] (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):

$$(8) \sum_{i \in Q} G_{0i} \leq R / g,$$

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 (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:

$$(9) Q = \{1, 2, \dots, k_I\},$$

где  $k_I$  – максимальный номер в упорядочении АЭ по возрастанию  $T_i''$  такой, что

$$(10) \sum_{i=1}^k G_{0i} \leq R / g, \quad \sum_{i=1}^{k+1} G_{0i} > R / g.$$

Процедура распределения льгот (см. также конкурсные механизмы в [1, 5]) 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 соответствии с (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

$$(11) \mathcal{E}_i = g G_{0i} / (T_i'' - T_{0i}), i \in I,$$

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 [5], 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

многообразии возможных вариантов. Как показано в [5], большей эффективностью, чем простые конкурсные механизмы, обладают так называемые прямые конкурсы, к классу которых принадлежит рассматриваемый ниже механизм 4.

**Механизм 4.** Пусть  $l_i$  – 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

$$(12) L(x) = \sum_{i \in I} l_i x_i$$

при бюджетном ограничении (8), где  $Q = \{i \in I / x_i = 1\}$ .

Задача (12), (8) является задачей о ранце [3]. Для нее справедливо следующее утверждение.

**Утверждение 1.** Механизм 4 обладает не меньшей эффективностью, чем соответствующий ему механизм 1, механизм 2 или механизм 3.

Справедливость этого утверждения следует из того, что любому решению, получающемуся в механизмах 1-3, соответствует некоторое множество  $Q$  (множество победителей конкурса), а в (12) максимизация ведется по всем возможным таким множествам, и при этом ограничение (8) одинаково для всех четырех механизмов.

Рассмотрим элементарный числовой пример, иллюстрирующий свойства механизмов 1-4.

**Пример 1.** Пусть имеются 5 предприятий – претендентов на получение налоговых льгот, данные о которых приведены в

таблице 1, ставка налога равна  $g = 30\%$ , а время погашения льгот  $T' = 4$ . У центра имеется ресурс  $R = 200$ . Сравнительная эффективность механизмов приведена в таблице 2 (в механизме 1 максимизировалась сумма разностей между  $T'$  и  $T_i''$ ).

N	$G_0$	$p_0$	$t_0$	D	$T''$	x1	x2	x3
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

Табл. 1. Параметры предприятий

		Механизм 4	Улучшение (%)
Механизм 1	3,15	3,64	16
Механизм 2	234	253,5	8
Механизм 3	276	276	0

Табл. 2. Сравнительная эффективность механизмов 1-4

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 (12), (8) метода динамического программирования [3] 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 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 (см. ниже и [8]).

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 обобщим рассматриваемые модели на случай, когда определенные параметры неизвестны центру и сообщаются ему предприятиями. При этом возникает проблема манипулирования информацией [6] 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  $g$ , начальные задолженности  $\{G_{oi}\}$  достоверно известны и центру, и АЭ. Зачастую неполностью наблюдаемой центром является размер удельной прибыли  $p_{oi}$  предприятия, поэтому предположим, что именно оценки  $\{s_i\}$  этих величин предприятия сообщают центру, подавая заявки на участие в конкурсе на получение льгот по налогообложению.

Рассмотрим механизм 1. Из выражений (5) и (7) получаем, что время выхода из разряда должников перед бюджетом определяется для  $i$ -го предприятия следующим образом:

$$(13) T_i'' = \frac{T' + (1+u) G_{oi} / p_{oi}}{2+u}, i \in I.$$

Отметим, что выражение (13) не зависит от ставки налогообложения. Известно [7, 18], 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  $T_I$ , 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 (7)), а отсрочка погашения задолженности увеличивает срок и величину свободных средств предприятия.

Из (13) следует, что победителями станут предприятия, имеющие минимальные значения  $T_{0i} = G_{0i} / p_{0i}$ , то есть справедлив следующий результат.

Утверждение 2. В механизме (1) равновесные сообщения АЭ имеют вид:

$$(14) s^*_i = G_{0i} (I + Y) / (T_I (2 + Y) - T^*), i \in \hat{I} \setminus Q, s^*_j = p_{0j}, j \in \hat{I} \setminus Q,$$

где:  $Q = \{1, 2, \dots, k_I\}$ , при упорядочении АЭ по возрастанию отношений  $G_{0i} / p_{0i}$  номер  $k_I$  определяется выражением (10),  $T_I = T''_{k+1}$ .

Содержательно утверждение 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 (7), (10) и (14)). В-третьих, в силу (13) и (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 (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  $T_{0i}$ ), тем меньше диапазон возможных искажений. И наоборот, чем более разнородны предприятия, тем больше возможности монополистов (опять же в смысле  $T_{0i}$ ) по искажению информации.

Отмеченный эффект манипулирования информацией со стороны победителей конкурса в отсутствии штрафов имеет место во всех конкурсных механизмах [5]. 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 [1, 5], 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  $T_1 - T_{0i}$ . 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 (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  $Y = Y(s)$  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 [3], либо организовано соревнование [3, 14] и т.д.) дифференцировать победителей (которые в силу (14) на первом этапе сообщат одинаковые заявки  $T_i''$ ) и тем самым повысить эффективность. В то же время, организация второго тура требует дополнительных ресурсов, поэтому в каждом конкретном случае требуется соотношение 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 (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 занижить 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 (5) и (11) центр упорядочивает АЭ в порядке убывания следующих величин:

$$(15) \vartheta_i = \frac{g(2+y)G_{0i}}{T' - \frac{G_{0i}}{p_{0i}}}, i \hat{I} I.$$

Вычисляемая центром оценка (15) эффективности  $i$ -го предприятия монотонно возрастает по  $G_{0i}$  и монотонно убывает по  $p_{0i}$ . Равновесные сообщения АЭ в механизме 3 вычисляются по аналогии с тем, как это делается в утверждении 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 утверждением 1 обладает не меньшей эффективностью, чем механизмы 1-3, к сожалению, также подвержен манипулированию. В [5] доказано, что гарантированная эффективность прямых конкурсов (к классу которых относится механизм 4) равна 1/2. Так, например, в условиях примера 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 утверждением 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 (см. аналогии в [12]).

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

$$(16) \sum_{i \in I} x_i l_i \rightarrow \max_{\{x_i\}}$$

при ограничении

$$(17) g \sum_{i \in I} x_i G_{0i} \leq R,$$

методом динамического программирования [3], мы имеем возможность найти зависимость  $L(R)$  оптимального значения критерия эффективности (16) от ограничения  $R$ , фигурирующего в неравенстве (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 (16)-(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 (16)-(17)) при  $R = R^*$ .

Утверждение 3. Если выполнена гипотеза благожелательности и АЭ используют гарантирующие (по множеству механизмов определения победителей центром) стратегии, то механизм 5 неманипулируем.

Доказательство утверждения 3. Обозначим  $Q(R, s) \hat{I} I$  – 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  $i \hat{I} I$ . Пусть все АЭ, кроме  $i$ -го, сообщили достоверную информацию, то есть обстановка  $s_{-i}$  игры для него фиксирована. При фиксированном  $s_{-i}$  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  $i \in Q(R^+, s_i)$  и  $i \notin Q(R^-, s_i)$ .

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 утверждения 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 предпочтут говорить правду, так как всегда найдется механизм, в котором при сообщении недостоверной информации АЭ не попадет в число победителей.

Исследовав манипулируемость механизмов льготного налогообложения, обсудим более подробно некоторые возможные процедуры согласования критериев выделения победителей конкурса.

#### **1.4. 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 (15), получим, что приоритет будут иметь высокорентабельные предприятия с маленькой задолженностью и т.д.).

Использование одновременно нескольких критериев, характерное для распределенных систем принятия решений (РСНР), 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 ранге 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 (16)-(17) с различными критериями (метод решения подробно описывается ниже), после чего производится окончательный выбор победителей на основе анализа множественных оценок.

Рассмотрим метод решения поставленной задачи. Без потери общности ограничимся данными примера 1.

Пример 2. Пусть имеются пять предприятий, данные о которых приведены в таблице 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  $D_i$  (точнее доходом  $g G_{0i} (1 + Y)$ , включая плановые налоговые платежи), которую получает центр, предоставляя налоговые льготы данному предприятию. Как отмечалось выше, решения этих задач различны (независимо от того, применяются ли механизм 1 и механизм 2, или механизмы 4 с различными показателями эффекта).

Реализуем метод динамического программирования в соответствии со следующим алгоритмом.

Построим сеть, приведенную на рисунке 5: из точки  $(0; 0)$  отложим две дуги, соответствующие включению или невключению первого предприятия в число победителей. Горизонтальная дуга имеет нулевой вес, ордината наклонной дуги соответствует «затратам» центра  $g G_{01}$ . Наклонной дуге поставим в соответствие два числа – значения аддитивных критериев  $[T_1 - T_1'' ; g G_{01} (I + Y)]$ , изображенных на рисунке 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 рисунке 5), а также методом кратчайшего пути [3] – 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 [9, 16, 17]. Рассмотрим ряд методов, отражающих специфику решаемой задачи.

Число вариантов быстро растет с ростом числа претендентов<sup>3</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 рисунке 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 [3].

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*») –

---

<sup>3</sup> Следует отметить, что сложность процедуры генерации вариантов практически не зависит от числа критериев, по которым оцениваются альтернативы.



оставлять только те варианты, для которых увеличение затрат приводит к одновременному увеличению оценок по всем критериям.

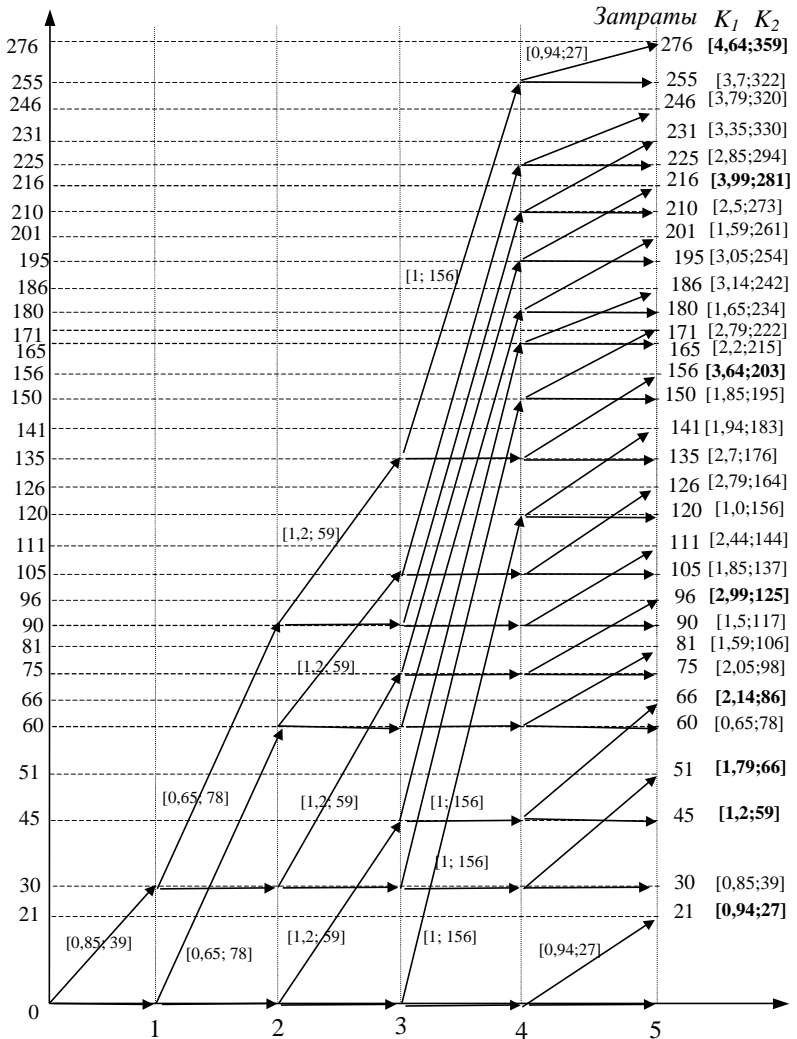


Рис. 5. Метод динамического программирования

Совместное применение правил № 1 и № 2, а также некоторые другие процедуры, обсуждаются в примере 3 ниже.

Применение правила №2 в рассматриваемом примере позволяет сократить число анализируемых вариантов до семи вариантов, выделенных на рисунке 5 жирным шрифтом. Оценки затрат и значений критериев по этим вариантам приведены в таблице 3.

Сократив число вариантов, мы можем применять те или иные процедуры выбора окончательного множества победителей конкурса на предоставление налоговых льгот.

<b>Затраты</b>	<b>K1</b>	<b>K2</b>
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

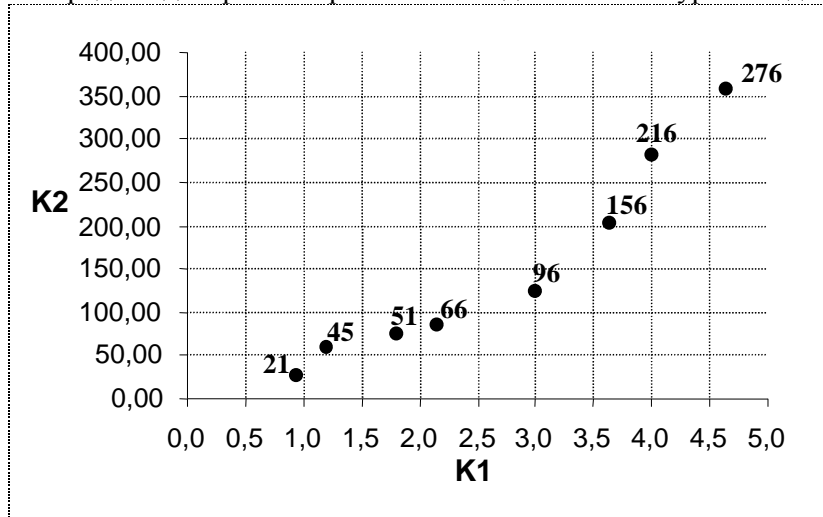
*Табл. 3. Варианты предоставления льгот*

Для этого в случае двух критериев удобно использовать следующий прием: нанесем на плоскости ( $K_1$ ;  $K_2$ ) точки, соответствующие отобраным вариантам и проставим около каждой точки соответствующие затраты (диаграмма, отражающая данные таблицы 3, приведена на рисунке 6). Примером использования такого подхода (в случае, когда критериями являются эффект и риск) являются так называемые РЭСТ-диаграммы (Риск-Эффективность-Стоимость) [2].

Полученная диаграмма может служить основой для обсуждения и согласования окончательных вариантов (многочисленные процедуры согласования описаны в [2, 9, 17]; см. также ниже), в том числе, в ситуации, когда центр представляет собой распределенную систему, участники которой обладают различными интересами (различными приоритетами критериев и др.) [8, 10].

Информация, содержащаяся на рисунках 5-6, позволяет ставить и решать ряд практически важных задач (см. обсуждение и результаты в [2, 3]): 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. 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 рассмотре-

нию моделей ПРР в контексте задач анализа и синтеза механизмов льготного налогообложения.

## 1.5. Проекты реформирования и реструктуризации

Реализация на предприятии проекта его реформирования и/или реструктуризации [10] 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 реализацию ПРР. Для расширения многообразия вариантов мы рассмотрим другую модель (связанную с первой), для которой проанализируем механизмы принятия решений о поддержке проектов реформирования и реструктуризации.

### 1.5.1. Модель ПРР

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  $a$ , увеличить максимальный объем производства до величины  $y^{max}$ , повысить качество, а следовательно, и цену реализации до величины  $l$ , и т.д.) – см. рисунок 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:  $p = (l - a) y^{max} - c$ . Если ставка налога с прибыли равна  $g$ , то чистая прибыль в единицу времени равна  $p_g = (l - g) p = (l - g) [(l - a) y^{max} - c]$ .

Оставим в силе предположение о том, что предприятие имеет задолженность  $G_0$ , тогда срок  $T_g$  выхода из состояния

банкротства (то есть срок, за который накопленная чистая прибыль превысит сумму задолженности и стоимости ПРР) можно определить как (см. рисунок 7, на котором динамика финансовых показателей при отсутствии ПРР изображена пунктирными линиями, в присутствии ПРР – сплошными линиями):

$$(18) T_g = (G + G_0) / p_g$$

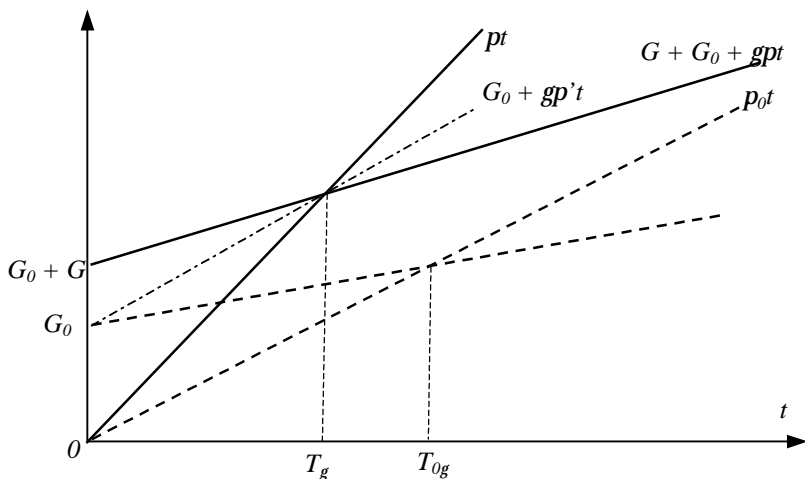


Рис. 7. Динамика финансовых показателей после ПРР

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  $T_g \leq T_{0g}$  как критерий эффективности ПРР. Подставляя (2) и (18), получаем:

$$(19) p / p_0 \geq 1 + G / G_0.$$

Единовременные затраты на ПРР в размере  $G$  могут рассматриваться как погашаемый в течении  $T_g$  кредит – см.

штрих-пунктирную линию на рисунке 7, наклон которой  $g p'$  определяется следующим образом:

$$(20) p' = p + G / T_g,$$

поэтому величина  $x = G / T_g$  может интерпретироваться как эквивалентная ставка кредита (доля прибыли, которая идет на погашение кредита):

$$(21) x = \frac{(1 - g)Gp}{g(G + G_0)},$$

которая монотонно возрастает с ростом прибыли и затрат на ПРР. Также может быть рассчитана эффективность  $\mathcal{E}$ , определяемая центром как отношение прироста налоговых платежей к затратам на ПРР:  $\mathcal{E} = g(p - p_0) / G$ .

Таким образом, ПРР характеризуется затратами  $G$  и приростом платежей в бюджет  $g(p - p_0)$ , а также такими производными величинами как:  $T_g$ ,  $x$  и  $\mathcal{E}$ .

Описав модель ПРР для одного предприятия рассмотрим механизмы принятия решений центром по поддержке независимых проектов реформирования и реструктуризации, реализуемых группой предприятий.

### ***1.5.2. 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. утверждения выше и в [12]

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 - воздействием 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 вет-

вей и границ, в котором ветвлению «дерева» вариантов соответствует добавление или удаление одного из ПРР из множества реализуемых, а критериями отсечения ветвей – либо превышение затратами максимально возможных, либо снижение оценки 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, характеризуемую 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 3. Предположим, что имеются четыре проекта, данные о которых приведены в таблице 4.

Номер проекта	1	2	3	4
Затраты	10	20	15	25
Экономический эффект (K1)	4	5	6	7
Экологический эффект (K2)	8	5	9	4

*Табл. 4. Данные о ПРР в примере 3*



Варианты поддержки ПРР и значения затрат и критериев приведены в таблице 5 («1» соответствует поддержке данного ПРР в варианте, соответствующем строке таблицы 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.

Оценки вариантов по критериям  $K_1$  и  $K_2$  представлены на рисунке 8. Жирными точками отмечены варианты, выделяемые правилом № 2, доминируемые варианты зачеркнуты.

№	1	2	3	4	Затраты	K1	K2	K
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	1	<b>25</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	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
6	0	0	1	1	<b>40</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	29,25
7	0	1	0	1	45	12	9	23,25
8	1	0	0	1	35	11	12	26
9	0	1	1	0	35	11	14	28,5
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	<b>60</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	40,5
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	42,5
16	1	1	1	1	<b>70</b>	<b>22</b>	<b>26</b>	54,5

Табл. 5. Варианты поддержки ПРР в примере 3

В случае, когда число недоминируемых вариантов велико (в рассматриваемом примере их 12), целесообразно вводить

дополнительные приоритеты критериев и вычислять агрегированные оценки.

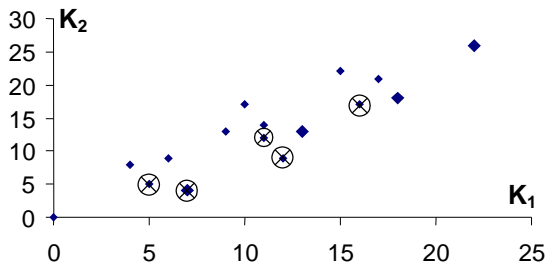


Рис. 8. Оценки вариантов в примере 3

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 рисунке 9.

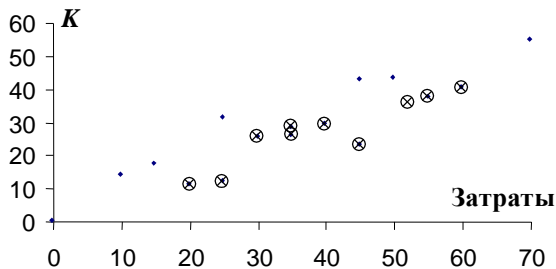


Рис. 9. Оценки и затраты вариантов

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, характеризуемый максимальным эффектом (в смысле значения критерия  $K$ ) на единицу вложенных средств. Тогда будет выбран вариант № 10. •

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 [8, 9, 16]. 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.

### ***1.5.3. 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 [12, 15].

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  $k$ :

$$(22) D_i(j, k) = h_{ij} - h_{ik}, \quad i \in \bar{I}, \quad I = \{1, 2, \dots, n\},$$

и суммарный выигрыш всех центров от этого перехода:

$$(23) D(j, k) = H_0(j) - H_0(k),$$

$$\text{где } H_0(j) = \sum_{i=1}^n h_{ij}.$$

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  $\{S_{ij}\}$ , с учетом которой целевая функция  $i$ -го центра примет вид:

$$(24) f_i(j) = h_{ij} - S_{ij}, \quad i \in \bar{I}.$$

Взаимодействие центров оказывается зависящим от матрицы  $S = \|S_{ij}\|$ . 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 [14], использование метациентром системы стимулирования

$$(25) S_i(\cdot) = \begin{cases} \Delta_i(j, k) - d_i, & i = k \\ S_i^H, & i \neq k \end{cases},$$

где запись " $i = k$ " обозначает поддержку  $i$ -ым центром  $k$ -го варианта  $S_i^H = \max_j h_{ij}$  - стратегия наказания центра за отклонение  $k$ -го варианта,  $d_i > 0$  - сколь угодно малая строго поло-

жительная константа, побуждает всех центров единогласно поддержать вариант  $k$ .

В выражении (25) первый режим соответствует трансферу 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  $d = \sum_{i=1}^n d_i$ ). 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:

$$(26) \sum_{i=1}^n s_i(j, k) = D(j, k) = H_0(j) - H_0(k) \geq C.$$

Таким образом, с одной стороны, в рамках замкнутого набора центров (при  $C = 0$ ) (26) - условие неотрицательности баланса трансфертов, а с другой стороны, как отмечалось выше, это - достаточное условие (с учетом (24)-(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  $k_0$ :

$$(27) P(k_0, C) = \{j / D(k_0, j) \leq C\}.$$

Понятно, что множество  $P(C)$  вариантов, которые могут быть поддержаны (как альтернативы любым другим вариантам), есть

$$(28) P(C) = \bigcap_{k_0} P(k_0, C) = \{j / H_0(j) \geq \max_i H_0(i) - C\}.$$

Легко показать, что при использовании метацентром системы стимулирования (24), любая точка множества (28) оптимальна по Парето.

Таким образом, справедлив следующий результат.

Утверждение 4. При заданном бюджетном ограничении  $C$  любой вариант из множества (28) может быть реализован системой стимулирования (25).

Рассмотрим вопрос о целесообразности привлечения метацентром внешних средств. Пусть метацентру достоверно известно, что в отсутствие управления центры выбирают вариант  $k_0$ . Тогда  $[D(k_0, k) - C]$  – косвенный доход метацентра от побуждения центров к выбору варианта  $k \in P(k_0, C)$ . Если  $H(k)$  – "собственный" доход (или затраты в случае отрицательного знака) метацентра от реализации соответствующего варианта, то оптимальная величина привлеченных средств может быть найдена из решения следующей оптимизационной задачи:

$$(29) K(C) = \max_{i \in P(C, k_0)} [H(i) + D(k_0, i) - d] - C \quad \text{®} \quad \max_{C \geq 0}$$

Величина

$$(30) g(C) = \max_{i \in P(C, k_0)} [H(i) + D(k_0, i) - d] / C$$

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 [13]).

Описанная процедура позволяет определять степень рас-согласованности интересов центров и охватывает метод линейной свертки критериальных оценок (см. пример 3) как частный случай. Действительно, если полезность каждого центра линейна по соответствующей критериальной оценке, то  $H(x)$  представляет собой именно линейную свертку критериальных оценок (в рамках примера 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 несепарабельны (каждый из них заинтересован в той или иной степени в

приросте оценок по всем критериям), описанная процедура также включает линейные свертки как частный случай.

## **ГЛАВА 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  $(c_i, d_i, t_i)$ , где  $c_i$  – затраты, необходимые для начала осуществления  $i$ -ой работы,  $d_i$  – доход, получаемый после ее завершения,  $t_i$  – 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 [5] 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  $a_0$  – процентная ставка банка (в единицу времени), по которой возможно привлечение заемных средств. Для простоты будем считать, что обеспечением кредита является его размер.

Величина  $a_i^0 = (d_i - c_i) / c_i$  характеризует рентабельность  $i$ -ой работы, а величина  $a_i = (d_i - (1 + a_0 t_i)c_i) / c_i = a_i^0 - a_0 t_i$  – ее *приведенную рентабельность*<sup>4</sup> (приведенная рентабельность может рассчитываться и другими способами [5]).

Интересы центра учтем следующим образом. Предположим, что АЭ выплачивают центру налог с прибыли:  $p_i = \{b a_i c_i\}$ , где  $b$  – единая ставка этого налога. В то же время,

---

<sup>4</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).



в соответствии с введенными выше предположениями центр обязан на время реализации  $i$ -ой работы зарезервировать средства в размере  $c_i$ ,  $i \in \hat{I}$ .

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  $Q_0 = \{i \in \hat{I} \mid a_i > 0\}$ , 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  $i$ -ой работы, то финансовый баланс центра (во времени) можно записать в следующем виде (отличие от механизмов самофинансирования, рассмотренных в [3, 5], заключается в том, что затраты не накапливаются):

$$(1) f(t) = b \sum_{i \in Q_0} a_i c_i I(t - t_i) - \sum_{i \in Q_0} c_i I(t - t_i), \quad t \geq 0.$$

Время завершения работ определяется временами  $\{t_i\}$  как

$$(2) T = \max_{i \in Q_0} \{t_i + t_i\}.$$

Понятно, что всегда выполняется условие

$$(3) \max_{i \in Q_0} t_i \leq T \leq \sum_{i \in Q_0} t_i,$$

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

$$(4) C_0 = \min \{ C \geq 0 \mid \int_0^t f(t) dt - C \}.$$

Зависимость резерва центра от времени имеет вид

$$(5) c(t) = \min \{ 0; f(t) \},$$

поэтому  $C_0$  можно также определить как  $C_0 = \max_{t \geq 0} c(t)$ . Эскиз

возможных графиков финансового баланса и резерва центра приведен на рисунке 10.

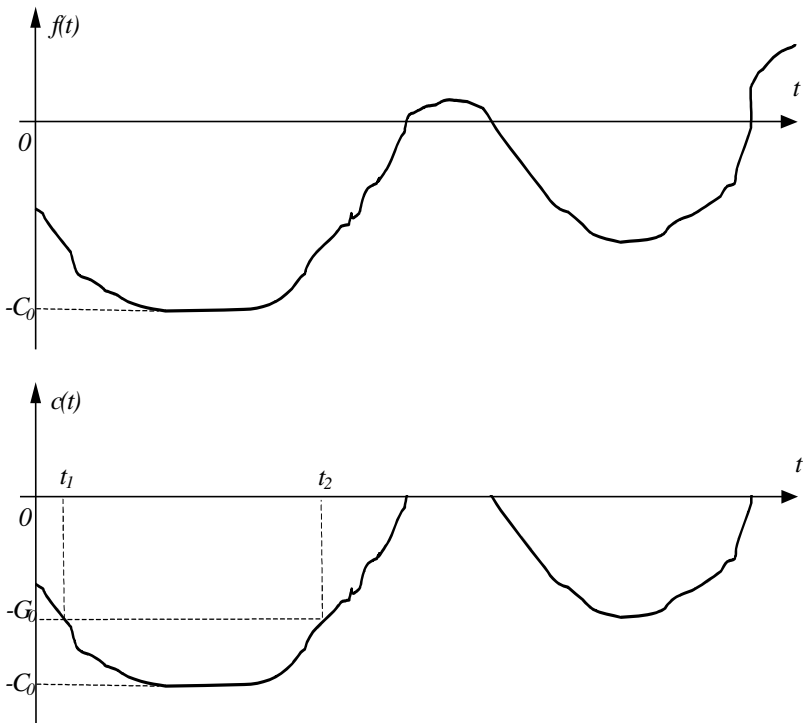


Рис.10. Пример динамики финансового баланса и резервов центра

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.

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. рисунок 12, на котором изображено это множество для рассматриваемого ниже примера 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 достигает минимума величина резервов центра. Эта задача является частным случаем

задачи о лекторе [3]. 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 [3, 5], 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:  $c_1 \leq c_2 \leq \dots \leq c_m$ , где  $m = |Q_0|$ . Положив

$$(6) t_1 = 0, t_i = t_{i-1} + t_{i-1}, i = \overline{2, m},$$

и подставив времена начала работ (6) в (1), 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 парал-

тельно и без перерывов. При этом продолжительность проекта будет равна  $T_2 = \max_{i \in Q_0} \{t_i\}$ , то есть будет определяться макси-

мальной 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. Пусть имеются пять работ, данные о которых представлены в таблице 6,  $a_0 = 20\%$ ,  $b = 40\%$ . 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 6

$N_i$	$c_i$	$d_i$	$t_i$	$a_i^0$	$a_i$
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. рисунок 2). 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 рисунке 11 – цифры у дуг соответствуют номерам работ). При этом после оптимизации времени график резервов стал более «равномерным».

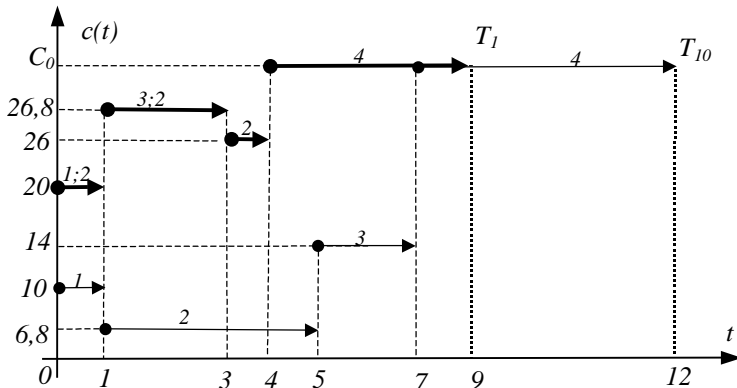
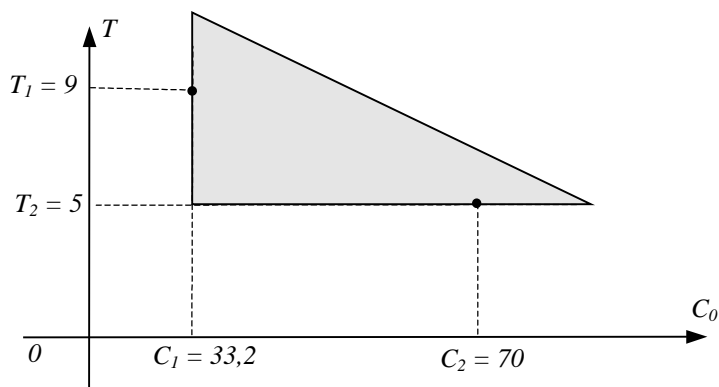


Рис. 11. Оптимальная последовательность работ в задаче 1

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  $C_2 = 70$ .

Нанося результаты решения первой и второй задач (точки  $(C_1, T_1)$  и  $(C_2, T_2)$ ) на плоскость  $C_0 \ 0 \ T$ , получим заштрихованную на рисунке 12 оценку (понятно, что в дискретной задаче возможно конечное множество вариантов) множества возможных комбинаций максимальных резервов и сроков. •



*Рис. 12. Множество допустимых комбинаций максимальных резервов и сроков*

Выше мы описали методы решения задач минимизации максимальных резервов центра (времени завершения проекта), которым соответствуют две точки на рисунке 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.

Рассмотрим методы решения задачи минимизации резерва при условии, что определен директивный срок  $T$  реализации всех работ (проектов реформирования). Примем сначала, что продолжительности  $t_i$  всех работ одинаковы (без ограничения общности примем их равными 1).

Пусть определено число работ  $n_k$ , выполняемых в каждом периоде  $k = 1, T$  (очевидно, что  $1 \leq n_k \leq n - T$ , где  $n$  – число работ региональной программы). В этом случае остается справедливым правило приоритета работ, согласно которому работы назначаются в очередности возрастания  $c_i$  (доказательство аналогично доказательству для последовательной цепочки работ). 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  $k = \overline{1, T}$ . По оси абсцисс отложим числа  $N_k$  – число работ, выполненных за первые  $k$  периодов,  $k \in N_k \in N$ . Точкам с координатами  $(k, N_k)$  соответствуют вершины сети. Из вершин  $(k-1, N_{k-1})$ ,  $k = \overline{1, T}$ , 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

$$D(N_{k-1}) = b \sum_{q=1}^{N_{k-1}} a_q c_q$$

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 5. Пусть имеются четыре работы, данные о которых представлены в таблице 7.



Таблица 7

$N_i$	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 рисунке 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 рисунке 13 толстыми линиями.

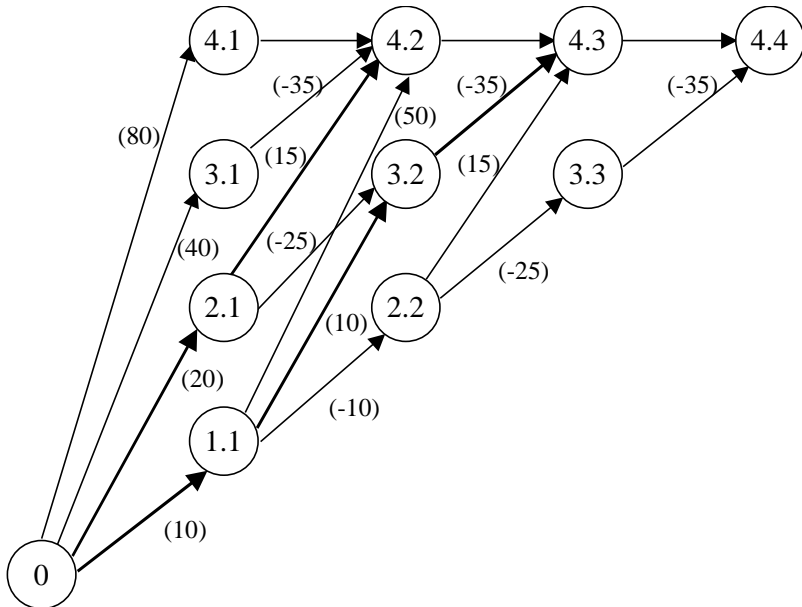


Рис. 13. Сеть вариантов выполнения работ

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 рисунке 14 приведена сеть, полученная из сети рисунка 13.

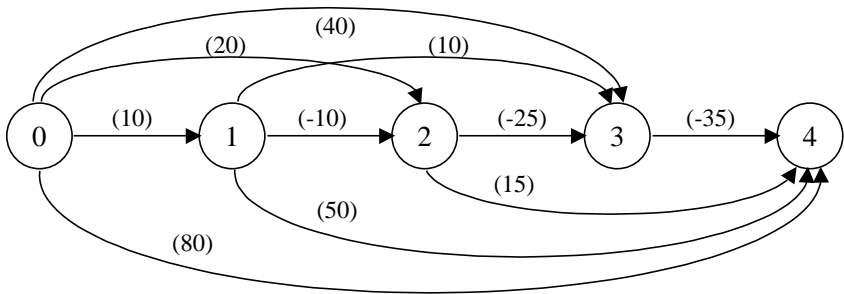


Рис. 14.

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  $m$  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  $m(10) = (0, 1, 3, 4)$ , при  $S = 15$  путь  $m(15) = (0, 1, 2, 4)$ , а при  $S = 20$  путь  $m(20) = (0, 2, 4)$ . Очевидно, Парето-оптимальными являются пути  $m(10)$  и  $m(20)$ , для которых продолжительность проекта составляет, соответственно, 3 и 2 периода.

Если продолжительности работ различны, то задача уже не имеет столь эффективных алгоритмов решения. Однако, на основе описанных выше алгоритмов можно получить оценки снизу либо величины резерва, либо продолжительности проекта и применить и в алгоритмах типа ветвей и границ. Проиллюстрируем идею подхода на примере 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).

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 1 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 [2, 3, 5, 10]. Полученные в них, и, в первую очередь, в работах по исследованию механизмов страхования [4, 5], 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 [4].

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.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В настоящей работе 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. Использовать 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.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Бурков В.Н., Данев Б, Еналеев А.К. и др. Большие системы: моделирование организационных механизмов. М.: Наука, 1989.
2. Бурков В.Н., Джавахадзе Г.С. Экономико-математические модели управления развитием отраслевого производства. М.: ИПУ РАН, 1998.
3. Бурков В.Н., Заложнев А.Ю., Новиков Д.А. Теория графов в управлении организационными системами. М.: Синтег, 2001.
4. Бурков В.Н., Заложнев А.Ю., Кулик О.С., Новиков Д.А. Механизмы страхования в социально-экономических системах. М.: ИПУ РАН, 2001.
5. Бурков В.Н., Новиков Д.А. Как управлять проектами. М.: Синтег, 1997.
6. Бурков В.Н., Новиков Д.А. Теория активных систем: состояние и перспективы. М.: Синтег, 1999.
7. Губко М.В., Новиков Д.А. Теория игр в управлении организационными системами. М.: Синтег, 2002.
8. Ириков В.А., Тренев В.Н. Распределенные системы принятия решений. М.: Наука, 1999.
9. Кини Р.Л., Райфа Х. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения. М.: Радио и связь, 1981.
10. Леонтьев С.В., Масютин С.А., Тренев В.Н. Стратегии успеха: обобщение опыта реформирования российских промышленных предприятий. М.: ООО «Типография «Новости», 2000.
11. Маршалл Д.Ф., Бансал В.К. Финансовая инженерия. М.: Инфра-М., 1998.
12. Новиков Д.А. Механизмы функционирования многоуровневых организационных систем. М.: Фонд "Проблемы управления", 1999.

13. Новиков Д.А., Петраков С.Н., Федченко К.А. Стимулирование в управлении проектами как системообразующий фактор / Труды Международного симпозиума "Совнет' 99". Москва, 8-11 сентября 1999 г.
14. Новиков Д.А., Цветков А.В. Механизмы стимулирования в многоэлементных организационных системах. М.: Апостроф, 2000.
15. Новиков Д.А., Цветков А.В. Механизмы функционирования организационных систем с распределенным контролем. М.: ИПУ РАН, 2001.
16. Подиновский В.В., Ногин В.Д. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач. М.: Наука, 1982.
17. Трахтенгерц Э.А. Компьютерная поддержка принятия решений. М.: Синтег, 1998.
18. Myerson R.B. Game theory: analysis of conflict. London: Harvard Univ. Press, 1991.