МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)» (СГАУ)

Организация внутрифирменного управления

Интерактивное мультимедийное пособие
Система дистанционного обучения «Moodle»

САМАРА
2012

Автор-составитель: **Иванов ДмитрийЮрьевич**

Рецензенты:
профессор кафедры экономики промышленности СГТУ,
д-р. экон. наук, проф. А. И. Ладошкин;
заведующий кафедрой экономики д-р. техн. наук, проф. Г. М. Гришанов
Редакторская обработка Т. К. Кретинина
Компьютерная верстка Д.Ю. Иванов
Доверстка Д.Ю. Иванов

Организация внутрифирменного управления [Электронный ресурс] : интерактив. мультимед. пособие : система дистанц. обучения «Moodle» / Д.Ю. Иванов; Минобрнауки России, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т). - Электрон. текстовые и граф. дан. (4,25 Мбайт). - Самара, 2012. - 1 эл. опт. диск (CD-ROM).

Интерактивное мультимедийное пособие разработано на кафедре организации производства факультета экономики и управления и предназначено для студентов, обучающихся по направлению подготовки 080500 «Менеджмент» специальности 080507.65–08-О-П, 080507.65-09-О-П «Менеджмент организации».
Представленные материалы могут быть использованы на кафедре организации производства факультета экономики и управления в дисциплине организация внутрифирменного управления, которая читается студентам 4-5 курсов в 8-9 семестрах. Рассматриваются вопросы построения механизмов управления в организационно-экономических системах. Исследуется их эффективность. Особое внимание уделяется методам имитационного моделирования механизмов внутрифирменного управления.

Организация внутрифирменного управления

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

По характеру хозяйственной деятельности фирмы можно разделить на несколько крупных групп: промышленные, торговые, транспортные, страховые, инжиниринговые, туристские фирмы и т.д. В дальнейшем в работе будут рассматриваться механизмы и модели внутрифирменного управления промышленными фирмами. То есть такими фирмами, которые занимаются производством продукции.

Вопросы внутрифирменного управления приобретают важное значение, особенно в настоящее время, в связи с резкими изменениями условий хозяйствования, при поиске, завоевании или сохранении своего сектора рынка в условиях свободной конкуренции.

Требования рынка оказывают влияние на деятельность всей фирмы в целом. Для того, чтобы адекватно отвечать рыночным требованиям, руководство фирмы должно согласовывать с этими требованиями действия всех своих подразделений. Одним из путей решения этой задачи является совершенствование внутренней организации управления фирмы, ориентированной на требования рынка. В первую очередь, необходимо усиление влияния внутрифирменных экономических механизмов на конечные результаты деятельности всей фирмы в целом. Элементами системы внутрифирменных экономических отношений являются подсистемы планирования, контроля и экономического стимулирования и экономической ответственности [1]. В отличие от существовавшей системы планирования в условиях командно-административной экономики разработка, утверждение и корректировка планов в условиях рынка - дело самой фирмы. Контроль за выполнением планов, экономическое стимулирование и формы экономического воздействия должны быть ориентированы на достижение коммерческого интереса фирмы, на выполнение обязательств перед заказчиком, партнерами и персоналом [2].

В работе рассматриваются основные типы задач внутрифирменного управления:

- распределение работ и финансов между подразделениями;
- распределение прибыли;
- разработка систем стимулирования.

1.ОРГАНИЗАЦИОННАЯ СТРУКТУРА ФИРМЫ

Организационная структура фирмы предназначена, прежде всего, для установления четких взаимосвязей между подразделениями фирмы, распределения между ними прав и ответственности [3]. Организационная структура фирмы определяет ее состав и систему подчинения в общей иерархии фирмы. Укрупненная структура многих фирм может быть представлена в виде двухуровневой системы. На верхнем уровне находится Центр (материнская компания), а на нижнем уровне - подразделения фирмы (дочерние компании) [3].

Материнские компании бывают двух типов.

Материнская оперативно-производственная компания сама занимается хозяйственной деятельностью, и в этом случае централизованное управление охватывает все стороны производственного процесса, начиная с разработки новой продукции и кончая ее реализацией. Таким образом, в производственной компании объектом управления является производство материальных ценностей и все, что с ним связано. При этом финансовая деятельность служит средством управления и контроля. Методы управления, применяемые материнской производственной компанией, охватывают все стороны экономической деятельности дочерних компаний.

Материнская холдинговая компания сама не занимается производственной деятельностью, а лишь концентрирует у себя контрольные пакеты акций производственных компаний, которые обладают юридической и хозяйственной самостоятельностью, но подчиняются холдингу в финансовом отношении. Она осуществляет управление преимущественно методами финансового воздействия, устанавливая для каждой родственной фирмы основные финансовые показатели. Наряду с финансовыми рычагами воздействия используются и другие средства. Инструментом централизованного управления может служить, например, техническая полтика, т.е. сосредоточение научных исследований и технических разработок в едином центре головной компании и целевое предоставление его результатов дочерним компаниям. Часто в качестве таких инструментов используется распределение между дочерними компаниями номенклатуры выпускаемой продукции, раздел между ними рынков сбыта.

Дочерние компании являются юридическими самостоятельными. Заключение сделок и вся документация дочерних компаний (составление балансов) ведутся отдельно от материнской компании. Они имеют достаточную финансовую базу и имущество, необходимое для осуществления самостоятельной хозяйственной деятельности. Дочерние компании проводят раздельно с головной компанией заседания правления и общие заседания акционеров. Материнское общество не несет никакой ответственности по обязательствам своих дочерних компаний. Вместе с тем, материнская компания осуществляет контроль за деятельностью принадлежащих ей дочерних компаний, который обеспечивает владение контрольным пакетом акций. Этот контроль состоит не только в наблюдении и координации хозяйственной деятельности, но и в определении состава правления, назначения директоров, которые, в свою очередь, обязаны принимать указания от контролирующей фирмы и отчитываться перед ней.

Любая фирма в процессе ее создания и развития ориентируется на достижение вполне определенных целей, поэтому и организационная структура этой фирмы является преднамеренно и целенаправленно созданной и ориентированной на достижение установленных целей [4].

Анализ организационных структур многих фирм показывает, что большое количество различных фирм имеют сходную внутреннюю структуру взаимодействия входящих в них подразделений. При этом подразделения - исполнители могут быть как независимы друг от друга (при выполнении отдельных, несвязанных между собой договоров), так и иметь горизонтальные связи (при работе над крупным проектом) [5,6].

Линейная организация управления – распределение должностных обязанностей осуществлено так, чтобы каждый работник был максимально нацелен на выполнение производственных задач фирмы, все полномочия идут от высшего звена фирмы к низшему (Рис.1). Преимущества: четко реализуется распределение обязанностей и полномочий, простота в управлении. Недостатки: негибкость, неприспособленность к дальнейшему развитию. Хорошо работает в небольших фирмах при высоком профессионализме и авторитете руководителя, а также большой заинтересованности подчиненных в успешной работе фирмы.

Линейная организация управления

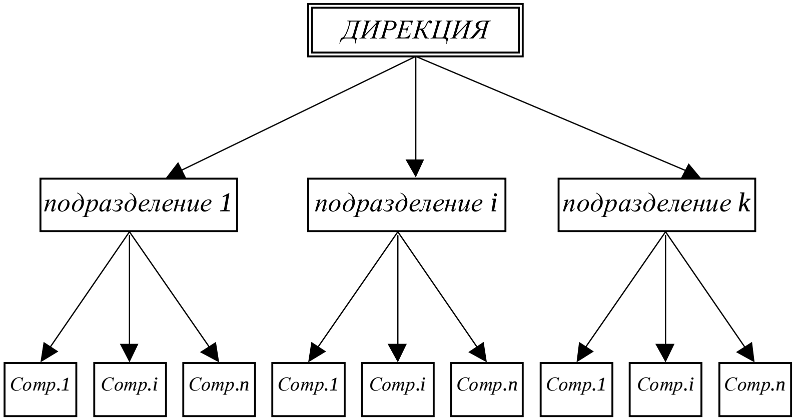


Рис. 1.

Линейно - функциональная структура управления нашла применение в сравнительно небольших фирмах с явно выраженным разделением труда, представляющих ограниченный ассортимент товаров и услуг, или как основа в отделениях больших, многономенклатурных фирмах (Рис.2). Это наиболее распространенная структура управления. Здесь линейное управление подкреплено специальными вспомогательными (функциональными) службами. Главное преимущество линейно функциональной структуры – ее эффективность. Основной недостаток линейно функциональной структуры состоит в том, что цели фирмы могут быть проигнорированы ради целей структурного подразделения, поскольку специалисты, работающие вместе в одном подразделении, замыкаются в сфере своих взаимных интересов. Например, бухгалтеры могут заниматься решением только своих проблем, не замечая проблем производства, или отдела сбыта или всей фирмы в целом. Другими словами, деятельность и цели структурных подразделений часто преобладают над деятельностью и целями фирмы [4].

Линейно - функциональная структура управления

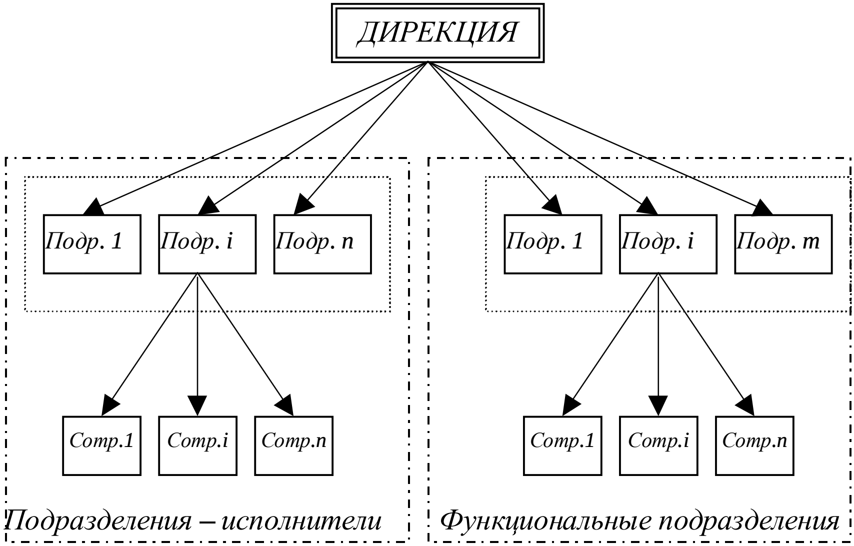


Рис. 2.

Матричная структура управления предусматривает создание двух ветвей связей подчинения:

- административная связь - подчинение непосредственному руководителю;
- функциональная связь – подчинение специалистам, обеспечивающим руководство выполнением работ, которые могут и не находиться в подчинении того же руководителя.

Матричная структура управления направлена на максимальное усиление преимуществ и сведение к минимуму недостатков линейной и линейно – функциональной структур управления (Рис. 3). Использование матричной структуры позволяет достичь желаемого баланса накладыванием вертикальной структуры на горизонтальную структуру власти [4]. Матричная структура управления применяется при сложном наукоемком производстве [5].

Матричная структура управления

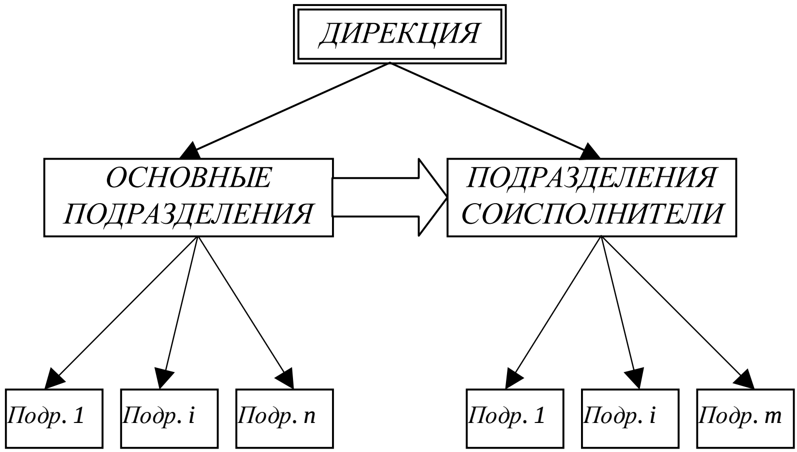


Рис. 3.

Процесс функционирования любой фирмы носит циклический характер. В пределах одного цикла осуществляются:

- привлечение необходимых ресурсов,
- соединение их в производственном процессе,
- реализация произведенной продукции и получение конечных финансовых результатов.

В условиях рыночной экономики укрупненными и относительно самостоятельными экономическими объектами, составляющими сферу приложения общих функций управления, являются денежные средства (точнее финансовые ресурсы), трудовые ресурсы, средства и предметы труда.

Финансовые ресурсы в этих условиях приобретают первостепенное значение, поскольку это - единственный вид ресурсов фирмы, трансформируемый непосредственно и с минимальным временным лагом в любой другой вид ресурсов [7].

При заключении договора на выполнение работ вся сумма финансовых средств (договорная цена), полученная от заказчика, распределяется в соответствии с существующей финансовой дисциплиной. Рассмотрим внутреннюю структуру деятельности фирмы с точки зрения образования фондов и распределения прибыли (Рис.4).

Структура договорной цены.

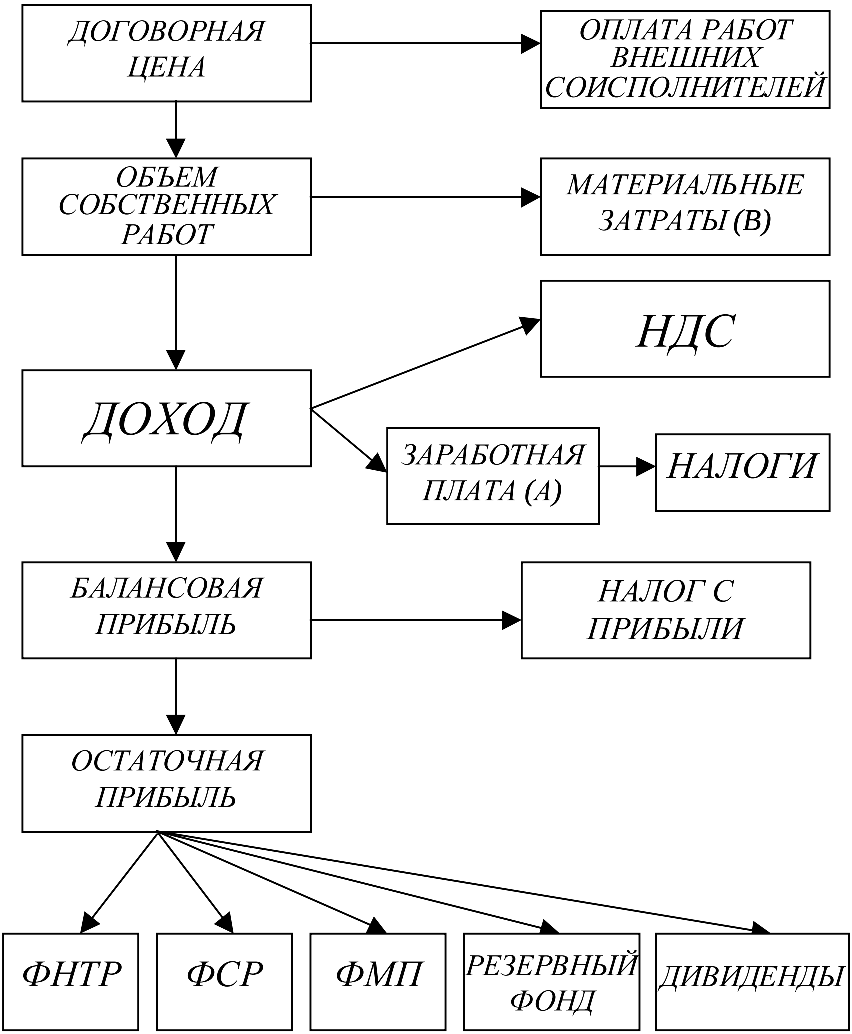


Рис. 4.

Хозяйственный договор заключается руководством фирмы с внешним заказчиком. Соответственно, руководство фирмы заключает внутренние договоры со своими подразделениями.

Основная задача внутрифирменного управления заключается в том, что для каждого подразделения определяется набор показателей, характеризующих экономические результаты его деятельности. Это - стоимость (цена или объем) работ, которые оно выполняет и соответственно, затраты на выполнение этих работ (на оплату труда сотрудников, оплату труда соисполнителей, материальные и приравненные к ним затраты и накладные расходы). На основе этих показателей определяется доход и прибыль подразделения, оставляемые в его распоряжении, за исключением доли отчислений в централизованные фонды фирмы [6].

2.ИГРОВОЕ ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ–МЕТОД ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ.

Эффективным средством исследования механизмов функционирования организационных систем, наряду с аналитическими методами исследования, является метод игрового имитационного моделирования [8,9].

Применение игрового имитационного моделирования при разработке и исследовании механизмов внутрифирменного управления позволяет осуществлять экспериментальную проверку теоретических результатов и практических предложений по созданию новых механизмов и совершенствовать существующие.

Организация игровых имитационных экспериментов осуществляется для исследования функционирования организационной системы в течение определенного периода времени. В игровой интерпретации отдельный период функционирования организационной системы рассматривается как одна партия, при этом предполагается, что механизм функционирования определен и не меняется при переходе от одного периода функционирования к другому.

При проведении имитационных игр функции руководства подразделений фирмы, связанные с принятием решений, выполняют игроки. Каждая имитационная игра, как и большинство игр, связанных с анализом экономических механизмов, состоит из нескольких партий. Каждая партия проводится в три этапа.

1. *Этап сбора данных.*
2. *Этап принятия решения.*
3. *Этап реализации.*

На этапе сбора данных ведущему игры сообщается запрашиваемая информация, на этапе принятия решения на основе полученной информации формируется управленческое решение и, наконец, на этапе реализации определяется значение целевых функций игроков (выигрыш). Количество партий, как правило, не ограничивается заранее, хотя возможны варианты, когда количество партий фиксировано. По завершении игры производится подведение итогов и определение победителей.

Отметим здесь важное направление, связанное с применением имитационных игр, как в исследовательских целях, так и в целях обучения. Это игры с участием автоматов (artificial players or robots). В таких играх часть участников игры или всех игроков заменяют автоматами (под автоматом понимается специальная программа, в которой реализован алгоритм гипотезы поведения лица, принимающего решения) с формализованными процедурами принятия решений. Можно утверждать, что замена реального игрока на искусственного представляет собой попытку построить модель поведения человека. Эта модель включает в себя основные параметры, характеризующие индивидов, и, прежде всего, мотивы экономической активности, ее цели и средства достижения этих целей.

Естественно, что имитация многообразия человеческой личности, ее неповторимой индивидуальности, разнообразных мотивов ее деятельности - задача в полном объеме практически неразрешима. Однако, в данном случае проблема значительно упрощается, так как формализуется главным образом то, что объясняет экономическое поведение людей в различных хозяйственных ситуациях.

Необходимость проведения игр с автоматами проявляется в тех случаях, когда необходимо провести исследование функционирования организационной системы с большим числом элементов (проведение соответствующей игры с большим числом участников нереально).

Игры с автоматами весьма близки к имитационному моделированию. В предельном случае, когда все участники заменены автоматами, получаем имитационную модель организации (игры автоматов). Такие игры применяются в случаях, когда необходимо провести значительное число партий для исследования динамики игры или для получения статистически значимой оценки результатов. Это связано с тем, что "быстродействие" имитационной игры принципиально ограничено временем принятия решения человеком (порядка одной минуты в простейших играх). И именно время принятия решения человеком ограничивает и продолжительность одной партии (2-3 минуты в простейших играх). Игры автоматов позволяют сократить продолжительность одной партии до долей секунды.

Автоматы, используемые в игровых моделях для анализа механизмов внутрифирменного управления, программируются на основании некоторых гипотез о поведении людей в моделируемой ситуации. Сами гипотезы формируются на основе анализа стратегий реальных игроков в имитационной игре и эти гипотезы можно, в свою очередь, проверить при проведении имитационной игры.

В простейших имитационных играх алгоритм выбора решений автоматом основывается на аксиоме индикаторного поведения [10].

Если считать, что в каждой партии выбор s_i i-*м* игроком определяет его движение в сторону его цели, то процедура, реализующая аксиому индикаторного поведения, может быть представлена в виде

$$s_i^{k+1} = s_i^k + g_i^k\left(\tilde{s}_i^k - s_i^k\right),$$

$$g_i^k \in [0;1]$$

где s_i^{k+1} - выбор i-*го* автомата в $k+1$-*й* партии игры, $\tilde{s}_i^k$ - положение цели i-*го* автомата в k-*й* партии, или, другими словами, это то состояние, которое обеспечивает i-*му* автомату максимальное или минимальное значение его целевой функции в k-*й* партии игры. Значение g_i^k определяет величину шага в сторону цели. Конкретное значение g_i^k может зависеть от времени, текущего состояния и некоторых других факторов, внешних по отношению к модели. В играх, где используются автоматы с индикаторным поведением, настройка автоматов заключается в выборе процедуры изменения g_i^k от партии к партии. Но основная сложность при реализации алгоритма индикаторного поведения заключается в определении положения цели $\tilde{s}_i^k$. Это связано с тем, что в общем случае при проведении игры отдельный участник не имеет точной информации о поведении каждого из остальных игроков. Однако, во многих случаях каждый игрок, опираясь на собственную информацию, сообщенную в Центр, знание закона управления и полученное управленческое решение может восстановить агрегат стратегий своих соперников по игре.

Следует заметить, что такие автоматы позволяют получать хорошие результаты в тех имитационных играх, где целевые функции участников игры являются непрерывными.

3.МЕХАНИЗМЫ ВНУТРИФИРМЕННОГО ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ

При разработке механизмов внутрифирменного ценообразования необходимо рассмотреть два случая.

Первый - это когда весь договор заключается на выполнение однотипных работ, каждое подразделение фирмы может выполнять эти работы, и задача заключается в распределении всего объема работ по договору между подразделениями фирмы.

Во втором случае каждое подразделение специализируется на работах определенного вида, причем то, что может делать одно подразделение, не может делать другое. В этом случае задача заключается в определении цен договорных соглашений на работы, выполняемые каждым подразделением.

Сначала рассмотрим случай распределения однотипных работ.

Пусть руководство фирмы заключило договор с внешним заказчиком на выпуск продукции в объеме X и стоимостью C. После выполнения работы фирма получает определенную прибыль.

Задача. Как распределить работы и как поделить прибыль между подразделениями фирмы?

Для однотипных работ цену единицы работы можно определить как

$$ц=C/X.$$

Обозначив через x_i объем работ i-*го* исполнителя, а $з_i$ – его затраты на выполнение этого объема работ с учетом части постоянных затрат всей фирмы, можем определить прибыль i-*го* исполнителя

$$p_i=цx_i-з_i.$$

Соответственно, прибыль всей фирмы равна

$$П=\sum_{i=1}^{n}p_i=\sum_{i=1}^{n}цx_i-\sum_{i=1}^{n}з_i=C-З.$$

Здесь $X=\sum_{i=1}^{n}x_i$, а $З=\sum_{i=1}^{n}з_i$ общие затраты на выполнение договора.

Таким образом, максимизация прибыли фирмы соответствует минимизации затрат на выполнение работ подразделениями фирмы. Можем предположить, что каждое подразделение получает в свое распоряжение определенный процент m от полученной ею прибыли. Тогда целевая функция подразделения представляется в виде

$$j_i = mp_i = m(\text{ц}x_i - \text{з}_i).$$

Теперь необходимо определить зависимость затрат подразделения фирмы от объема выполняемых работ.

Затраты при выпуске продукции любой фирмы разделяются на постоянные и переменные рис. 5 [7,11].

Тип затрат	Определение	Статья
Постоянные	Затраты, величина которых не меняется с изменением объемов производства. Рассчитанные на единицу продукции, уменьшаются с увеличением объема производства	Арендная плата. Проценты за пользование кредитами. Амортизация основных фондов. Зарплата руководителей. Административные расходы.
Переменные	Затраты, величина которых изменяется в соответствии с изменениями объемов производства. Рассчитанные на единицу продукции, остаются постоянной величиной.	Прямые материальные затраты. Заработная плата производственных рабочих. Топливо и энергия на технологические цели. Прочие расходы.

Рис. 5.

Взаимосвязь затрат, выручки (дохода) и прибыли формируют основную модель финансовой деятельности. Анализ поведения затрат, в основе которого лежит вышеупомянутая взаимосвязь позволяет формализовать зависимость изменения затрат от объема выпуска или объема реализации или представить ее в графическом виде [11,12] (Рис.6).

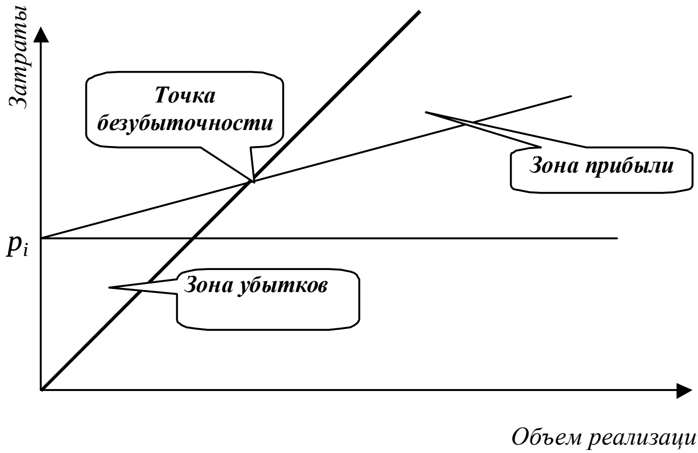


Рис. 6.

Формально, эта зависимость записывается как

$$з_i = p_i + k_i x_i.$$

Деление на постоянные и переменные затраты носит, конечно же, несколько условный характер, так как есть затраты, которые остаются постоянными только до определенного уровня развития производства, дальнейший же рост объемов приводит к возрастанию и этих расходов. Такая зависимость характерна для штатного расписания АУП, которое может корректироваться при значительных изменениях в объеме производства. Совершенно аналогично можно найти такие затраты и в переменных издержках, например затраты на плановый ремонт оборудования, производимый вне зависимости от объемов выпуска продукции. Такие издержки принято называть условно постоянными или условно переменными.

Себестоимость s_i выпускаемой продукции может быть представлена в виде

$$s_i = \frac{p_i}{x_i} + k_i .$$

Соответственно, графически эта зависимость может быть представлена в виде рис. 7

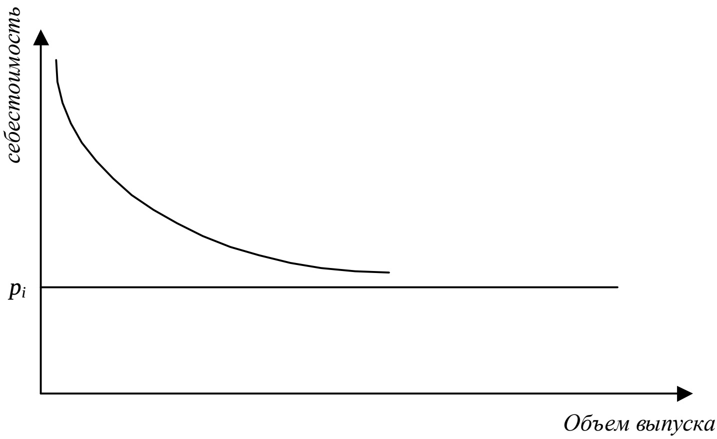


Рис.7.

Однако, очевидно, что себестоимость продукции не может постоянно падать при любых наращиваниях объемов выпуска или объемов реализации. Поэтому, начиная с некоторого объема выпуска x_i^* начинается рост себестоимости. Одной из основных причин роста, кроме упомянутых выше может быть то, что существующих производственных мощностей уже недостаточно, чтобы наращивать объемы выпуска продукции.

Таким образом, график изменения себестоимости может быть представлен в виде рис.8

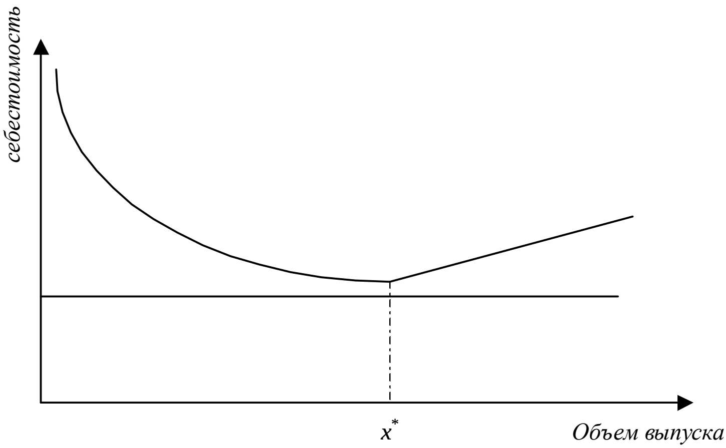


Рис. 8.

и, соответственно, график изменения затрат, как изображено на рис.9.

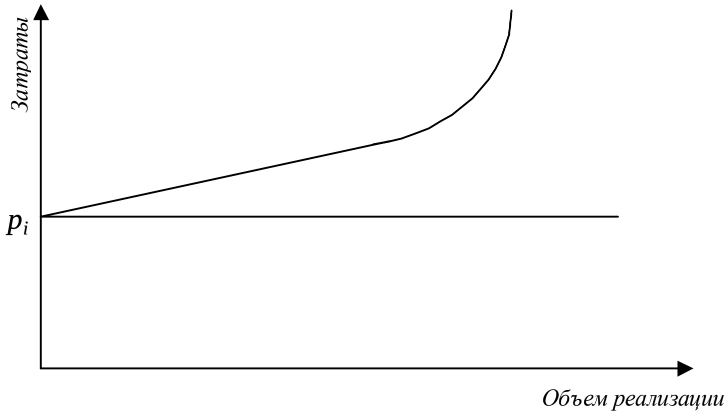


Рис. 9.

Простейшая кривая изменения переменных затрат может быть представлена в виде параболы

$$з_i = p_i + \frac{x_i^2}{2r_i},$$

где r_i – коэффициент, характеризующий эффективность работы *i-го* подразделения фирмы.

Таким образом, прибыль всей фирмы определяется выражением

$$П = C - \sum_{i=1}^{n} з_i = C - \sum_{i=1}^{n} p_i - \sum_{i=1}^{n} \frac{x_i^2}{2r_i}. \qquad (1)$$

Чтобы получить максимум прибыли руководству фирмы необходимо распределить весь объем работ X так, чтобы выражение (1) принимало максимальное значение. Другими словами необходимо решить задачу

$$\begin{cases} C - \sum_{i=1}^{n} p_i - \sum_{i=1}^{n} \frac{x_i^2}{2r_i} \to max \\ \sum_{i=1}^{n} x_i = X_i \end{cases}$$

или, что, то же самое

$$\begin{cases} \sum\limits_{i=1}^{n} \frac{x_i^2}{2r_i} \to min \\ \sum\limits_{i=1}^{n} x_i = X_i \end{cases}.$$

Решение этой задачи дает

$$x_i = \frac{r_i}{\sum\limits_{j=1}^{n} r_j} X \,. \qquad (2)$$

Но каждое подразделение фирмы также заинтересовано максимизировать свою собственную прибыль, или ту часть прибыли, которая остается в распоряжении подразделения. Часть прибыли, которая остается в подразделении, будем считать целевой функцией подразделения фирмы. Формально целевую функцию *i-го* подразделения можно представить в виде

$$j_i = m\left(\text{ц}x_i - p_i - \frac{x_i^2}{2r_i}\right).$$

А зависимость прибыли подразделения от объема выполняемых работ может быть представлена в виде графика на рис. 10.

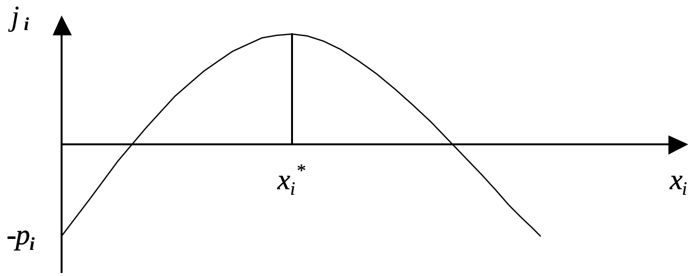


Рис. 10.

Из этого графика видно, что для каждого подразделения фирмы существует оптимальный объем работ x_i^*, обеспечивающий получение максимальной прибыли этому подразделению. Этот объем работ легко найти из условия

$$\frac{\partial j_i}{\partial x_i} = 0 \Rightarrow x_i^* = \text{ц} r_i .$$

Но, как правило, при распределении работ, руководство фирмы оперирует заявками подразделений на получение объема работ. Если руководству поступили заявки s_1, $s_2, \ldots, s_n$. , то прежде всего оно сравнивает сумму поступивших заявок с размером объема работ X. Если $\sum_{i=1}^{n} s_i = X$, каждое подразделение получает такой объем работ, который оно запросило. Если же $\sum_{i=1}^{n} s_i \neq X$, тогда можно распределить работы пропорционально заявкам, то есть

$$x_i = \frac{s_i}{\sum_{j=1}^{n} s_j} X . \tag{3}$$

Если предположить, что каждое подразделение запрашивает у руководства тот объем работ, который обеспечивает ему получение максимальной прибыли, то это соответствует тому, что заявка s_i, *i-го* подразделения фирмы равна $\text{ц} r_i$, и объем работ, который получает, каждое подразделение фирмы определяется выражением (2). То есть, в этом случае распределение работ таково, что максимизирует общую прибыль фирмы. Но подразделения фирмы заинтересованы увеличивать свою собственную прибыль. В зависимости от поступивших заявок и процедуры распределения работ (3) прибыль *i-го* подразделения фирмы определяется выражением

$$j_i = m\left(\text{ц} \frac{s_i}{\sum_{j=1}^{n} s_j} X - p_i - \frac{s_i^2}{2r_i} \frac{X^2}{\left(\sum_{j=1}^{n} s_j \right)^2} \right).$$

Максимум прибыли, получаемой *i-м* подразделением фирмы, определяется из условия

$$\frac{\partial j_i}{\partial s_i} = m \frac{\sum_{j=1}^{n} s_j - s_i}{\left(\sum_{j=1}^{n} s_j\right)^2} \frac{X}{r_i} \left(x_i^* - \frac{s_i}{\sum_{j=1}^{n} s_j} X \right) = 0 \tag{4}$$

Естественно предположить, что заявки, которые сообщают подразделения, могут принимать любые значения на отрезке $s_i \in [d;D]$. Тогда если для любого i

$$x_i^* - \frac{d}{d + (n-1)D} X < 0,$$

то все подразделения будут сообщать заявки $s_i=d$. Соответственно, если

$$x_i^* - \frac{D}{D + (n-1)d} X > 0,$$

то все подразделения будут сообщать заявки $s_i=D$. Это и гарантирующая и равновесная стратегия. И в первом и во втором случае все подразделения получат одинаковые объемы работ. Очевидно, что такое распределение не является оптимальным (за исключением случая, когда все подразделения одинаковы, то есть $r_1=r_2=\ldots=r_n$), что приводит к потере прибыли всей фирмой.

Типичная ситуация, когда $\Sigma x_i^* \neq X$. Рассмотрим случай, когда $\Sigma x_i^* < X$. Для проведения игрового эксперимента рассмотрим функционирование фирмы, имеющей шесть подразделений, т.е. $n=6$. Пусть $C=900;$ $X=200;;$ $r_1=5;$ $r_2=5;$ $r_3=6;$ $r_4=6;$ $r_5=7;$ $r_6=7;$ $s \in [10;100]$. Роль участников игрового эксперимента выполняют автоматы. Их параметры: $g_1=0{,}3;$ $g_2=0{,}5;$ $g_3=0{,}4;$ $g_4=0{,}6;$ $g_5=0{,}5;$ $g_6=0{,}7$. Из (4) нетрудно определить положение цели i-*го* автомата. В k-*й* партии оно определяется выражением

$$\tilde{s}_i^k = \frac{Cr_i \sum_{j \neq i}^{n} s_i^k}{X^2 - Cr_i}.$$

На рис. 11 приведены графики изменения стратегий участников игрового эксперимента.

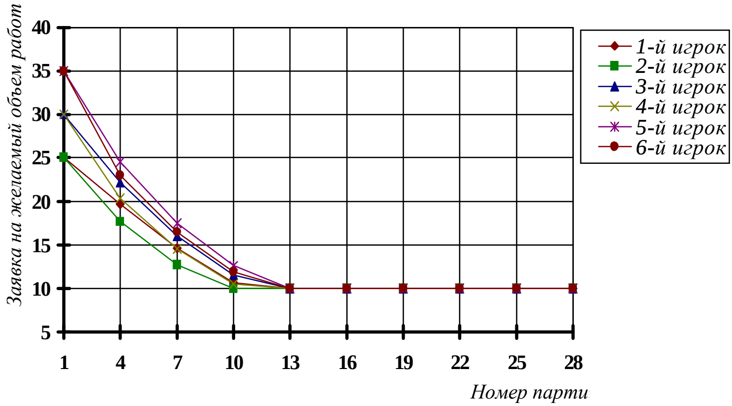


Рис. 11.

А на рис. 12 график изменения общей прибыли, получаемой фирмой.

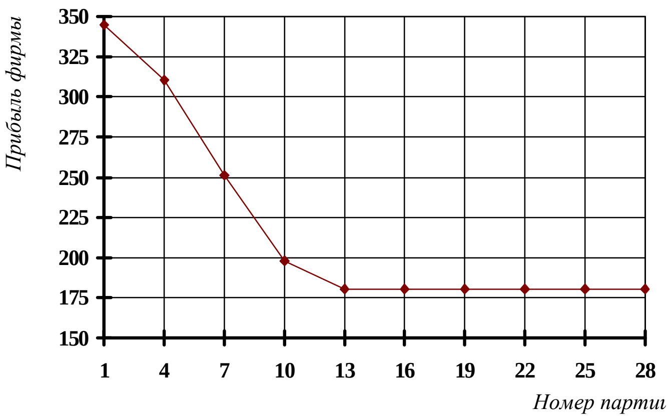


Рис. 12.

Проведенный игровой эксперимент дал следующие результаты: автоматы сошлись в равновесную ситуацию $s_i^*=10$, а суммарная прибыль фирмы составила $\Pi^*=180{,}73$.

Таким образом, рассмотренный механизм распределения однотипных работ и прибыли явно не эффективен.

Не меняя механизма распределения объемов работ, внесем коррективы в механизм распределения прибыли. Введем для этого внутреннюю цену, обозначив ее через l. Внутреннюю цену будем определять по формуле

$$\lambda = \frac{C}{\sum_{i=1}^{n} s_i}.$$

Тогда внутренняя или условная прибыль *i-го* подразделения может быть представлена в виде

$$j_i = l x_i - \frac{1}{2}\frac{x_i^2}{r_i}.$$

А реальная прибыль этого подразделения будет определяться как

$$p_i = \frac{j_i}{\sum_{j=1}^{n} j_j} \Pi.$$

Ниже приведены результаты игрового эксперимента по использованию внутренней цены при распределении прибыли фирмы. Эксперимент проводился не с автоматами, а с реальными игроками.

В игре участвовало шесть игроков, все значения параметров игры такие же, как и в предыдущем эксперименте.

Эксперимент с реальными игроками занимает существенно больше времени. Это касается как времени проведения одной партии игры, так и времени проведения всего игрового эксперимента, так как скорость сходимости в равновесную ситуацию, если она существует, в экспериментах, проводимых с реальными игроками, как правило, ниже, чем в играх с автоматами. Кроме того, большое количество времени занимает у игроков процесс обработки информации, принятия решения и передачи этого решения руководителю игры. Эти причины не всегда позволяют организаторам игровых экспериментов провести достаточно партий игры. Поэтому здесь результаты проведения эксперимента представлены на таблице 1, в которой отражено развитие ситуации в первых десяти партиях.

Таблица 1.

	Номер игрока	1	2	3	4	5	6
Партия № 1	Заявленный объем работ	20,00	22,00	25,00	33,00	30,00	18,00
	Полученный объем работ	27,03	29,73	33,78	44,59	40,54	24,32
	Внутренняя цена	6,08					
	Условная прибыль	91,31	92,40	110,3	105,4	129,1	105,6
	Прибыль фирмы	318,08					
	Прибыль	45,79	46,34	55,33	52,88	64,76	52,98
Партия № 2	Заявленный объем работ	28,00	25,00	27,00	35,00	37,00	40,00
	Полученный объем работ	29,17	26,04	28,13	36,46	38,54	41,67
	Внутренняя цена	4,69					
	Условная прибыль	51,65	54,25	65,92	60,13	74,56	71,30
	Прибыль фирмы	340,32					
	Прибыль	46,52	48,87	59,38	54,16	67,16	64,23
Партия № 3	Заявленный объем работ	30,00	26,00	31,00	38,00	40,00	45,00
	Полученный объем работ	28,57	24,76	29,52	36,19	38,10	42,86
	Внутренняя цена	4,29					
	Условная прибыль	40,82	44,81	53,89	45,96	59,60	52,48
	Прибыль фирмы	340,41					
	Прибыль	46,70	51,26	61,65	52,58	68,19	60,04
Партия № 4	Заявленный объем работ	32,00	28,00	36,00	29,00	43,00	40,00
	Полученный объем работ	30,77	26,92	34,62	27,88	41,35	38,46
	Внутренняя цена	4,33					
	Условная прибыль	38,46	44,01	49,93	55,86	56,79	60,76
	Прибыль фирмы	340,42					
	Прибыль	42,82	48,99	55,58	62,18	63,22	67,63
Партия № 5	Заявленный объем работ	27,00	25,00	29,00	27,00	41,00	34,00
	Полученный объем работ	29,51	27,32	31,69	29,51	44,81	37,16
	Внутренняя цена	4,92					
	Условная прибыль	58,05	59,72	72,16	72,56	76,95	84,12
	Прибыль фирмы	339,96					
	Прибыль	46,59	47,93	57,92	58,24	61,77	67,52

		1	2	3	4	5	6
Партия № 6	Номер игрока	1	2	3	4	5	6
	Заявленный объем работ	23,0	27,0	26,0	29,0	42,0	35,0
	Полученный объем работ	25,2	29,6	28,5	31,8	46,1	38,4
	Внутренняя цена	4,95					
	Условная прибыль	61,1	58,6	73,2	72,9	76,0	84,5
	Прибыль фирмы	337,61					
	Прибыль	48,3	46,4	57,9	57,7	60,2	66,8
Партия № 7	Заявленный объем работ	21,0	22,0	25,0	26,0	36,0	33,0
	Полученный объем работ	25,7	26,9	30,6	31,9	44,1	40,4
	Внутренняя цена	5,52					
	Условная прибыль	75,8	76,1	90,9	91,3	104,	106,
	Прибыль фирмы	341,04					
	Прибыль	47,4	47,6	56,8	57,1	65,3	66,5
Партия № 8	Заявленный объем работ	22,0	23,0	27,0	28,0	33,0	34,0
	Полученный объем работ	26,3	27,5	32,3	33,5	39,5	40,7
	Внутренняя цена	5,39					
	Условная прибыль	72,5	72,5	87,1	87,0	101,	101,
	Прибыль фирмы	343,88					
	Прибыль	47,8	47,8	57,4	57,3	66,8	66,5
Партия № 9	Заявленный объем работ	23,0	24,0	26,0	28,0	30,0	32,0
	Полученный объем работ	28,2	29,4	31,9	34,3	36,8	39,2
	Внутренняя цена	5,52					
	Условная прибыль	76,1	75,8	91,3	91,3	106,	106,
	Прибыль фирмы	343,57					
	Прибыль	47,7	47,5	57,2	57,2	66,7	66,9
Партия № 10	Заявленный объем работ	22,5	22,0	27,0	27,0	31,0	31,5
	Полученный объем работ	27,9	27,3	33,5	33,5	38,5	39,1
	Внутренняя цена	5,59					
	Условная прибыль	78,1	78,0	93,7	93,7	109,	109,
	Прибыль фирмы	344,40					
	Прибыль	47,8	47,8	57,4	57,4	66,9	66,9

Таким образом, в ситуации равновесия игроки сообщают заявки, обеспечивающие им получение максимальной прибыли. В свою очередь, прибыль, полученная фирмой при введении механизма внутренних цен, в ситуации равновесия более чем на 90% выше прибыли, полученной до введения механизма внутренних цен.

4.ПРИНЦИП РАВНЫХ РЕНТАБЕЛЬНОСТЕЙ

Предыдущий раздел был посвящен вопросам распределения работ между подразделениями фирмы при отсутствии единой технологической цепочки, то есть каждое подразделение фирмы могло выполнить любую работу по договору. Ситуация меняется, если каждое подразделение может выполнять только свой вид работы. Таким образом, работы по подразделениям фирмы распределять уже не надо. Однако необходимо определить объем финансирования для каждого подразделения. Как это сделать?

Пусть $з_i$-затраты на выполнение работ i-*м* подразделением фирмы таковы, что $\sum_{i=1}^{n} з_i < C$, то есть работа для фирмы в принципе выгодна. Необходимо определить c_i-объем финансирования выполнения работ в каждом подразделении фирмы $i=1,\ldots,n$.

Один из вариантов решения этой проблемы - это использовать принцип равных рентабельностей [6]. Рентабельность определяется как прибыль на 1 руб. затрат.

Максимальная рентабельность всего договора на уровне всей фирмы $r_{max} = \frac{C - З}{З}$. Соответственно, рентабельность i-*го* подразделения фирмы $r_i = \frac{c_i - з_i}{з_i}$. Если ставится задача обеспечить равную рентабельность во всех подразделениях фирмы, то для определения объемов финансирования каждого подразделения на основе принципа равных рентабельностей можно записать

$$\begin{cases} \dfrac{c_i - з_i}{з_i} = \dfrac{c_j - з_j}{з_j} \\ \sum\limits_{i=1}^{n} c_i = C \end{cases}.$$

Из первого уравнения этой системы, получаем

$$c_j - з_j = \frac{c_i}{з_i} з_j - з_j ,$$

или

$$c_j = \frac{c_i}{з_i} з_j .$$

Из последнего уравнения системы получаем

$$\sum_{j=1}^{n} c_j = \frac{c_i}{з_i} \sum_{j=1}^{n} з_j = C .$$

И, наконец,

$$c_i = \frac{з_i}{\sum_{j=1}^{n} з_j} C .$$

Так как руководству фирмы не известны точные значения $з_i$ при определении объемов финансирования центр использует информацию, полученную от подразделений фирмы s_i, $i=1,\ldots,n$. Тогда

$$c_i = \frac{s_i}{\sum_{j=1}^{n} s_j} C .$$

Прибыль *i-го* подразделения фирмы может быть записана как

$$П_i = c_i - з_i = \frac{s_i}{\sum_{j=1}^{n} s_j} C - з_i .$$

Легко видеть, что для увеличения прибыли каждому подразделению выгодно завышать оценку s_i. Для устранения этой тенденции введем дополнительные отчисления от сверхплановой прибыли, которые равны $(s_i - з_i)$. В этом случае остаточную прибыль можно представить в виде

$$П_i = c_i - з_i - a\left(s_i - з_i\right) = \frac{s_i}{\sum_{j=1}^{n} s_j} C - з_i - a\left(s_i - з_i\right), \qquad (5)$$

где a-норматив дополнительных отчислений от сверхплановой прибыли.

Ситуация равновесия по Нэшу находится из условия

$$\frac{\partial \Pi_i}{\partial s_i} = 0$$

или

$$s_i = \sum_{j=1}^{n} s_j \left(1 - \frac{a}{C} \sum_{j=1}^{n} s_j \right).$$

Складывая эти n уравнений, получаем

$$\sum_{j=1}^{n} s_j = \frac{C}{a} \frac{n-1}{n}.$$

Таким образом,

$$s_i^* = \frac{C}{a} \frac{n-1}{n^2}. \qquad (6)$$

Выражение (6) определяет равновесие по Нэшу, если $s_i^{*\,3}$з$_i$.

Подразделению фирмы не выгодно будет завышать свои затраты, если с ростом заявляемых затрат будет снижаться прибыль подразделения, то есть, если выполняется условие

$$\frac{\partial \Pi_i}{\partial s_i} \le 0.$$

Из этого условия следует

$$\frac{\partial \Pi_i}{\partial s_i} = \frac{\sum_{j=1}^{n} s_j - s_i}{\left(\sum_{j=1}^{n} s_j \right)^2} C - a \le 0$$

или

$$\frac{C}{\sum_{j=1}^{n} s_j} - \frac{s_i}{\left(\sum_{j=1}^{n} s_j \right)^2} C \le a.$$

Вычитая из обеих частей последнего неравенства по *1*, получим

$$\frac{C-\sum_{j=1}^{n} s_j}{\sum_{j=1}^{n} s_j} - \frac{s_i}{\left(\sum_{j=1}^{n} s_j\right)^2} C \le a - 1 . \qquad (7)$$

Но $\frac{C-\sum_{j=1}^{n} s_j}{\sum_{j=1}^{n} s_j} = r$ - рентабельность работ, определяемая на этапе планирования. Потому выражение (7) можно переписать в виде

$$\left(r + 1 - a\right)\frac{\sum_{j=1}^{n} s_j}{s_i} \le \frac{C}{\sum_{j=1}^{n} s_j} .$$

Вычитая еще раз по *1* из обеих частей этого неравенства, получим

$$\left(r + 1 - a\right)\frac{\sum_{j=1}^{n} s_j}{s_i} \le r + 1$$

или

$$\frac{r + 1 - a}{s_i\left(r + 1\right)} \le \frac{1}{\sum_{j=1}^{n} s_j} .$$

Умножим обе части последнего неравенства на C и вычтем из обеих частей по *1*. После несложных преобразований получим

$$s_i \ge \frac{r + 1 - a}{\left(r + 1\right)^2} C . \qquad (8)$$

Пусть $a=1$, то есть у подразделения фирмы изымается вся сверхплановая прибыль. Тогда при $r_{max}£1$ неравенство (8) будет выполняться всегда, если справедливо неравенство

$$з_{min} \geq \frac{r_{max}}{\left(r_{max}+1\right)^2} C \,. \tag{9}$$

Рассмотрим случай, когда $з_1=з_2=\ldots=з_n=з$. При этом (9) представим в виде

$$\frac{\left(r_{max}+1\right)^2}{r_{max}} \geq \frac{C}{з} \,.$$

Умножая это неравенство на $1/n$ и учитывая, что $\frac{C}{nз} = r_{max}+1$, получаем

$$\frac{r_{max}+1}{n r_{max}} \geq 1 \tag{10}$$

или

$$r_{max} \leq \frac{1}{n-1} \,. \tag{11}$$

Таким образом, только для низкорентабельных договоров можно надеяться на то, что принцип равных рентабельностей обеспечит достоверность оценок затрат, сообщаемых подразделениями фирмы.

Рассмотрим теперь случай когда $a>1$, то есть у подразделений фирмы не только отбирается сверхплановая прибыль, но подразделения еще и штрафуются за завышение оценок затрат.

Предположим, что $a=1+d$, где $d>0$, тогда (8) можно переписать в виде

$$s_i \geq \frac{r-d}{\left(r+1\right)^2} C \,,$$

и для случая, когда на фирме n одинаковых подразделений неравенство (10) записывается как

$$\frac{r_{max}+1}{n\left(r_{max}-d\right)} \geq 1$$

или

$$r_{max} \leq \frac{1+dn}{n-1} \,.$$

А отсюда следует, что ограничение на максимальную рентабельность становится менее жестким.

Действительно, если $n=11$ и $a=1$, то максимальная рентабельность, при которой еще может быть обеспечено получение достоверной информации, равна *10%*. В то же время для случая, когда $a=1,1$, то есть штраф составляет *10%* от превышения оценки затрат над фактическими затратами, максимальная рентабельность, обеспечивающая получение достоверной информации, уже равна *21%*.

Ниже приводятся результаты игрового эксперимента с шестью автоматами. Условия эксперимента следующие: $C=900;$ $n=6;$ $з_1=100;$ $з_2=110;$ $з_3=120;$ $з_4=130;$ $з_5=140;$ $з_6=150;$ $a=1;$ $g_1=0,3;$ $g_2=0,5;$ $g_3=0,4;$ $g_4=0,6;$ $g_5=0,5;$ $g_6=0,7$. Легко посчитать, что $r_{max}=0,2$. А проведенный выше анализ показал, что в рассматриваемом случае достоверность информации может обеспечиваться при $a=1,$ $r_{max}\leq 0,2$ одинаковых затратах подразделений на выполнение работ.

Из (5) нетрудно определить положение цели *i-го* автомата. В *k-й* партии оно определяется выражением

$$\tilde{s}_i^k = \sqrt{\frac{C}{a}\sum_{j\neq i}^{n} s_i^k} - \sum_{j\neq i}^{n} s_i^k .$$

На рис. 13 приведены графики изменения стратегий участников игрового эксперимента.

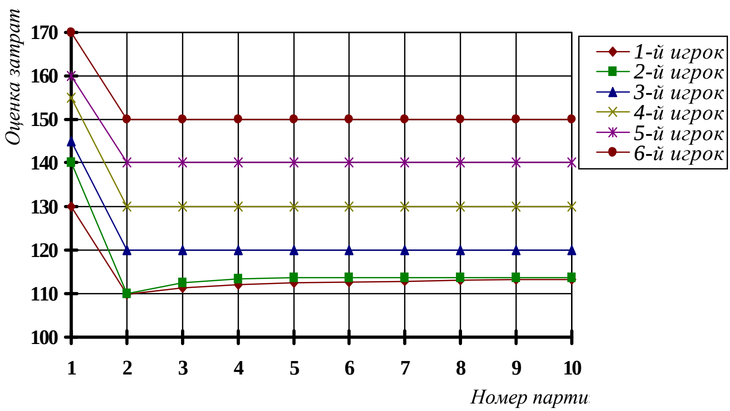


Рис. 13.

Из графика следует, что третий, четвертый, пятый и шестой игроки сообщают достоверную информацию, а первый и второй завышают свои затраты.

На рис. 14 представлен график изменения стратегий автоматов, когда $a=1{,}04$.

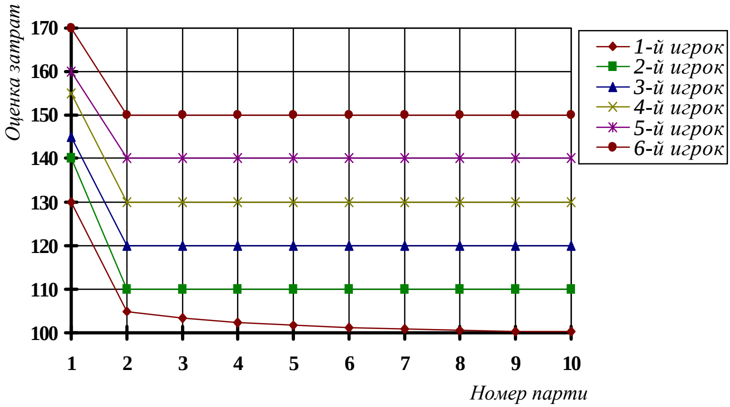


Рис. 14.

Из этого графика следует, что при $a=1{,}04$ все игроки в ситуации равновесия сообщают достоверную информацию. Если же $a=0{,}8$, то ситуация равновесия для всех игроков определяется выражением (6), а график изменения стратегий представлен на рис.15.

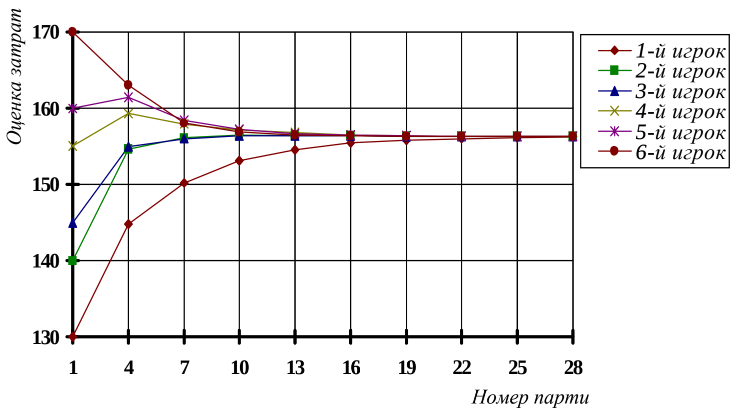


Рис. 15.

5.ПРОТИВОЗАТРАТНЫЕ МЕХАНИЗМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Рассмотрим пути построения противозатратного механизма. Основная идея, которая закладывается в этот принцип, заключается в следующем. При уменьшении затрат на производство и росте потребительских свойств, прибыль должна увеличиваться [13-15]. Так как $П=rЗ$, то отсюда следует необходимость поставить рентабельность в зависимость от затрат $З$ и эффекта L таким образом, чтобы r увеличивалось при уменьшении $З$ и увеличении L. Для этого вводится новый показатель

$$Э=\frac{L}{З}$$

и предполагается что $r=r(Э)$. Показатель $Э$ характеризует эффективность продукта (фактически это эффект у потребителя на 1 руб. затрат у производителя). Для того чтобы механизм формирования цены (стоимости) продукта был бы противозатратным, необходимо, чтобы выполнялись следующие требования:

- прибыль $П=r(Э)З$ была убывающей функцией затрат;
- стоимость производства $С=[1+r(Э)]З$ должна быть возрастающей функцией затрат.

Из первого требования получаем

$$\frac{dП}{dЗ}=\frac{d}{dЗ}\left[r(Э)\times З\right]=r(Э)-Э\frac{dr}{dЭ}<0,$$

а из второго требования имеем

$$\frac{dC}{dЗ}=\frac{d}{dЗ}\left(\left[1+r(Э)\right]\times З\right)=1+r(Э)-Э\frac{dr}{dЭ}>0.$$

Оба эти неравенства можно записать в следующем виде:

$$0<Э\frac{dr}{dЭ}-r(Э)<1.$$

В соответствии с [13] обозначим $Э\dfrac{dr}{dЭ}-r(Э)$ через $h(Э)$, тогда последнее неравенство можно записать в форме дифференциального уравнения

$$Э\frac{dr}{dЭ}-r\left(Э\right)=h(Э), \qquad (12)$$

где $h(Э)$ произвольная функция, принимающая значения в интервале $(0,1)$. Это уравнение легко решается. Действительно, для этого сделаем замены

$$\begin{cases} u\left(Э\right)=\dfrac{1}{Э}r\left(Э\right) \\ r\left(Э\right)=Эu(Э) \\ \dfrac{dr}{dЭ}=u(Э)+Э\dfrac{du}{dЭ} \end{cases}.$$

Подставляя эти выражения в (12) получаем

$$\frac{du}{dЭ}=\frac{h(Э)}{Э^2}.$$

А это уравнение легко интегрируется

$$u\left(Э\right)=\int_1^Э\frac{h\left(x\right)}{x^2}dx.$$

При интегрировании используется условие, что $r(1)=0$. Содержательно это означает, что продукт, для которого эффект равен затратам, не дает прибыли. Таким образом, общий вид зависимости $r(Э)$, обеспечивающий противозатратность по прибыли механизма формирования цены (стоимости) представляется как

$$r\left(Э\right)=Э\int_1^Э\frac{h\left(x\right)}{x^2}dx.$$

Для иллюстрации этого подхода рассмотрим следующий пример. Пусть $h(Э)=k,\ 0<k<1$. В этом простейшем случае имеем

$$r\left(Э\right)=Э\int_1^Э\frac{k}{x^2}dx=k\left(Э-1\right).$$

Стоимость производства тогда будет определяться выражением

$$C=[1+r(Э)]З=З+k(L-З)=(1-k)З+kL.$$

То есть стоимость продукта является линейной комбинацией затрат на производство и эффекта.

Идея применения линейной комбинации между минимально необходимыми затратами и максимально возможной оценкой работы будет в дальнейшем использована при разработке процедуры, предназначенной для определения объемов финансирования подразделений фирмы.

Рассмотрим теперь следующий механизм.

Предварительно для всех подразделений устанавливается единый минимальный норматив рентабельности r_0 (при меньшей рентабельности выполнение работ становится невыгодным для всей фирмы). То есть

$$\frac{C - \sum_{i=1}^{n} s_i}{\sum_{i=1}^{n} s_i} \geq r_0 ,$$

После этого со всех подразделений фирмы собираются оценки затрат на выполнение работ s_i, $i=1,\ldots,n$. После сбора информации о затратах для каждого подразделения руководство фирмы устанавливает лимитную (максимальную) стоимость работ (максимальный объем финансирования)

$$L_i = C - (1 + r_o)\left(\sum_{j=1}^{n} s_j - s_i \right).$$

Главной особенностью лимитной стоимости работ *i-го* подразделения является тот факт, что она не зависит от величины оценки затрат самого этого подразделения.

На основе лимитной стоимости работ определяется лимитная рентабельность работ подразделения

$$h_i = \frac{L_i - s_i}{s_i} .$$

Зная минимальный r_0 и максимальный h_i уровни рентабельности, руководство фирмы определяет договорной уровень рентабельности

$$r_i=(1-k)r_0+kh_i,\ k\hat{I}(0;1). \qquad (13)$$

То есть, договорной уровень рентабельности r_i является линейной комбинацией между минимальным r_0 и максимальным h_i уровнями рентабельности.

На основе рассчитанного уровня рентабельности определяется объем финансирования

$$c_i=(1+r_i)s_i. \tag{14}$$

В этом случае выражение для прибыли *i-го* подразделения фирмы может быть представлено в виде

$$П_i=c_i-з_i-a(s_i-з_i)=(1+r_i)s_i-з_i-a(s_i-з_i). \tag{15}$$

Или

$$П_i=[(1-k)(1+r_0)-a]s_i+kL_i-(1-a)з_i.$$

Отсюда следует, что подразделениям фирмы невыгодно будет завышать оценки затрат на выполнение работ, если

$$1-a+(1-k)r_0-k<0.$$

Это неравенство можно переписать в виде

$$k>1-\frac{a}{1+r_0}. \tag{16}$$

С другой стороны, объем финансирования подразделения фирмы с ростом его затрат должен расти. Для того, чтобы выяснить условия выполнения этого требования запишем

$$c_i=(1+r_i)s_i=[1+(1-k)r_0-k]s_i+kL_i=(1-k)(1+r_0)s_i+kL_i.$$

Отсюда следует

$$(1-k)(1+r_0)>0$$

или $k<1$.

Для реализуемости механизма необходимо, чтобы $\sum_{i=1}^{n} c_i \le C$. Действительно, так как

$$\sum_{i=1}^{n} c_i=(1-kn)(1+r_0)\sum_{i=1}^{n} s_i+knC, \tag{17}$$

то из неравенства

$$(1-kn)(1+r_0)\sum_{i=1}^{n} s_i+knC \le C$$

следует, что

$$(1-kn)\left[C-(1+r_0)\sum_{i=1}^{n} s_i\right] \ge 0.$$

Или

$$k \le \frac{1}{n}. \tag{18}$$

Заметим здесь, что при формировании объемов финансирования на основе рассматриваемого механизма не все финансовые средства C распределяются между подразделениями фирмы, так как $\sum_{i=1}^{n} c_i \le C$, в то же время при использовании принципа равных рентабельностей на финансирование подразделений расходовалась вся сумма средств C.

Покажем теперь, что договорная рентабельность каждого подразделения будет не ниже нормативной.

Для этого достаточно показать, что $h_i{}^3 r_0$. Действительно

$$h_i = \frac{C-(1+r_o)\left(\sum_{j=1}^{n} s_j - s_i\right)-s_i}{s_i} = \frac{C-(1+r_o)\sum_{j=1}^{n} s_j}{s_i} + r_o \ge r_o,$$

или

$$\frac{C-(1+r_o)\sum_{j=1}^{n} s_j}{s_i} \ge 0.$$

Это неравенство справедливо, так как $C-(1+r_0)\sum_{i=1}^{n} s_i \ge 0$.

Таким образом, при выполнении условий (16) и (18) подразделениям фирмы не выгодно будет завышать оценки своих собственных затрат. Прибыль каждого подразделения в этом случае зависит только от фактических затрат и может быть записана в виде

$$П_i=[(1-k)r_0-k]з_i+kL_i=r_0 з_i+k\left[C-(1+\rho_o)\sum_{j=1}^{n} з_j\right].$$

На рис. 16 изображены две прямые

$$k=1-\frac{a}{1+r_0}$$

и

$$k=\frac{1}{n}.$$

Точки, находящиеся в заштрихованной области на графике удовлетворяют неравенствам (16) и (18). Поэтому эту область можно считать областью противозатратности. Отсюда следует, чтобы область противозатратности была не пуста, должно выполняться условие

$$\frac{1}{n} \geq \frac{r_0}{1 + r_0}$$

или

$$r_0 < \frac{1}{n-1}. \qquad (19)$$

Другими словами, если k, n, a и r_0 таковы, что эта область не пуста, то подразделениям выгодно сообщать руководству фирмы истинные значения затрат на выполнение работ.

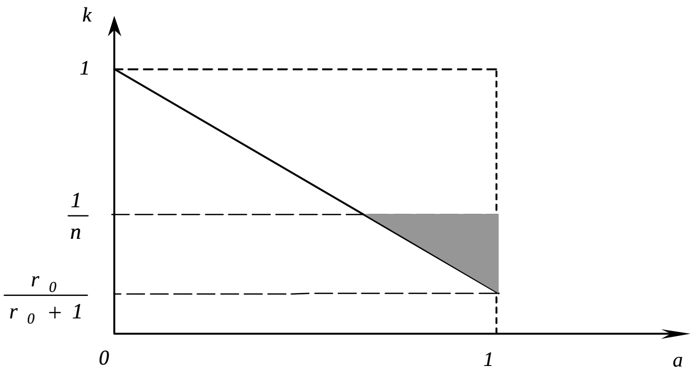


Рис. 16.

Заметим здесь, что последнее неравенство – это ограничение на минимальную рентабельность, в то время как при распределении финансовых средств на основе принципа равных рентабельностей выражение (11) – это ограничение на максимальную рентабельность. Нетрудно также заметить, что с ростом n область противозатратности сокращается.

Для иллюстрации действия рассматриваемого механизма распределения финансовых средств рассмотрим результаты проведенного игрового эксперимента (Таблица 2). Условия эксперимента следующие: $C=1000;\ n=6;\ з_1=100;\ з_2=100;\ з_3=110;\ з_4=110;\ з_5=120;$ $з_6=120;\ r_0=0{,}15;\ k=0{,}16;\ a=0{,}97.$

Таблица 2

	Номер игрока	1	2	3	4	5	6
Партия № 1	Оценка затрат	120	125	130	145	150	165
	Лимитная стоимость	177,7	183,5	189,2	206,5	212,2	229,5
	Лимитная рентабельность	0,481	0,468	0,456	0,424	0,42	0,39
	Фактическая рентабельность	0,203	0,201	0,199	0,194	0,19	0,19
	Объем финансирования	144,3	150,1	155,8	173,1	178,8	196,1
	Прибыль	24,96	25,86	26,16	29,16	29,76	32,46
	Прибыль фирмы	168,66					
Партия № 2	Оценка затрат	110	130	130	140	140	150
	Лимитная стоимость	206,5	229,5	229,5	241,0	241,0	252,5
	Лимитная рентабельность	0,877	0,765	0,765	0,721	0,72	0,68
	Фактическая рентабельность	0,266	0,248	0,248	0,241	0,24	0,24
	Объем финансирования	139,3	162,3	162,3	173,8	173,8	185,3
	Прибыль	29,60	33,20	32,90	34,70	34,40	36,20
	Прибыль фирмы	201,00					
Партия № 3	Оценка затрат	100	140	135	150	130	130
	Лимитная стоимость	212,2	258,2	252,5	269,7	246,7	246,7
	Лимитная рентабельность	1,123	0,845	0,870	0,798	0,90	0,90
	Фактическая рентабельность	0,306	0,261	0,265	0,254	0,27	0,27
	Объем финансирования	130,5	176,5	170,8	188,0	165,0	165,0
	Прибыль	30,56	37,76	36,56	39,26	35,36	35,36
	Прибыль фирмы	214,86					
Партия № 4	Оценка затрат	100	150	140	170	140	150
	Лимитная стоимость	137,5	195,0	183,5	218,0	183,5	195,0
	Лимитная рентабельность	0,375	0,300	0,311	0,282	0,31	0,30
	Фактическая рентабельность	0,186	0,174	0,176	0,171	0,18	0,17
	Объем финансирования	118,6	176,1	164,6	199,1	164,6	176,1
	Прибыль	18,60	27,60	25,50	30,90	25,20	27,00
	Прибыль фирмы	154,80					
Партия № 5	Оценка затрат	110	140	120	145	130	135
	Лимитная стоимость	229,5	264,0	241,0	269,7	252,5	258,2
	Лимитная рентабельность	1,086	0,886	1,008	0,860	0,94	0,91
	Фактическая рентабельность	0,300	0,268	0,287	0,264	0,28	0,27
	Объем финансирования	142,9	177,4	154,4	183,2	165,9	171,7
	Прибыль	33,28	38,68	34,78	39,28	36,28	37,18
	Прибыль фирмы	219,48					

Партия № 6	Номер игрока	1	2	3	4	5	6
	Оценка затрат	100	100	110	110	120	120
	Лимитная стоимость	356,	356,	367,	367,	379,	379,
	Лимитная рентабель-	2,56	2,56	2,34	2,34	2,16	2,16
	Фактическая рентабель-	0,53	0,53	0,50	0,50	0,47	0,47
	Объем финансирования	153,	153,	165,	165,	176,	176,
	Прибыль	53,5	53,5	55,0	55,0	56,5	56,5
	Прибыль фирмы	330,36					
Партия № 7	Оценка затрат	110	100	110	110	120	120
	Лимитная стоимость	356,	344,	356,	356,	367,	367,
	Лимитная рентабель-	2,23	2,44	2,23	2,23	2,06	2,06
	Фактическая рентабель-	0,48	0,51	0,48	0,48	0,46	0,46
	Объем финансирования	163,	151,	163,	163,	174,	174,
	Прибыль	53,5	51,7	53,2	53,2	54,7	54,7
	Прибыль фирмы	321,12					
Партия № 8	Оценка затрат	100	100	130	110	120	120
	Лимитная стоимость	333,	333,	367,	344,	356,	356,
	Лимитная рентабель-	2,33	2,33	1,82	2,13	1,97	1,97
	Фактическая рентабель-	0,49	0,49	0,41	0,46	0,44	0,44
	Объем финансирования	149,	149,	184,	161,	172,	172,
	Прибыль	49,8	49,8	54,9	51,3	52,8	52,8
	Прибыль фирмы	311,88					
Партия № 9	Оценка затрат	100	100	110	110	120	120
	Лимитная стоимость	356,	356,	367,	367,	379,	379,
	Лимитная рентабель-	2,56	2,56	2,34	2,34	2,16	2,16
	Фактическая рентабель-	0,53	0,53	0,50	0,50	0,47	0,47
	Объем финансирования	153,	153,	165,	165,	176,	176,
	Прибыль	53,5	53,5	55,0	55,0	56,5	56,5
	Прибыль фирмы	330,36					

Отсюда следует, что наилучшие результаты достигаются в том случае, когда подразделения фирмы сообщают достоверную информацию. В то же время искажение информации приводит к уменьшению прибыли подразделений и фирмы в целом.

6.ПРОТИВОЗАТРАТНОСТЬ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ФОНДА ОПЛАТЫ ТРУДА

Эффективность работы подразделений фирмы зависит не только от эффективности работы сотрудников (их квалификации, заинтересованности в снижении затрат и т.д.), но и от объективных условий, связанных с видом выполняемых работ.

До сих пор эффективность работы подразделения определялось показателем рентабельности, зависящим от стоимости договора и затрат подразделения. Разные подразделения объективно имеют разные соотношения между стоимостью живого труда и стоимостью материальных затрат или привлеченного труда, что ставит их в неравные условия [6].

Действительно, пусть $з_i=A_i+B_i$, где A_i-стоимость живого труда, B_i-стоимость материальных затрат или привлеченного труда, тогда

$$П_i=r_0(A_i+B_i)+k\left[C-(1+\rho_o)\sum_{j=1}^{n} з_j\right]$$

и *ФОТ i-го* подразделения можно представить в виде

$$ФОТ_i=A_i+mП_i,$$

где m - процент отчисления в *ФОТ* от прибыли, или

$$ФОТ_i=(1+mr_0)A_i+mr_0B_i+mk\left[C-(1+\rho_o)\sum_{j=1}^{n} з_j\right].$$

Если $A_1=A_2$ и $B_1>B_2$, то не трудно видеть, что $ФОТ_1>ФОТ_2$.

Одинаковые условия при формировании *ФОТ* подразделений фирмы обеспечиваются, если при определении объема финансирования используется следующая процедура.

Для всех подразделений устанавливается единый минимальный норматив рентабельности r_0

Со всех подразделений фирмы собираются заявки затрат на выполнение работ:

a_i-оценка стоимости живого труда;

b_i-оценка стоимости материальных затрат или привлеченного труда.

После сбора информации о затратах для каждого подразделения руководство фирмы определяет минимальный объем финансирования

$$w_i=(1+r_0)a_i+b_i.$$

Затем определяется лимитная (максимальная) стоимость работ *i-го* подразделения фирмы

$$L_i = C-\left(\sum_{j=1}^{n} w_j - w_i\right) = C-(1+r_o)\left(\sum_{j=1}^{n} a_j - a_i\right)-\left(\sum_{j=1}^{n} b_j - b_i\right). \quad (20)$$

На основе лимитной стоимости работ определяется лимитная рентабельность работ подразделения

$$h_i = \frac{L_i - a_i - b_i}{a_i} = \frac{C - r_o\left(\sum_{j=1}^{n} a_j - a_i\right) - \sum_{j=1}^{n} a_j - \sum_{j=1}^{n} b_j}{a_i}. \quad (21)$$

Затем руководство фирмы определяет договорной уровень рентабельности в соответствии с выражением (13)

$$r_i = \frac{kC + r_0 a_i - kr_o \sum_{j=1}^{n} a_j - k\left(\sum_{j=1}^{n} a_j + \sum_{j=1}^{n} b_j\right)}{a_i}.$$

На основе рассчитанного уровня рентабельности определяется объем финансирования

$$c_i=(1+r_i)a_i+b_i=(1\text{-}k)(1+r_0)a_i+(1\text{-}k)b_i+kL_i. \quad (22)$$

Теперь можно определить прибыль *i-го* подразделения фирмы

$$П_i=c_i-A_i-B_i-a(a_i-A_i)-b(b_i-B_i).$$

или

$$П_i=[(1\text{-}k)(1+r_0)-a]a_i+(1\text{-}k\text{-}b)b_i+kL_i-(1\text{-}a)A_i-(1\text{-}b)B_i \quad (23)$$

Из последнего выражения следует, что подразделениям фирмы невыгодно будет завышать оценки затрат живого труда на выполнение работ, если выполняются условия (16) и затрат привлеченного труда, если

$$1\text{-}k\text{-}b<0.$$

Объем финансирования подразделения фирмы с ростом затрат как живого, так и привлеченного труда должен расти. Из выражения (22) следует $(1-k)>0$ или $k<1$.

Нетрудно проверить, что для реализуемости рассматриваемого механизма должно выполняться неравенство (19). Действительно, так как

$$\sum_{i=1}^{n} c_i = (1-kn)\left[(1+r_0)\sum_{i=1}^{n} a_i + \sum_{i=1}^{n} b_i\right] + knC\,, \tag{24}$$

то

$$(1-kn)\left[(1+r_0)\sum_{i=1}^{n} a_i + \sum_{i=1}^{n} b_i\right] + knC \le C\,,$$

а отсюда и следует что это неравенство справедливо, когда выполняется (19).

Здесь также легко убедиться, что договорная рентабельность каждого подразделения будет не ниже нормативной.

Таким образом, область противозатратности, в этом случае, изображается с помощью двух графиков. Один график представлен на рис. 16, а второй график изображен на рис. 17.

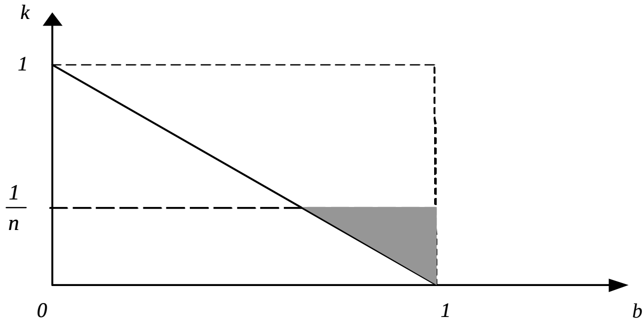


Рис. 17.

Если k, n, a, b и r_0 таковы, что заштрихованные область на рис. 16 и рис. 17 не пусты, то подразделениям выгодно сообщать руководству фирмы истинные значения затрат на выполнение работ.

Прибыль каждого подразделения в этом случае будет представляться в виде

$$П_i = r_0 A_i + k\left[C - (1+r_o)\sum_{j=1}^{n} A_j - \sum_{j=1}^{n} B_j\right]$$

и *ФОТ i-го* подразделения теперь можно будет записать как

$$ФОТ_i=(1+mr_0)A_i+mk\left[C-(1+r_o)\sum_{j=1}^{n}A_j-\sum_{j=1}^{n}B_j\right].$$

А отсюда следует, что *ФОТ* любого подразделения определяется в первую очередь затратами живого труда этого подразделения.

Здесь также интересно отметить, что при определении объемов финансирования подразделений с учетом затрат живого и привлеченного труда общий расход средств на выполнение работ оказывается меньше, чем при учете только консолидированных затрат подразделений. Для того чтобы убедиться в этом, достаточно сравнить выражения (17) и(24).

Действительно

$$(1-kn)(1+r_0)\sum_{i=1}^{n}s_i+knC>(1-kn)\left[(1+r_0)\sum_{i=1}^{n}a_i+\sum_{i=1}^{n}b_i\right]+knC\,,$$

а, учитывая, что $s_i=a_i+b_i$, получаем

$$r_0\sum_{i=1}^{n}b_i>0\,,$$

откуда и следует справедливость утверждения.

Выше были приведены результаты игрового эксперимента, когда общие затраты производства не разделялись на затраты живого и привлеченного труда. Предположим теперь, что при сохранении всех начальных условий вышеприведенного эксперимента фактические затраты каждого подразделения фирмы можно представить в виде таблицы 3.

Таблица 3

i	$З_i$	=	A_i	+	B_i
1.	100	=	40	+	60
2.	100	=	60	+	40
3.	110	=	80	+	30
4.	110	=	60	+	50
5.	120	=	80	+	40
6.	120	=	40	+	80

Тогда, при сообщении всеми подразделениями достоверной информации о своих затратах на выполнение работ, *ФОТ* каждого подразделения был бы равен (см. Таблицу 4):

Таблица 4

$ФОТ_1$	$ФОТ_2$	$ФОТ_3$	$ФОТ_4$	$ФОТ_5$	$ФОТ_6$
66,78	*86,78*	*107,53*	*87,53*	*108,28*	*68,28*

Ниже в таблице 5 приведены результаты игрового эксперимента для тех же условий что и в предыдущем эксперименте, но максимальная стоимость работ, максимальная рентабельность, объем финансирования и прибыль определялись в соответствии с выражениями (20)-(23). В этом случае норматив дополнительных отчислений от сверхплановой прибыли за счет завышения затрат привлеченного труда берется $b=0,85$.

Таблица 5

	Номер игрока	1	2	3	4	5	6
Партия № 1	Оценка затрат живого труда	60	70	90	60	80	85
	Оценка затрат привлеченного труда	60	55	40	85	70	80
	Лимитная стоимость	227,25	233,75	241,75	252,25	260,25	276,00
	Лимитная рентабельность	1,788	1,554	1,242	1,788	1,378	1,306
	Фактическая рентабель-	0,412	0,375	0,325	0,412	0,347	0,335
	Объем финансирования	144,72	151,22	159,22	169,72	177,72	193,47
	Прибыль	25,32	28,77	31,02	29,97	32,22	29,82
	ФОТ	52,66	74,385	95,51	74,985	96,11	54,91
Партия № 2	Оценка затрат живого труда	50	80	80	60	80	70
	Оценка затрат привлеченного труда	60	50	50	80	60	80
	Лимитная стоимость	254,50	279,00	279,00	286,00	289,00	297,50
	Лимитная рентабельность	2,890	1,863	1,863	2,433	1,863	2,107
	Фактическая рентабель-	0,588	0,424	0,424	0,515	0,424	0,463
	Объем финансирования	139,42	163,92	163,92	170,92	173,92	182,42
	Прибыль	29,72	36,02	36,92	35,42	36,92	33,32
	ФОТ	54,86	78,01	98,46	77,71	98,46	56,66
Партия № 3	Оценка затрат живого труда	40	60	80	60	80	50
	Оценка затрат привлеченного труда	60	80	55	90	50	80
	Лимитная стоимость	265,50	308,50	306,50	318,50	301,50	297,00
	Лимитная рентабельность	4,138	2,808	2,144	2,808	2,144	3,340
	Фактическая рентабель-	0,788	0,575	0,469	0,575	0,469	0,660
	Объем финансирования	131,52	174,52	172,52	184,52	167,52	163,02
	Прибыль	31,52	40,52	41,27	40,52	39,02	33,32
	ФОТ	55,76	80,26	100,63	80,26	99,51	56,66

	Номер игрока	1	2	3	4	5	6
Партия № 4	Оценка затрат живого труда	40	60	90	70	90	70
	Оценка затрат привлеченного труда	60	90	50	100	50	80
	Лимитная стоимость	193,00	246,00	240,50	267,50	240,50	247,50
	Лимитная рентабельность	2,325	1,600	1,117	1,393	1,117	1,393
	Фактическая рентабель-	0,498	0,382	0,305	0,349	0,305	0,349
	Объем финансирования	119,92	172,92	167,42	194,42	167,42	174,42
	Прибыль	19,92	30,42	30,72	32,22	29,22	25,32
	ФОТ	49,96	75,21	95,36	76,11	94,61	52,66
Партия № 5	Оценка затрат живого труда	40	60	85	80	90	55
	Оценка затрат привлеченного труда	70	80	35	65	40	80
	Лимитная стоимость	274,50	307,50	291,25	315,50	302,00	301,75
	Лимитная рентабельность	4,113	2,792	2,015	2,131	1,911	3,032
	Фактическая рентабель-	0,784	0,573	0,448	0,467	0,432	0,611
	Объем финансирования	141,36	174,36	158,11	182,36	168,86	168,61
	Прибыль	32,86	40,36	39,01	40,21	39,16	34,06
	ФОТ	56,43	80,18	99,505	80,105	99,58	57,03
Партия № 6	Оценка затрат живого труда	40	60	80	60	80	40
	Оценка затрат привлеченного труда	60	40	30	50	40	80
	Лимитная стоимость	392,00	395,00	408,00	405,00	418,00	412,00
	Лимитная рентабельность	7,300	4,917	3,725	4,917	3,725	7,300
	Фактическая рентабель-	1,294	0,913	0,722	0,913	0,722	1,294
	Объем финансирования	151,76	154,76	167,76	164,76	177,76	171,76
	Прибыль	51,76	54,76	57,76	54,76	57,76	51,76
	ФОТ	65,88	87,38	108,88	87,38	108,88	65,88
Партия № 7	Оценка затрат живого труда	50	60	80	60	80	40
	Оценка затрат привлеченного труда	60	40	30	50	40	80
	Лимитная стоимость	392,00	383,50	396,50	393,50	406,50	400,50
	Лимитная рентабельность	5,640	4,725	3,581	4,725	3,581	7,013
	Фактическая рентабель-	1,028	0,882	0,699	0,882	0,699	1,248
	Объем финансирования	161,42	152,92	165,92	162,92	175,92	169,92
	Прибыль	51,72	52,92	55,92	52,92	55,92	49,92
	ФОТ	65,86	86,46	107,96	86,46	107,96	64,96

	Номер игрока	1	2	3	4	5	6
Партия № 8	Оценка затрат живого	40	60	80	60	80	40
	Оценка затрат привлечен-	70	40	30	50	40	80
	Лимитная стоимость	390,5	383,5	396,5	393,5	406,5	400,5
	Лимитная рентабельность	7,013	4,725	3,581	4,725	3,581	7,013
	Фактическая рентабель-	1,248	0,882	0,699	0,882	0,699	1,248
	Объем финансирования	159,9	152,9	165,9	162,9	175,9	169,9
	Прибыль	51,42	52,92	55,92	52,92	55,92	49,92
	ФОТ	65,71	86,46	107,9	86,46	107,9	64,96
Партия № 9	Оценка затрат живого	40	60	80	60	80	40
	Оценка затрат привлечен-	60	40	30	50	40	80
	Лимитная стоимость	392,0	395,0	408,0	405,0	418,0	412,0
	Лимитная рентабельность	7,300	4,917	3,725	4,917	3,725	7,300
	Фактическая рентабель-	1,294	0,913	0,722	0,913	0,722	1,294
	Объем финансирования	151,7	154,7	167,7	164,7	177,7	171,7
	Прибыль	51,76	54,76	57,76	54,76	57,76	51,76
	ФОТ	65,88	87,38	108,8	87,38	108,8	65,88

Результаты игрового эксперимента показывают, что при равных затратах живого труда подразделения имеют одинаковые *ФОТ,* и в тоже время подразделениям не выгодны завышать свои затраты на выполнение работ. Одновременно с этим отметим, что суммарный объем финансирования работ равен *988,56,* в то время как, в случае не разделения затрат на живой и привлеченный труд суммарный объем финансирования работ был равен *990,36.*

7.ИЕРАРХИЯ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ

Предположим, что из n подразделений фирмы одно из подразделений назначается головным. Для определенности будем считать, что головным подразделение является подразделение под номером n, и остальные $(n\text{-}1)$ подразделения заключают договоры на выполнение работ с n-*м* подразделением. Процедура определения объемов финансирования происходит следующим образом. На первом шаге первые $(n\text{-}1)$ подразделений сообщают оценки своих затрат на выполнение работ. Тогда лимитная стоимость работ головного (n-*го)* подразделения определяется выражением

$$L_n = C - (1 + r_o)\sum_{j=1}^{n-1} s_j \, .$$

Соответственно, лимитная рентабельность работ n-*го* подразделения равна

$$h_n = \frac{L_n - s_n}{s_n} = \frac{C - (1 + r_0)\sum\limits_{j=1}^{n-1} s_j - s_n}{s_n} \, .$$

Договорной уровень рентабельности головного подразделения представляется в виде

$$r_n=(1\text{-}k)r_0+kh_n,\ k\hat{I}(0;1).$$

На основе договорного уровня рентабельности определяется объем финансирования головного подразделения

$$c_n=(1+r_n)s_n.$$

В этом случае общий объем финансирования остальных подразделений-соисполнителей будет равен $(C\text{-}c_n)$.

Соответственно лимитная стоимость работ i-*го* подразделения-соисполнителя $(i=1,\ldots,n\text{-}1)$ может быть записан как

$$L_i = C - c_n - (1 + r_o)\left(\sum_{j=1}^{n-1} s_j - s_i\right),$$

а лимитная рентабельность работ i-*го* подразделения

$$h_i = \frac{L_i - s_i}{s_i} = \frac{C - c_n - (1 + r_0)\left(\sum\limits_{j=1}^{n-1} s_j - s_i\right) - s_i}{s_i}.$$

Договорной уровень рентабельности *i-го* подразделения определяется в соответствии с выражением (13), а объем финансирования – в соответствии с выражением (14).

Учитывая (15), прибыль головного подразделения может быть представлена в виде

$$П_n=[(1-k)(1+r_0)-a]s_n+kC-(1-a)з_i-k(1+r_0)\sum_{j=1}^{n-1} s_j .$$

Отсюда следует, что головному подразделению не выгодно завышать оценку затрат, если выполняется неравенство (16). То есть, для головного подразделения необходимо выполнение такого же условия, как и для всех подразделений фирмы при отсутствии дополнительно введенной искусственной иерархии.

Выражение для прибыли *i-го* подразделения *(i=1,…,n-1)* в соответствии с выражением (15) можно записать как

$$П_i=[(1-k+k^2)(1+r_0)-a]s_i+k(1-k)\left[C-(1+r_o)\left(\sum_{j=1}^{n} s_j - s_i\right)\right]-(1-a)з_i.$$

Следовательно, подразделениям – соисполнителям невыгодно будет завышать оценки затрат на выполнение работ, если

$$(1-k+k^2)(1+r_0)-a<0$$

или

$$\left(k - \frac{1}{2}\right)^2 < \frac{a}{1+r_0} - \frac{3}{4}.$$

Отсюда имеем

$$a > \frac{3}{4}(1+r_0)$$

И, соответственно,

$$\frac{1}{2} - \sqrt{\frac{a}{1+r_0} - \frac{3}{4}} < k < \frac{1}{2} + \sqrt{\frac{a}{1+r_0} - \frac{3}{4}} \qquad (25)$$

Таким образом если неравенства (16) и (25) справедливы, то подразделениям фирмы было не выгодно завышать оценки затрат на выполнение работ. Более того, легко проверить, что условие противозатратности обеспечивается при выполнении одного неравенство (25). Другими словами, неравенство (16) выполняется всегда, когда справедливо (25).

Для реализуемости механизма необходимо, чтобы $\sum_{i=1}^{n} c_i \le C$. Действительно,

$$\sum_{i=1}^{n} c_i = (1+r_0)\sum_{i=1}^{n} s_i \left[1-kn+k^2(n-1)\right] + \left[kn-k^2(n-1)\right]C \qquad (26)$$

или

$$\left[1-kn+k^2(n-1)\right]\times\left[C-(1+r_0)\sum_{i=1}^{n} s_i\right] \ge 0 \qquad (27)$$

Так как $C-(1+r_0)\sum_{i=1}^{n} s_i \ge 0$, то неравенство (27) справедливо, когда

$$1-kn+k^2(n-1) \ge 0$$

или

$$\left(\frac{1}{n-1}-k\right)(1-k) \ge 0.$$

Отсюда следует, $k \le \dfrac{1}{n-1}$.

Сравним суммарный объем финансирования за выполнение работ при выделении головного подразделения с объемом финансирования, для случая, когда дополнительная иерархия не организуется. То есть, сравним выражение (17) с выражением (26).

Пусть

$$(1-kn)(1+r_0)\sum_{i=1}^{n} s_i + knC >$$

$$> (1+r_0)\sum_{i=1}^{n} s_i \left[1-kn+k^2(n-1)\right] + \left[kn-k^2(n-1)\right]C$$

После ряда простых преобразований получаем

$$C-(1+r_0)\sum_{i=1}^{n}s_i>0.$$

А это неравенство справедливо по условию. Таким образом, иерархическая система позволяет сократить размеры финансирования на выполнение работ.

Заштрихованная область на рис. 18 является областью противозатратности для случая, когда выделено одно подразделение в качестве головного.

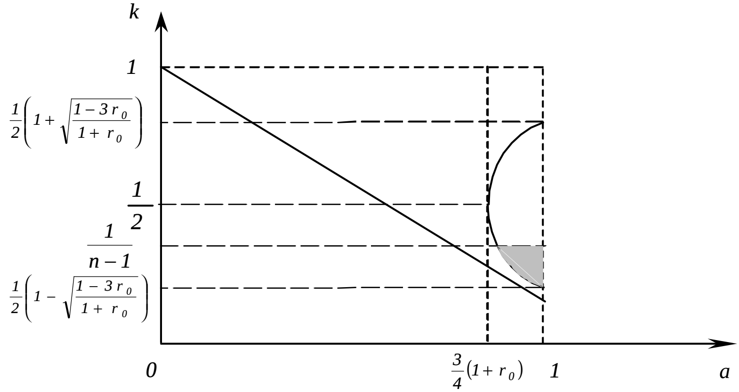


Рис. 18.

Легко видеть, чтобы область противозатратности была не пуста, должно выполняться условие

$$\frac{1}{n-1}>\frac{1}{2}\left(1-\sqrt{\frac{1-3r_0}{1+r_0}}\right).$$

Отсюда легко получить, что

$$r_0<\frac{n-2}{n^2-3n+3}. \qquad (28)$$

Сравнивая условия (19) и (28) можем утверждать, что последнее неравенство является более ограничительным на минимальный уровень рентабельности. Появление более сильного ограничения при введении иерархии среди подразделений можно рассматривать как своеобразную плату за сокращение общего объема финансирования выполнения работ на фирме.

Иллюстрацию действия механизма распределения финансовых средств, в сформированной иерархической системе, можно увидеть в результатах игрового эксперимента в таблице 6. Условия эксперимента следующие: $C=1000$; $n=6$; $з_1=100$; $з_2=100$; $з_3=110$; $з_4=110$; $з_5=120$; $з_6=120$; $r_0=0{,}15$; $k=0{,}195$; $a=0{,}97$. Шестое подразделение является головным.

Таблица 6

	Номер игрока	1	2	3	4	5	6
Партия № 1	Оценка затрат	120	125	130	145	150	165
	Лимитная стоимость	170,00	175,75	181,50	198,75	204,50	229,50
	Лимитная рентабельность	0,417	0,406	0,396	0,371	0,363	0,391
	Фактическая рентабельность	0,202	0,200	0,198	0,193	0,192	0,197
	Объем финансирования	144,24	149,99	155,74	172,99	178,74	197,50
	Прибыль	24,84	25,74	26,34	29,04	29,64	33,85
	Прибыль фирмы	169,45					
Партия № 2	Оценка затрат	110	130	130	140	140	150
	Лимитная стоимость	190,90	213,90	213,90	225,40	225,40	252,50
	Лимитная рентабельность	0,735	0,645	0,645	0,610	0,610	0,683
	Фактическая рентабельность	0,264	0,247	0,247	0,240	0,240	0,254
	Объем финансирования	139,06	162,06	162,06	173,56	173,56	188,10
	Прибыль	29,36	32,96	32,66	34,46	34,16	39,00
	Прибыль фирмы	202,59					
Партия № 3	Оценка затрат	100	140	135	150	130	130
	Лимитная стоимость	193,29	239,29	233,54	250,79	227,79	246,75
	Лимитная рентабельность	0,933	0,709	0,730	0,672	0,752	0,898
	Фактическая рентабельность	0,303	0,259	0,263	0,252	0,267	0,296
	Объем финансирования	130,27	176,27	170,52	187,77	164,77	168,46
	Прибыль	30,27	37,47	36,27	38,97	35,07	38,76
	Прибыль фирмы	216,79					
Партия № 4	Оценка затрат	100	150	140	170	140	150
	Лимитная стоимость	133,11	190,61	179,11	213,61	179,11	195,00
	Лимитная рентабельность	0,331	0,271	0,279	0,257	0,279	0,300
	Фактическая рентабельность	0,185	0,174	0,175	0,171	0,175	0,179
	Объем финансирования	118,53	176,03	164,53	199,03	164,53	176,89
	Прибыль	18,53	27,53	25,43	30,83	25,13	27,79
	Прибыль фирмы	155,25					

Партия № 5	Номер игрока	1	2	3	4	5	6
	Оценка затрат	110	140	120	145	130	135
	Лимитная стоимость	209,42	243,92	220,92	249,67	232,42	258,25
	Лимитная рентабельность	0,904	0,742	0,841	0,722	0,788	0,913
	Фактическая рентабельность	0,297	0,265	0,285	0,262	0,274	0,299
	Объем финансирования	142,67	177,17	154,17	182,92	165,67	175,34
	Прибыль	32,97	38,37	34,47	38,97	35,97	40,79
	Прибыль фирмы	221,53					
Партия № 6	Оценка затрат	100	100	110	110	120	120
	Лимитная стоимость	309,01	309,01	320,51	320,51	332,01	379,00
	Лимитная рентабельность	2,090	2,090	1,914	1,914	1,767	2,158
	Фактическая рентабельность	0,528	0,528	0,494	0,494	0,465	0,542
	Объем финансирования	152,83	152,83	164,33	164,33	175,83	185,00
	Прибыль	52,83	52,83	54,33	54,33	55,83	65,00
	Прибыль фирмы	335,15					
Партия № 7	Оценка затрат	110	100	110	110	120	120
	Лимитная стоимость	311,25	299,75	311,25	311,25	322,75	367,50
	Лимитная рентабельность	1,830	1,997	1,830	1,830	1,690	2,063
	Фактическая рентабельность	0,478	0,510	0,478	0,478	0,450	0,523
	Объем финансирования	162,53	151,03	162,53	162,53	174,03	182,75
	Прибыль	52,83	51,03	52,53	52,53	54,03	62,75
	Прибыль фирмы	325,68					
Партия № 8	Оценка затрат	100	100	130	110	120	120
	Лимитная стоимость	290,49	290,49	324,99	301,99	313,49	356,00
	Лимитная рентабельность	1,905	1,905	1,500	1,745	1,612	1,967
	Фактическая рентабельность	0,492	0,492	0,413	0,461	0,435	0,504
	Объем финансирования	149,22	149,22	183,72	160,72	172,22	180,51
	Прибыль	49,22	49,22	54,32	50,72	52,22	60,51
	Прибыль фирмы	316,21					
Партия № 9	Оценка затрат	100	100	110	110	120	120
	Лимитная стоимость	309,01	309,01	320,51	320,51	332,01	379,00
	Лимитная рентабельность	2,090	2,090	1,914	1,914	1,767	2,158
	Фактическая рентабельность	0,528	0,528	0,494	0,494	0,465	0,542
	Объем финансирования	152,83	152,83	164,33	164,33	175,83	185,00
	Прибыль	52,83	52,83	54,33	54,33	55,83	65,00
	Прибыль фирмы	335,15					

Из приведенных результатов следует, что наилучших показателей подразделения фирмы достигают при сообщении достоверной информации о своих затратах на выполнение работ. Одновременно с этим отметим, что наибольшую прибыль получает и вся фирма в целом. Более того, сообщение достоверной информации обеспечивает наименьший суммарный объем финансирования работ.

Здесь также следует отметить, что введение иерархии создает головному подразделению более благоприятные условия функционирования если не учитывать затрат на руководство выполнением всей работы в целом.

Действительно, предположим, что затраты на выполнение работы головным подразделением равны $з_n$, а затраты подразделения-соисполнителя равны $з_{n-1}$, причем $з_n=з_{n-1}$, тогда нетрудно убедиться, что

$$c_n - c_{n-1} = k\left(L_n - L_{n-1}\right) = k^2\left[C - \left(1 + r_o\right)\sum_{j=1}^{n} з_j\right]. \qquad (29)$$

То есть объем финансирования головного подразделения всегда больше объема финансирования подразделения-соисполнителя при одинаковых затратах на выполнение работ. А при сообщении всеми подразделениями фирмы достоверной информации разница в финансировании определяется величиной (29). Так, в проведенном эксперименте затраты на выполнение работ пятым и шестым подразделением были одинаковыми, разница в финансировании составила *9,164* или *5,2%*.

8. СТИМУЛИРОВАНИЕ КОЛЛЕКТИВА ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ

Различные подходы к анализу механизмов стимулирования в подразделениях можно показать на примере исследования способов распределения премии внутри трудового коллектива подразделения.

Предположим, что все члены трудового коллектива подразделения выполняют производственное задание, делая при этом некоторые виды работ. По результатам своей деятельности коллектив получает некоторый премиальный фонд. Этот фонд может образовываться за счет экономии материальных и энергоресурсов, за счет сокращения брака выпускаемой продукции, за счет сокращения сроков выполнения работ и т.д. [16,17].

Процедура распределения фонда премирования между членами трудового коллектива должна решать главную задачу - повышать эффективность работы коллектива. В частности, эта процедура должна стимулировать увеличение объема выпуска продукции, повышение качества продукции, сокращение издержек производства, сокращение сроков выполнения работ и т.д. [18].

Основная идея, которая учитывается при рассмотрении систем стимулирования трудового коллектива, состоит в том, что каждый член коллектива стремится заработать как можно больше денег. При этом, если условия оплаты его полностью удовлетворяют, он работает более интенсивно (выполняет больший объем работ или делает работу более высокого качества и т.п.). Поэтому в основу процедур стимулирования коллектива положено распределение фонда премирования на основе коэффициентов трудового участия (КТУ) [19,20].

Задачей руководителей трудового коллектива является выбор такой системы стимулирования, которая в наибольшей мере побуждает подчиненных работать с наибольшей интенсивностью (например, выполнять работу более высокого уровня качества).

Процедура же определения КТУ может быть различной, именно:

- формирование КТУ пропорционально тарифным разрядам (квалификации) членов трудового коллектива;

- формирование КТУ пропорционально трудовому вкладу каждого работника;

При формировании КТУ пропорционально тарифным разрядам имеется в виду следующее. Считается, что тарифный разряд характеризует деятельность каждого работника. При этом полагается, что, чем больше тарифный разряд, тем выше квалификация работника. Поэтому, тарифный разряд, отражая эффективность работы каждого члена трудового коллектива, может быть использован для оценки его деятельности.

При формировании КТУ пропорционально трудовому вкладу учитывается вклад каждого работника в зависимости от индивидуальной производительности труда и качества работы в общую работу всего трудового коллектива.

Итак, в трудовом коллективе руководство имеет свои цели и формирует условия функционирования, чтобы достичь этих целей. Соответственно, члены трудового коллектива тоже имеют свои цели и, выбирая соответствующую стратегию, стремятся их достигнуть.

Модель трудового коллектива представляется в виде двухуровневой системы, состоящей из Центра (руководителя коллектива) и элементов нижнего уровня. Предполагается, что по результатам своей деятельности коллектив получает премиальный фонд, который распределяется между элементами в зависимости от выбранной процедуры стимулирования. Фонд остается неизменным на протяжении нескольких периодов функционирования. Фонд премирования в коллективе распределяется полностью.

Будем считать, что r_i, $i=1,...,n$ - показатель, который характеризует квалификацию *i-го* элемента (соответственно, отражает установленный тарифный разряд *i-го* элемента). Чем больше значение r_i, тем выше квалификация *i-го* элемента. Обозначим через x_i показатель эффективности выполняемой работы *i-го* элемента (это может быть объем выпускаемой продукции, показатель качества выпускаемой продукции, снижение издержек производства, сокращение сроков выполнения работ и т.д.).

Полученный фонд Φ распределяется между элементами на основе коэффициента трудового участия (КТУ). Пусть d_i - КТУ *i-го* элемента, причем $d_i>0$. Так как фонд Φ распределяется полностью, то очевидно выполняется условие $\sum_{j=1}^{n} d_j = 1$.Таким образом, премия i-го элемента определяется выражением $П_i = d_i Ф$.

Отметим, что каждый элемент оценивает результат своей деятельности не по размеру полученной премии, а путем сравнения этой премии с возможным упущенным заработком. Здесь возможный упущенный заработок - это та сумма денег, которую мог бы получить элемент, если бы он направил свои усилия не на повышение эффективности работы, а на получение заработка (например, на другом месте работы).

Физические, умственные, эмоциональные, временные и т.д. затраты z_i, которые расходует i-й элемент, зависят от показателя эффективности x_i и показателя квалификации r_i, $z_i = z_i(x_i, r_i)$. В работе рассматривается линейная зависимость затрат i-го элемента от его показателя эффективности, то есть $z_i = \frac{x_i}{r_i}$. Здесь также предполагается, что чем выше квалификация элемента, тем меньше затрат от него требуется на повышение показателя эффективности.

Возможный упущенный заработок y_i может быть определен следующим образом. Если бы затраты z_i были неправлены не на достижение показателя x_i, а на выполнение некоторой работы A_i, то можно было бы считать, что объем этой работы пропорционален затратам, то есть

$$A_i = \frac{p_i x_i}{r_i},$$

где p_i - коэффициент пропорциональности. Если через c_i обозначить стоимость единицы работы A_i, то возможный упущенный заработок можно представить в виде

$$y_i = \frac{c_i p_i x_i}{r_i}.$$

Обозначив величину $\frac{c_i p_i}{r_i}$ через k_i, получаем $y_i = k_i x_i$. В дальнейшем, случай $k_1 = k_2 = \ldots = k_n = k$ будем считать относящимся к однородному коллективу. Соответственно, случай $k_i \neq k_j$, $i \neq j$ соответствует неоднородному коллективу.

При исследовании модели стимулирования коллектива подразделения предполагается, что каждый элемент стремится увеличить значение своей целевой функции. Значение суммарного показателя эффективности $\sum_{j}^{n} x_j^*$, в ситуации равновесия по Нэшу, характеризует эффективность всей процедуры распределения фонда Φ.

Действительно, если при процедуре распределения №1 (***ПР №1***) в ситуации равновесия по Нэшу суммарный показатель эффективности равен $\sum_{j}^{n} x_j^*$, а при процедуре распределения №2 (***ПР №2***) суммарный показатель эффективности равен $\sum_{j}^{n} x_j^{**}$, и $\sum_{j}^{n} x_j^* > \sum_{j}^{n} x_j^{**}$, то ***ПР №1*** $\succ$ ***ПР №2***, то есть процедура распределения №1 эффективнее процедуры распределения №2.

9. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕМИИ В ОДНОРОДНОМ КОЛЛЕКТИВЕ

Для однородного коллектива целевая функция *i-го* элемента записывается в виде

$$j_i = d_i \Phi - kx_i .$$

Достаточно распространенная из-за своей простоты процедура определения d_i основывается только на учете показателя квалификации *i-го* элемента. То есть

$$d_i = \frac{r_i}{\sum_{j=1}^{n} r_j} .$$

Но в однородном коллективе $r_1 = r_2 = \ldots = r_n$, поэтому

$$d_i = \frac{1}{n} .$$

Соответственно,

$$j_i = \frac{1}{n} \Phi - kx_i . \qquad (30)$$

В основе этой процедуры лежит следующее рассуждение. Показатель r_i характеризует квалификацию *i-го* элемента. Чем выше квалификация элемента, тем больший объем работ он выполняет, или выполняет работу за более короткое время или на более высоком уровне качества. Однако в силу того, что такой способ формирования КТУ не учитывает реальный вклад каждого элемента в результаты деятельности всего коллектива, из (30) сразу следует, что рассматриваемая процедура формирования КТУ не побуждает элементы системы повышать эффективность работы.

Естественный и простейший способ определения КТУ и соответственно, вклада *i-го* элемента в результаты деятельности всего коллектива - пропорционально показателю эффективности x_i. В этом случае

$$d_i = \frac{x_i}{\sum_{j=1}^{n} x_j} \qquad (31)$$

и

$$\varphi_i = \frac{x_i}{\sum\limits_{j=1}^{n} x_j}\Phi - kx_i\,. \qquad (32)$$

Отсюда следует, что целевая функция каждого элемента зависит как от показателя эффективности, которого он смог достичь, так и от показателей эффективности, которые были достигнуты остальными элементами системы. Таким образом, исследуемую ситуацию можно рассматривать как игру n лиц с функциями выигрыша вида (32). Эффективность функционирования системы оценивается по суммарному показателю эффективности в ситуации равновесия по Нэшу [13]. Для нахождения значений показателей эффективности x_i^* в ситуации равновесия по Нэшу необходимо решить систему уравнений

$$\frac{\partial \varphi_i}{\partial x_i} = \frac{\sum\limits_{j=1}^{n} x_j - x_i}{\left(\sum\limits_{j=1}^{n} x_j\right)^2}\Phi - k = 0\,. \quad i=1,\ldots,n.$$

Отсюда

$$x_i^* = \frac{\Phi(n-1)}{kn^2}\,, \qquad (33)$$

что означает, что в ситуации равновесия все элементы достигают одинаковых показателей эффективности, и соответственно,

$$\sum_{j=1}^{n} x_j^* = nx^* = \frac{\Phi(n-1)}{kn} \qquad (34)$$

Значение целевой функции i-*го* элемента определяется выражением

$$\varphi_i = \frac{\Phi}{n^2}\,.$$

Из (33) видно, что чем больше премиальный фонд, тем больше показатель эффективности i-*го* элемента.

Но вполне естественно считать, что начиная с некоторого значения Φ, рост показателя эффективности i-*го* элемента прекратится, так как вполне естественно предположить, что каждый элемент ограничен своими физическими возможностями. В дальнейшем будем считать, что максимальный показатель эффективности, которого может достигнуть элемент, для всей системы одинаков и обозначается через x^{max}, то есть $x_i^* £ x^{max}$.

В работе рассматривается случай

$$\frac{\Phi}{n} - kx^{max} \geq 0 .$$

Нетрудно определить минимальный размер премиального фонда Φ_{min}, который будет стимулировать все элементы максимально повышать показатели эффективности работ.

Для однородного коллектива Φ_{min} находится из условия $x_i^* = x^{max}$, откуда

$$\Phi_{min} = \frac{n^2 kx^{max}}{(n-1)} . \tag{35}$$

Дальнейшее увеличение размера премиального фонда не дает никакого эффекта, поскольку элементы не могут работать выше своих возможностей.

При проведении игрового эксперимента была рассмотрена деятельность подразделений фирмы, состоящей из пяти человек, т.е. $n=5$.

Пусть $\Phi=2000$; $k_1=k_2=k_3=k_4=k_5=4$. Роль участников игрового эксперимента здесь выполняют автоматы. Их параметры: $g_1=0,3$; $g_2=0,5$; $g_3=0,4$; $g_4=0,6$; $g_5=0,7$. Из (32) нетрудно определить положение цели i-*го* автомата. В k-*й* партии оно определяется выражением

$$\tilde{x}_i^k = \sqrt{\frac{\Phi}{k} \sum_{j \neq i}^{n} x_j^k} - \sum_{j \neq i}^{n} x_j^k$$

Теоретико–игровой анализ модели показал, что в ситуации равновесия показатели эффективности игроков равны

$$x_1^* = x_2^* = x_3^* = x_4^* = x_5^* = 80.$$

На рис. 19 приведены графики изменения стратегий участников игрового эксперимента. А на рис. 20 график, изменения суммарного значения показателя эффективности.

Из графика на рис. 19 следует, что, аналитические результаты, практически, полностью соответствуют результатам игрового эксперимента.

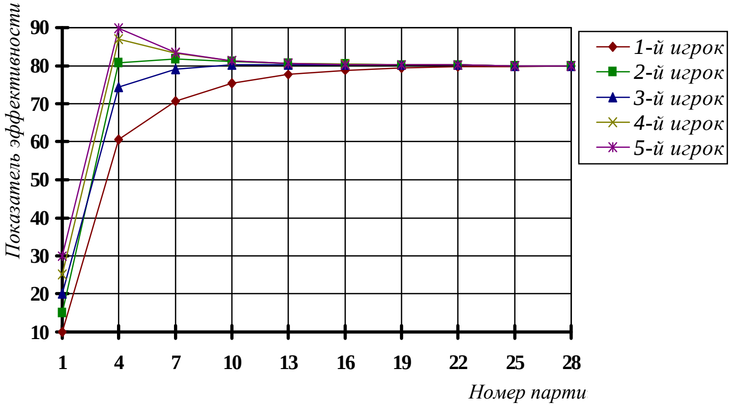


Рис. 19.

А график на рис. 20 показывает, что уже к десятой партии суммарное значение показателя эффективности соответствует его значению в ситуации равновесия по Нэшу.

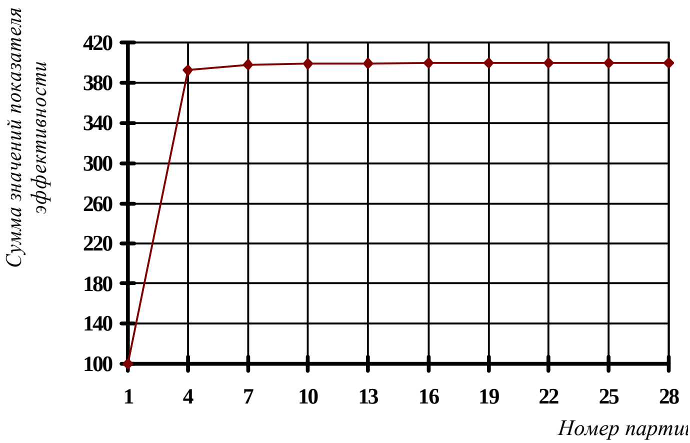


Рис. 20.

Теперь ставится вопрос. Возможно ли достигнуть более высоких результатов деятельности в однородном коллективе, не увеличивая фонд премирования Φ?

Один из подходов к решению этой задачи заключается в следующем. Предположим, что коллектив, состоящий из n элементов, разбит на m подколлективов по n_j элементов в каждом, $j=1,...,m$. Соответственно, фонд Φ разбит на m подфондов Φ_j, $j=1,...,m$. Из (32) следует, что в ситуации равновесия по Нэшу показатель эффективности элемента, входящего в j-*й* подколлектив, можно записать как

$$\tilde{x}_j^* = \frac{\Phi_j(n_j - 1)}{k n_j^2}.$$

Соответственно, суммарный показатель эффективности работы всего j-*го* подколлектива равен

$$n_j \tilde{x}_j^* = \frac{\Phi_j(n_j - 1)}{k n_j}.$$

Наконец, суммарный показатель эффективности всего коллектива определяется выражением

$$\sum_{j=1}^{m} n_j \tilde{x}_j^* = \frac{1}{k}\sum_{j=1}^{m} \Phi_j \left(1 - \frac{1}{n_j}\right) = \frac{\Phi}{k} - \frac{1}{k}\sum_{j=1}^{m}\frac{\Phi_j}{n_j}. \qquad (36)$$

Теперь необходимо рассчитать, какое количество элементов должно находиться в каждой подгруппе, чтобы суммарный показатель эффективности достигал максимального значения. Формально запись этой задачи можно представить в виде

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^{m} \frac{\Phi_j}{n_j} \rightarrow min \\ \sum_{j=1}^{m} n_j = n \end{cases}. \qquad (37)$$

Решая эту задачу, получаем

$$\hat{n}_j = \frac{\sqrt{\Phi_j}}{\sum_{j=1}^{m} \sqrt{\Phi_j}} n. \qquad (38)$$

Будем считать, что Φ_j таковы, что $\breve{n}_j$ -целые числа. Подставляя в (36), выражения для $\breve{n}_j$ из (38), получим значение суммарного показателя эффективности коллектива

$$\sum_{j=1}^{m} \breve{n}_j \tilde{x}_j^* = \frac{\Phi}{k} - \frac{1}{nk}\left(\sum_{j=1}^{m} \sqrt{\Phi_j} \right)^2 . \qquad (39).$$

Сравним теперь суммарный показатель эффективности до разбиения однородного коллектива (34) с суммарным показателем эффективности, который получается после разбиения коллектива на m подколлективов (39).

Предположим, что

$$\frac{\Phi(n-1)}{kn} \geq \frac{\Phi}{k} - \frac{1}{kn}\left(\sum_{j=1}^{m} \sqrt{\Phi_j} \right)^2 ,$$

тогда

$$\frac{1}{kn}\left(\sum_{j=1}^{m} \sqrt{\Phi_j} \right)^2 \geq \frac{\Phi}{k}\left(1 - \frac{n-1}{n} \right) = \frac{\Phi}{nk}$$

или

$$\left(\sum_{j=1}^{m} \sqrt{\Phi_j} \right)^2 \geq \Phi .$$

Равенство имеет место только в случае, когда $m=1$. Во всех остальных случаях

$$\left(\sum_{j=1}^{m} \sqrt{\Phi_j} \right)^2 > \Phi .$$

Следовательно, разбиение однородного коллектива не приводит к увеличению суммарного показателя эффективности работ.

Пусть количество элементов изменилось и стало равным (n-1), то есть из коллектива ушел элемент под номером n, а размер премиального фонда остался прежним (не уменьшился). Покажем, каким образом уход из коллектива одного элемента влияет на суммарный показатель эффективности работы коллектива.

Используя выражение (34), определим суммарный показатель эффективности, который выполняет коллектив с количеством элементов $(n\text{-}1)$ в ситуации равновесия

$$\sum_{j=1}^{n-1} x_j^* = \frac{\Phi(n-2)}{k(n-1)}.$$

Легко показать, что

$$\frac{\Phi(n-2)}{k(n-1)} \le \frac{\Phi(n-1)}{kn}.$$

Следовательно, сокращение однородного коллектива приводит к уменьшению суммарного показателя эффективности работы.

При этом нетрудно видеть, что показатель эффективности отдельного элемента возрастает.

Наконец, ставится следующая задача. Возможно ли повысить суммарный показатель эффективности однородного коллектива, не увеличивая фонд премирования Φ, но по-другому формируя КТУ элементов?

Пусть КТУ определяется выражением

$$d_i = \frac{x_i^a}{\sum_{j=1}^{n} x_j^a}, \text{ где } a\ ^3 1. \qquad (40)$$

Тогда для нахождения равновесной ситуации по Нэшу имеем

$$\frac{\P j_i}{\P x_i} = \frac{a x_i^{a-1}\left(\sum_{j=1}^{n} x_j^a - a x_i^{2a-1}\right)}{\left(\sum_{j=1}^{n} x_j^a\right)^2} \times \Phi - k = 0,\ i = 1,\dots n$$

или

$$\frac{x_i^{a-1}}{\sum_{j=1}^{n} x_j^a} - \frac{x_i^{2a-1}}{\left(\sum_{j=1}^{n} x_j^a\right)^2} = \frac{k}{a\Phi},\ i = 1,\dots n \qquad (41).$$

Предположим, что в силу однородности коллектива, в ситуации равновесия по Нэшу показатели эффективности x_i^* будут у элементов одинаковы. Следовательно, из (41) имеем

$$\frac{1}{n\breve{x}^*} - \frac{1}{n^2\breve{x}^*} = \frac{k}{a\Phi}$$

или

$$\sum_{j=1}^{n} \breve{x}_j^* = a\,\frac{\Phi(n-1)}{kn} \qquad (42)$$

соответственно,

$$\breve{x}_i^* = a\,\frac{\Phi(n-1)}{kn^2}.$$

Сравнивая (34) и (42) можем утверждать, что при $a>1$ в ситуации равновесия по Нэшу $\breve{x}^* > x^*$.

Здесь следует отметить, что все приведенные выше рассуждения справедливы для случая, когда возможности элемента по повышению показателя эффективности не ограничены. Однако вполне естественно предположить, что на физические, умственные, эмоциональные и временные затраты существуют ограничения, обусловленные индивидуальными возможностями каждого элемента. В связи с этим можем считать, что максимальное значение показателя эффективности *i-го* элемента равно x_i^{max}. И соответственно, выводы, полученные выше, справедливы для случая $\breve{x}_i^* \le x_i^{max}$.

Если для заданного a окажется, что $x_i^* > x_i^{max}$, то в этом случае *i-й* элемент может обеспечить достижение лишь показателя эффективности x_i^{max}. Отсюда можно найти значение a^{max}, при котором $\breve{x}^* = x^{max}$.

Действительно, из (42) следует, что

$$a^{max} = \frac{kx^{max}n^2}{\Phi(n-1)}.$$

Другое ограничение на значение a можно вывести из следующих соображений.

В ситуации равновесия значение целевой функции *i-го* элемента определяется выражением

$$j_i = \frac{\Phi}{n}(1 - a\,\frac{n-1}{n}) > 0.$$

Поэтому

$$a \le \frac{n}{n-1}.$$

Таким образом, использование процедуры (40) для формирования КТУ i-*го* элемента позволяет увеличить суммарный показатель эффективности коллектива на величину

$$a\,\frac{\Phi(n-1)}{kn} - \frac{\Phi(n-1)}{kn} = \frac{\Phi(n-1)}{kn}(a-1)\ .$$

Соответственно, процент увеличения определяется величиной

$$h = a - 1 = \frac{1}{n-1},$$

то есть, если коллектив состоит из 11 человек, максимально суммарный показатель эффективности можно увеличить на 10%.

При решении системы (41) было сделано предположение, что для однородного коллектива в ситуации равновесия показатель эффективности у всех элементов одинаков. Проверим это предположение путем проведения игрового эксперимента.

Условия эксперимента те же, что были в примере, рассмотренном ранее, но КТУ определяется в соответствии с выражением (40) и $a=1,2$. Положение цели автомат находит из решения уравнения

$$\tilde{x}_i^{\frac{a-1}{2}} \sqrt{\frac{a\Phi}{k}\sum_{j\neq i}^{n} x_j^a} = \sum_{j\neq i}^{n} x_j^a + \tilde{x}_i^a\ .$$

На рис. 21 представлены графики изменения стратегии автоматов, когда КТУ элементов формировался в соответствии с (40).

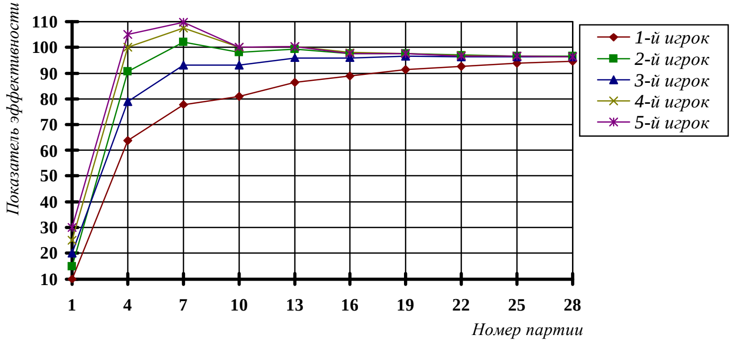


Рис. 21.

А на рис. 22 график изменения суммарного значения показателей эффективности автоматов.

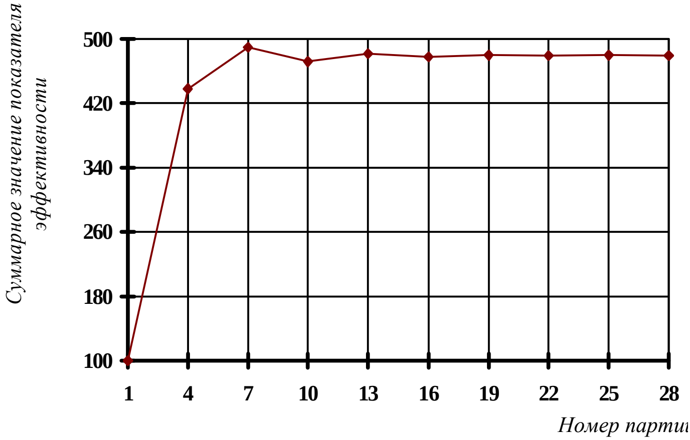


Рис. 22.

Формальный анализ модели показал, что в ситуации равновесия показатели эффективности автоматов равны:

$$x_1^*=x_2^*=x_3^*=x_4^*=x_5^*=96.$$

Из графика, изображенного на рис. 21, видно, что автоматы сошлись в ситуацию

$$x_1^*=94{,}4;\ x_2^*=96{,}45;\ x_3^*=96{,}28;\ x_4^*=96{,}38;\ x_5^*=96{,}31.$$

Следует отметить, что значения показателей эффективности в имитационном эксперименте, полученные за двадцать восемь итераций отличаются от показателей эффективности, рассчитанных теоретически, всего на 1,5%.

10. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕМИИ В НЕОДНОРОДНОМ КОЛЛЕКТИВЕ

Для неоднородного коллектива целевая функция *i-го* элемента записывается в виде

$$j_i = d_i Ф - k_i x_i.$$

Пусть d_i *i-го* элемента формируется в соответствии с (31). При этом целевая функция *i-го* элемента имеет вид

$$j_i = \frac{x_i}{\sum_{j=1}^{n} x_j} Ф - k_i x_i , \qquad (43)$$

В каждом периоде функционирования элементы стремятся достичь таких показателей эффективности работы, чтобы увеличить значение своей целевой функции. Нетрудно показать, что для функции вида (43) существует ситуация равновесия по Нэшу.

Решая систему уравнений

$$\frac{¶ j_i}{¶ x_i} = \frac{\sum_{j=1}^{n} x_j - x_i}{\left(\sum_{j=1}^{n} x_j \right)^2} Ф - k_i = 0 , \; i = 1,...n ,$$

получаем

$$\sum_{j=1}^{n} x_j^* = \frac{Ф(n-1)}{\sum_{j=1}^{n} k_j} . \qquad (44)$$

Отсюда показатель эффективности *i-го* элемента определяется выражением

$$x_i^* = \frac{\sum_{j=1}^{n} k_j - k_i(n-1)}{(\sum_{j=1}^{n} k_j)^2} Ф(n-1) \; , \; i = 1,...,n \qquad (45)$$

При проведении игрового эксперимента также рассматривалась деятельность подразделений фирмы, состоящей из пяти человек, т.е. $n=5$. Фонд так же не изменился $\Phi=2000$. Роль участников игрового эксперимента выполняли автоматы с те ми же параметрами, что и выше рассмотренном эксперименте. А вот значения коэффициентов затрат поменялись следующим образом: $k_1=3;$ $k_2=k_3=k_4=4;$ $k_5=5$. Положение цели i-го автомата в k-й партии определялось выражением

$$\tilde{x}_i^k = \sqrt{\frac{\Phi}{k_i}\sum_{j\neq i}^{n} x_j^k} - \sum_{j\neq i}^{n} x_j^k$$

Теоретико–игровой анализ модели показал, что в ситуации равновесия показатели эффективности игроков равны

$$x_1^*=160;\ x_2^*=x_3^*=x_4^*=80;\ x_5^*=0.$$

На рис. 23 приведены графики изменения стратегий участников игрового эксперимента. А на рис. 24 график, изменения суммарного значения показателя эффективности.

Из графика на рис. 23 следует, что, аналитические результаты, практически, полностью соответствуют результатам игрового эксперимента.

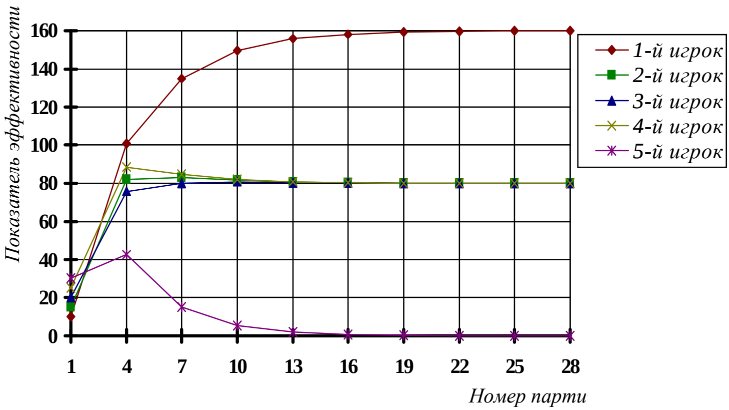


Рис. 23.

Из (44) следует, что суммарное значения показателя эффективности коллектива определяется фондом премирования Φ и суммой коэффициентов затрат $\sum_{j=1}^{n} k_j$. В двух последних экспериментах и фонд и сумма коэффициентов оставались неизменными, но сами значения k_i изменились. Как следствие, суммарное значение показателей эффективности элементов в ситуации равновесия по Нэшу не поменялось, но поменялись равновесные значения показателей эффективности элементов. Это хорошо показал график изменения стратегий на рис. 23.

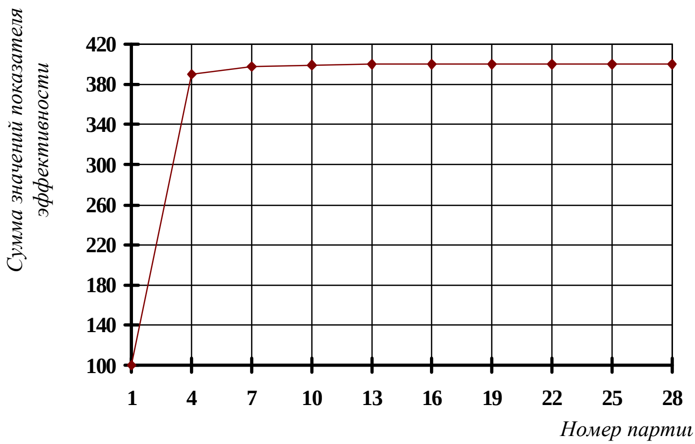


Рис. 24.

А график на рис. 24 показывает, что уже к десятой партии суммарное значение показателя эффективности соответствует его значению в ситуации равновесия по Нэшу. Сравнивая графики на рис. 22 и на рис. 24 можно утверждать, что суммарное значение показателей эффективности изменялось в обоих экспериментах практически одинаково.

Предположим, что коллектив состоит из p-лидеров и $(n\text{-}p)$ рядовых элементов.

Пусть $k^л$ - коэффициент затрат лидера, $k^р$ - коэффициент затрат рядового элемента, соответственно, причем $k^л < k^р$.

Полагаем, что $k_1=k_2=\ldots=k_p=k^л$ и $k_{p+1}=k_{p+2}=\ldots=k_n=k^р$. Тогда

$$\sum_{j=1}^{n} k_j = \sum_{i=1}^{p} k_i + \sum_{j=p+1}^{n} k_j = pk^л + (n-p)k^р .$$

Используя выражение (44), найдем показатель эффективности рядового элемента $x^р$ в равновесной ситуации

$$x^{р} = \frac{Ф(n-1)}{pk^{р}+(n-p)k^{л}}\left[1-k^{л}\frac{n-1}{pk^{р}+(n-p)k^{л}}\right] \qquad (46)$$

Соответственно, показатель эффективности лидера $x^{л}$ определяется выражением

$$x^{л} = \frac{Ф(n-1)}{pk^{р}+(n-p)k^{л}}\left[1-k^{р}\frac{n-1}{pk^{р}+(n-p)k^{л}}\right] \qquad (47)$$

Используя выражение (44), найдем суммарный показатель эффективности коллектива

$$px^{л}+(n-p)x^{р} = \frac{Ф(n-1)}{pk^{л}+(n-p)k^{р}} \qquad (48)$$

Если в (31) положить $k=k^{р}$, то сравнив (46) и (33) нетрудно показать, что $x^{р} < x_i^*$, то есть появление в коллективе лидеров (более квалифицированных) вынуждает рядовых (менее квалифицированных) элементов снижать показатель эффективности работ.

Понятно, что снижение показателя эффективности рядовыми элементами влечет за собой и уменьшение значения их целевой функции. Но, кроме того, если бы показатель эффективности рядовых элементов остался таким же, каким он был до разбиения коллектива на p-лидеров и $(n-p)$ рядовых (то есть не снизился), то значение целевой функции рядовых элементов уменьшилось бы еще больше.

А из (46) получаем, что если количество лидеров в коллективе таково, что

$$p \ge \frac{k^{р}}{k^{р}-k^{л}} \quad \text{или} \quad p \ge 1+\frac{k^{л}}{k^{р}-k^{л}},$$

то рядовым элементам вообще не выгодно увеличивать показатель эффективности работы.

При этом (47) принимает вид

$$x^{л} = \frac{Ф(p-1)}{p^2 k}.$$

Однако при $p=1$, то есть если в коллективе есть только один лидер, рядовым элементам всегда выгодно увеличивать показатели эффективности работы.

В то же время легко показать, что появление в коллективе лидеров приводит к повышению суммарного показателя эффективности работ всего коллектива, несмотря на снижение показателей эффективности работ рядовыми элементами, то есть справедливо неравенство

$$\frac{\Phi(n-1)}{pk^{л}+(n-p)k^{p}} > \frac{\Phi(n-1)}{k^{p}n} \tag{49}$$

Действительно, из (49) следует, что

$$k^{p}n > pk^{л}+(n-p)k^{p}$$

или

$$p(k^{p}-k^{л}) > 0.$$

Так как $k^{p}>k^{л}$, то отсюда и следует справедливость неравенства (49).

Определим минимальный размер премиального фонда Φ_{min}, который будет стимулировать все элементы максимально повышать показатели эффективности работ.

Если коллектив однороден, то все элементы имеют одинаковый коэффициент затрат k, и соответственно справедливо (33).

Определим Φ_{min}, при котором $x^{p}=x^{max}$.

$$x^{max} = \frac{\Phi_{min}(n-1)}{kn^{2}},$$

откуда

$$\Phi_{min} = \frac{kn^{2}x^{max}}{n-1}.$$

Предположим, что предел физических возможностей как рядового элемента, так и лидера, одинаковы, то есть максимальный показатель эффективности работ равен x^{max}.

Из сравнения (46) и (47) следует, что $x^{л}>x^{p}$. Поэтому для того, чтобы лидеры вышли на предел своих физических возможностей, требуется меньший фонд стимулирования.

Пусть Φ таково, что $x^{л}=x^{max}$, а $x^{p}<x^{max}$. В этом случае из (32) целевая функция рядового элемента может быть представлена в виде

$$j_i = \frac{x_i}{\sum_{j=1}^{n-p} x_j + px^{max}} \Phi - k^p x_i .$$

Тогда в равновесной ситуации по Нэшу показатель эффективности рядового элемента равен

$$x^p = \frac{(n-p-1)\Phi + \sqrt{(n-p-1)^2 \Phi^2 + 4px^{max}\Phi(n-p)k^p}}{2(n-p)^2 k^p} - \frac{p}{n-p} x^{max}.$$

Теперь можно определить значение Φ_{min}, при котором рядовой элемент неоднородного коллектива выходит на максимум своих физических возможностей. В этом случае

$$x^{max} = \frac{(n-p-1)\Phi_{min} + \sqrt{(n-p-1)^2 \Phi_{min}^2 + 4px^{max}\Phi_{min}(n-p)k^p}}{2(n-p)^2 k^p} - \frac{p}{n-p} x^{max}.$$

Из этого выражения нетрудно получить

$$\Phi_{min} = \frac{k^p n^2 x^{max}}{n-1} . \qquad (50)$$

Дальнейшее увеличение размера фонда не дает никакого эффекта, поскольку выше своих возможностей элементы работать не могут.

Из сравнения (35) и (50) видно, что в неоднородном коллективе минимальный размер премиального фонда, который стимулирует все элементы системы максимально увеличивать показатели эффективности работ, остается таким же, что и для однородного коллектива.

Покажем, возможно, ли дальнейшее увеличение показателей эффективности работ в коллективе в рамках того же премиального фонда Φ.

Разобьем неоднородный коллектив на два подколлектива. Пусть первый состоит из p-лидеров, а второй состоит из $(n-p)$ рядовых элементов. То есть при этом мы получили два однородных коллектива. Соответственно разобьем премиальный фонд Φ всего коллектива, именно: $\Phi=\Phi^л+\Phi^p$. Тогда в положении равновесия по Нэшу суммарный показатель эффективности первого подколлектива равен

$$px_1^л = \frac{Ф^л(p-1)}{k^л p} \ .$$

Суммарный показатель эффективности второго подколлектива равен

$$(n-p)x_2^р = \frac{Ф^р(n-p-1)}{k^р(n-p)} .$$

Соответственно, общий показатель эффективности всего коллектива из n элементов равен

$$px_1^л + (n-p)x_2^р = \frac{Ф^л(p-1)}{k^л p} + \frac{Ф^р(n-p-1)}{k^р(n-p)} .$$

Выше было показано, что разбиение однородного коллектива на несколько подколлективов не приводит к увеличению суммарного показателя эффективности. Для неоднородного коллектива это не так.

Пусть

$$\frac{Ф^л(p-1)}{k^л p} + \frac{Ф^р(n-p-1)}{k^р(n-p)} \geq \frac{(Ф^р + Ф^л)(n-1)}{pk^л + (n-p)k^р} .$$

В результате ряда преобразований получаем

$$\frac{Ф^л}{Ф^р} > \frac{\frac{k^л}{k^р} p^2 \left[(n-p)(1-\frac{k^л}{k^р}) + \frac{k^л}{k^р} \right]}{(n-p)^2 \left[p(1-\frac{k^л}{k^р}) + \frac{k^л}{k^р} \right]} \qquad (51)$$

Таким образом, разбиение неоднородного коллектива на два подколлектива приводит к увеличению их суммарного показателя эффективности работы, если справедливо (51).

Неравенство (51) приобретает более простой вид, если $p = \frac{n}{2}$, то есть в коллективе находится половина лидеров и половина рядовых. Тогда неравенство (51) может быть записано в виде

$$\frac{Ф^л}{Ф^р} > \frac{k^л}{k^р} .$$

А так как $\frac{k^л}{k^р} < 1$, то разбиение фонда $Ф$ пополам приводит к увеличению суммарного показателя эффективности работ.

Выше было показано, что сокращение однородного коллектива приводит к уменьшению суммарного показателя эффективности работы коллектива. Рассмотрим данную задачу для неоднородного коллектива.

Пусть количество элементов в неоднородном коллективе изменилось и стало равным *(n-1)*, то есть из коллектива ушел элемент под номером *n*, а размер премиального фонда остался прежним (не уменьшился). Покажем, каким образом уход из бригады одного рядового элемента влияет на суммарный показатель эффективности работы коллектива.

Используя выражение (48), определим суммарный показатель эффективности, который выполняет коллектив с количеством элементов *(n-1)* в ситуации равновесия

$$\sum_{j=1}^{n-1} x_j^* = \frac{Ф(n-2)}{pk^л + (n-p-1)k^р} \tag{52}$$

Сравнив выражения (52) и (48) в результате ряда преобразований имеем

$$\frac{k^л}{k^р} \le \frac{p-1}{p} \text{ или } \frac{k^л}{k^р} \le 1 - \frac{1}{p} \tag{53}$$

Таким образом, уход из неоднородного коллектива одного рядового элемента приводит к повышению суммарного показателя эффективности работы, если выполняется условие (53).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В курсе лекций рассмотрены базовые модели и механизмы внутрифирменного управления. Использование таких механизмов в практике управления фирмой позволит выявить их внутренние резервы, что позволит достичь более высоких результатов с меньшими затратами. Естественно, что описанные здесь механизмы не охватывают все моменты, необходимые для управления фирмой, однако их применение может служить основой для принятия правильных решений.

Обоснованность принимаемых управленческих решений существенно повышается, если при этом используется метод имитационных игр, позволяющий, с одной стороны, проверить на модели правильность принятого решения, а с другой, служит средством обучения. В курсе лекций приведены результаты ряда имитационных игр, с помощью которых проверяются или обосновываются принимаемые решения.

Одной из задач дальнейших исследований является развитие базовых моделей и механизмов на более сложные и реальные ситуации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бурков В.Н., Трапезова М.Н. Механизмы внутрифирменного управления. М., Институт проблем управления, 2000.
2. Дьяченко М.А. Внутрифирменное планирование: Учебное пособие для вузов/ ГУУ. – М.: ЗАО «Финстатинформ», 1999.
3. Герчикова И.Н. Менеджмент: Учебник. – М: ЮНИТИ, 2000.
4. Гибсон Дж.Л., Иванцевич Д.Л., Доннелли Д.Х. – мл. Организации: поведение, структуры, процессы: Учебник для вузов. – М: ИНФРА-М, 2000.
5. Смирнов Э.А. Основы теории организации: Учебное пособие для вузов. – М.: Аудит, ЮНИТИ, 1998.
6. Ануфриев И.К., Бурков В.Н., Вилкова Н.Н., Рапацкая С.Т. Модели и механизмы внутрифирменного управления. М., Институт проблем управления, 1994.
7. Ковалев В.В. Финансовый анализ. М., Финансы и статистика, 1998.
8. Емельянов С.В., Бурков В.Н., Ивановский А.Г., Немцева А.Н., Ситников В.И., Соколов В.И., Щепкин А.В. Метод деловых игр. Международный центр научно-технической информации, М. 1976.
9. Чепрунова О.Ю. Щепкин А.В. Разработка экспериментов с моделями организационных систем. Автоматика и телемеханика, 1988, N 8.
10. Опойцев В.И. Равновесие и устойчивость в моделях коллективного поведения. М., Наука, 1977.
11. Управленческий учет: Учебное пособие/под редакцией А.Д. Шеремета. – М: ИД ФБК-ПРЕСС, 2000.
12. Баркалов С.А., Бурков В.Н., Глухов А.В., Курочка Н.Н., Мещерякова О.К., Серебряков В.И. Диагностика, оценка и реструктуризация строительного предприятия. Бизнес-планирование. Воронежская государственная архитектурно-строительная академия, Воронеж, 2000.

13. Бурков В.Н., Данев Б., Еналеев А.К., Кондратьев В.В., Нанева Т.Б., Щепкин А.В. Большие системы: моделирование организационных механизмов. М.: Наука, 1989.
14. Бурков В.Н., Кашенков А.Р. Противозатратные механизмы управления научными исследованиями и разработками. В кн. Совершенствование организационно-экономического механизма управления деятельностью научно-исследовательских и проектно-конструкторских учреждений. М.: МДНТП, 1988.
15. Бурков В.Н., Кашенков А.Р. Принципы построения противозатратных механизмов прогрессивного налогообложения для двух моделей хозрасчета в науке. М.: МДНТП, 1988.
16. Волгин Н.А. Современные модели оплаты труда: методика и рекомендации по внедрению. М.: ИНПИОН. 1992.
17. Дудашова В.П. Мотивация труда в менеджменте. Кострома. КГТУ, 1996.
18. Мироносецкий Н.Б., Исаева Н.А., Парфенова Л.К., Щеглов Ю.А. Планирование и анализ хозяйственной деятельности предприятия в условиях налоговой системы. Новосибирский государственный университет, 1991.
19. Динова Н.И. Бригадные формы оплаты труда. – В кн. Механизмы управления социально-экономическими системами. М. Институт проблем управления, 1988.
20. Щепкин А.В. Имитационная игра "Бригадные формы оплаты труда". В кн. Modernizace vyucovaciho procesu na vysokych skolach a pri vychove a vzdelavani dospelych, Praha, 1986.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

В условиях структурной перестройки народного хозяйства, при образовании объектов хозяйственной деятельности на принципиально иной основе, формировании новых хозяйственных отношений возрастают требования к повышению эффективности управления экономикой. В ряду проблем повышения эффективности управления хозяйственной деятельностью важную роль играют проблемы разработки теоретических основ и методологии моделирования сложных социальных и экономических систем.

Теория, в рамках которой ведется разработка эффективных механизмов функционирования социальных и экономических систем с учетом человеческого фактора, возникла в конце 60-х годов и получила название теории активных систем. Теоретические и экспериментальные исследования механизмов функционирования, связанные между собой обеспечивают большую эффективность решения задач управления, повышают обоснованность полученных результатов. В то же время, несмотря на большое число публикаций, связанных с исследованием функционирования активных систем, наблюдается очевидный недостаток работ, объединяющих теоретические и экспериментальные разработки в единый исследовательский комплекс.

Важность разработки методов моделирования, позволяющих проводить теоретические и экспериментальные исследования обусловлена тем, что практически ни одна работа, связанная с внедрением теоретических результатов, не обходится без экспериментальной проверки. Во-первых, это связано с тем, что задачи, получающиеся при разработке организационных механизмов являются довольно сложными в математическом отношении и не имеют, во всяком случае в настоящее время, общих методов решения. А во-вторых, в основе оценки эффективности организационных механизмов лежит понятие решения игры, представляющее собой определенную формализацию гипотез о поведении людей в системе. Подтвердить или опровергнуть гипотезу можно после ее экспериментальной проверки.

Метод имитационных игр и имитационное моделирование дают возможность проводить экспериментальные исследования моделей организационных систем. Они широко применяются в настоящее время в процессе принятия экономических решений как инструмент исследования и обоснования проектов организационных механизмов. Кроме того, имитационные игры хорошо зарекомендовали себя как эффективное средство активного обучения деятельности аппарата управления в условиях нового механизма.

1. ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ – МЕТОД ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ.

Экспериментальный метод исследований в таких науках как физика, химия, биология широко известен. К настоящему времени в этих науках уже накоплен огромный опыт по организации экспериментов. В распоряжении экспериментаторов имеются тщательно разработанные и прошедшие проверку на практике принципы планирования эксперимента и методы обработки результатов эксперимента. В области управления сложными организационными системами, к которым и относятся вопросы разработки экономических механизмов обеспечения безопасности от природных и техногенных катастроф, подобного опыта применения экспериментов не существует, хотя проведение различных учений и тренировок персонала для приобретения навыков работы в новых условиях практикуется уже довольно давно.

В первую очередь, сюда можно отнести всевозможные военные учения и маневры [1]. Для их проведения создавались соответствующие ситуации, которые в той или иной степени отражали будущую боевую обстановку. В этих искусственно созданных ситуациях участники учений и маневров осваивали приемы боя, приобретали опыт ведения боевых действий.

Аналогичным путем шло развитие аварийных игр [2,3], в которых участники отрабатывали свои действия в случае возникновения нештатных ситуаций на промышленных предприятиях.

Следующим шагом в развитии игрового моделирования в военной области стала организация и проведение штабных учений. При организации штабных учений или штабных игр широко применялись модели, разработанные с помощью карт и планов, которые являются удобным средством моделирования. Таким образом, военные игры, с одной стороны, предназначены для обучения военнослужащих оперативному реагированию на внезапно возникающие и быстро меняющиеся ситуации, а с другой стороны, для приобретения навыков разработки и реализации крупномасштабных операций.

Расширение области применения военных игр, в конечном счете, привело к тому, что военная проблематика стала захватывать и чисто экономические вопросы. Так, в 1955 году сотрудниками американской фирмы " Ренд корпорейшен" была разработана первая игра с применением ЭВМ. Цель игры заключалась в ознакомлении и обучении офицеров службы материально-технического обеспечения американского военно-воздушного флота вопросам управления снабжением запасными частями военно-воздушных баз США.

В 1956 г. представители American Management Association (AMA) изучили опыт военных игр и разработали имитационную игру, моделирующую процесс принятия решений высшим руководством фирмы [4].

Бурное развитие вычислительной техники, а особенно, средств моделирования, привело к тому, что применение игровых математических моделей для решения стратегических, экономических, финансовых и других задач получило широкое распространение.

Эффективным средством проверки свойств экономических механизмов является метод деловых имитационных игр [5,6].

Применение игрового имитационного моделирования при разработке экономических механизмов обеспечения безопасности позволяет осуществлять экспериментальную проверку теоретических результатов и практических предложений по созданию новых экономических механизмов и для совершенствования существующих экономических регуляторов. Кроме того, игровой подход позволяет практическим работникам получить определенное представление о новых экономических механизмах и приобрести некоторый опыт их применения. Следовательно, игровое имитационное моделирование можно рассматривать и как метод экспериментального исследования и как инструмент для обучения.

При проведении имитационной игры исследуется функционирование организационной системы в течение определенного периода времени. В игровой интерпретации отдельный период функционирования организационной системы рассматривается как одна партия, при этом предполагается, что механизм функционирования определен и не меняется при переходе от одного периода функционирования к другому.

При проведении имитационных игр, функции активных элементов, связанные с принятием решений выполняют игроки. Каждая партия имитационной игры, как и большинство игр, связанных с анализом экономических механизмов проводится в три этапа.

1. *Этап сбора данных.*
2. *Этап планирования.*
3. *Этап реализации.*

На этапе сбора данных ведущему игры сообщается запрашиваемая информация, на этапе планирования на основе полученной информации формируется управленческое решение и, наконец, на этапе реализации определяется значение целевых функций игроков (выигрыш).

Отметим здесь важное направление, связанное с применением имитационных игр, как в исследовательских целях, так и в целях обучения. Это игры с участием автоматов (artificial players or robots). В таких играх часть участников игры заменяются автоматами (под автоматом понимается специальная программа, в которой реализован алгоритм гипотезы поведения лица, принимающего решения) с формализованными процедурами принятия решений. Можно утверждать, что замена реального игрока на искусственного представляет собой попытку построить модель поведения человека. Эта модель включает в себя основные параметры, характеризующие индивидов, и, прежде всего, мотивы экономической активности, ее цели и средства достижения этих целей.

Естественно, что имитация многообразия человеческой личности, ее неповторимой индивидуальности, разнообразных мотивов ее деятельности - задача в полном объеме практически неразрешима. Однако, в данном случае проблема значительно упрощается, так как формализуется главным образом то, что объясняет экономическое поведение людей в различных хозяйственных ситуациях.

По мнению авторов [7], среди многочисленных подходов к моделированию экономического поведения человека условно можно выделить несколько основных направлений. В первом направлении экономическое поведение людей в рамках модели "человека экономического" или "homo economicus" предполагает использование постулата о рациональном поведении человека. В его основе лежит стремление индивидуума получить максимальный результат при минимальных затратах в условиях ограниченности используемых возможностей и ресурсов. Модели человека, в рамках второго направления включают в себя стремление не только к материальным благам, но и определенные элементы психологического характера - милосердие, цели, связанные с традициями, соображениями престижа, использованием свободного времени и т.д. Для третьего направления характерно изменение мотивации деятельности в направлении возрастания значения тех или иных составляющих, которые обеспечивают реализацию не столько материальных, сколько духовных потребностей личности.

Анализируя перечисленные направления моделирования экономического поведения человека авторы [7] заключают, что стремление человека минимизировать свои затраты и максимизировать выгоду явно просматривается во всех подходах к моделированию человеческой деятельности. Отсюда они делают вывод, что принцип рационального экономического поведения является универсальным экономическим принципом при моделировании "человека экономического". И именно этот принцип положен в основу формальных моделей процедур принятия решений в алгоритмах поведения автоматов.

Необходимость проведения игр с автоматами проявляется в тех случаях, когда необходимо провести исследование функционирования организационной системы с большим числом элементов (проведение соответствующей игры с большим числом участников нереально).

Игры с автоматами весьма близки к имитационному моделированию. В предельном случае, когда все участники заменены автоматами, то в результате получается игра автоматов, что соответствует имитационной модели организации. Такие игры применяются в случаях, когда необходимо провести значительное число партий для исследования динамики игры или для получения статистически значимой оценки результатов. Это связано с тем, что "быстродействие" имитационной игры принципиально ограничено временем принятия решения человеком (порядка одной минуты в простейших играх). И именно время принятия решения человеком ограничивает и продолжительность одной партии (2-3 минуты в простейших играх). Игры автоматов позволяют сократить продолжительность одной партии до долей секунды.

Автоматы, используемые в игровых моделях для анализа функционирования активных систем, программируются на основании некоторых гипотез о поведении людей в моделируемой ситуации. Сами гипотезы формируются на основе анализа стратегий реальных игроков в имитационной игре и эти гипотезы можно, в свою очередь, проверить при проведении имитационной игры.

Алгоритм выбора решений автоматом, который используется во многих имитационных играх, основывается на аксиоме индикаторного поведения [8].

Если считать, что в каждой партии выбор s_i *i-м* игроком определяет его движение в сторону его цели, то процедура, реализующая аксиому индикаторного поведения, может быть представлена в виде

$$\begin{aligned} &s_i^{k+1} = s_i^k + g_i^k\left(\tilde{s}_i^k - s_i^k\right), \\ &g_i^k \in [0;1] \end{aligned} \tag{1.1}$$

где s_i^{k+1} - состояние *i-го* автомата в *k+1-й* партии игры, $\tilde{s}_i^k$ - положение цели *i-го* автомата в *k-й* партии. Другими словами, это то состояние, которое обеспечивает *i-му* автомату максимальное или минимальное значение его целевой функции в *k-й* партии игры. Значение g_i^k определяет величину шага в сторону цели. Конкретное значение g_i^k может зависеть от времени, текущего состояния и некоторых других факторов, внешних по отношению к модели. В играх, где используются автоматы с индикаторным поведением, настройка автоматов заключается в выборе процедуры изменения g_i^k от партии к партии. Но основная сложность при реализации алгоритма индикаторного поведения заключается в определении положения цели $\tilde{s}_i^k$. Это связано с тем, что в общем случае при проведении игры отдельный участник не имеет точной информации о поведении каждого из остальных игроков. Однако, во многих случаях каждый игрок, опираясь на собственную информацию, сообщенную в Центр, знание закона управления и полученный выигрыш может восстановить агрегат стратегий своих соперников по игре.

Ниже приводится описание игровых экспериментов и результаты, полученные после проведения имитационных игр для анализа механизмов финансирования инвестиционных программ отраслевого развития [9].

2. *ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА- ИМИТАЦИОННАЯ ИГРА "ЭКСПЕРТИЗА".*

Во всех механизмах финансирования инвестиционных программ отраслевого развития экспертная комиссия определяет ожидаемый эффект $Э_i$ от *i-го* приоритетного направления в случае его финансирования в полном объеме. То есть оценка ожидаемого эффекта от приоритетного направления основана на экспертном суждении.

Экспертиза - это метод решения задач, основанный на использовании суждений специалистов (экспертов). Этот метод характеризуется следующими положениями: в решении участвует группа экспертов; решение базируется на опыте и интуиции экспертов; решение формируется в виде коллективного экспертного суждения, получаемого на основе агрегирования индивидуальных суждений экспертов.

Экспертные суждения, выраженные в количественной форме или по своему характеру интерпретируемые как оценочные, называются экспертными оценками.

Выявление индивидуальных экспертных суждений называется экспертным опросом. Результат экспертизы или итоговая экспертная оценка существенным образом зависит от механизма (процедуры) формирования итоговой экспертной оценки.

Рассматриваемая имитационная игра позволяет оценить различные процедуры формирования итоговой экспертной оценки, а также квалифицировать подготовку и добросовестность экспертов, оценивающих ожидаемый эффект.

Решения, принимаемые в процессе управления социально-экономическими системами, имеют, как правило, дискретный характер: разрешить-запретить, усилить-ослабить и т.п. Это обстоятельство позволяет строить систему комплексного оценивания, используя в качестве основы укрупненные качественные показатели с небольшим количеством оценочных градаций (например 4). Такой подход позволяет для оценки исходных данных широко использовать экспертные методы, вводить достаточно простые правила агрегации для формирования обобщенного показателя.

Участники игры - это эксперты, перед которыми стоит задача оценить существующий ожидаемый эффект. В идеальном случае, каждый эксперт в соответствии со своим представлением что такое "хорошо" и что такое "плохо", сообщает свое мнение о приоритетном направлении, причем говорит то, что он искренне думает. В этом случае, при достаточно большом числе экспертов итоговое мнение достаточно объективно. Однако довольно часто эксперты заинтересованы в результатах экспертизы, другими словами, каждый эксперт заинтересован в том, чтобы итоговая оценка была как можно ближе к его субъективному мнению.

Таким образом, предполагается, что для каждого эксперта существует собственная истинная оценка эффекта, а оценка, которую высказывает эксперт при проведении экспертизы может существенно отличаться от его истинной оценки.

В игре моделируется функционирование организационной системы, состоящей из игроков-экспертов и Центра - организатора экспертизы. Центр организует экспертизу некоторого приоритетного направления и заинтересован получить наиболее точную экспертную оценку эффекта. Игроки-эксперты заинтересованы, как уже говорилось выше, получить экспертную оценку, близкую к собственной истинной оценке. В игре анализируются различные процедуры формирования итоговой экспертной оценки.

Цель игры заключается в том, чтобы проиллюстрировать существующие процедуры формирования итоговой экспертной оценки: среднее арифметическое всех оценок экспертов, среднее арифметическое без максимальной оценки, среднее арифметическое без минимальной оценки, среднее арифметическое без минимальной и максимальной оценки, среднее геометрическое, среднее квадратическое и, неманипулируемые процедуры оценивания. Выяснить особенности каждой процедуры свертки. Выбрать наиболее подходящую процедуру, т.е. процедуру, обеспечивающую наименьшее отклонение полученной итоговой экспертной оценки от объективного итогового мнения.

В данной игре роль Центра сводится к выбору такой процедуры формирования итоговой экспертной оценки, которая дает наиболее объективную информацию об оцениваемом проекте.

Задача экспертов заключается в выборе такой стратегии поведения, то есть сообщать о приоритетном направлении такие оценки, чтобы полученная на основе процедуры свертки итоговая экспертная оценка объекта как можно больше соответствовала его субъективному мнению.

Введем следующие обозначения:

n количество игроков-экспертов;

r_i истинная оценка эффекта приоритетного направления для *i-го* эксперта;

s_i оценка, которую дает *i-й* эксперт при проведении экспертизы;

$s \in [d;D]$, где d и D соответственно, нижняя и верхняя границы оценки;

x результирующая экспертная оценка эффекта приоритетного направления.

Будем предполагать, что результирующая оценка определяется на основе некоторой функции свертки $p(s)$, то есть x определяется как $x=p(s)$.

Тогда целевая функция игрока записывается в виде

$$f_i = |p(s) - r_i|$$

Его задача минимизировать эту функцию.

В игре моделируется несколько функций свертки.

а) Среднее арифметическое всех оценок экспертов

$$p_i(s) = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} s_i$$

б) Среднее геометрическое

$$p_i(s) = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^{n} s_i}$$

в) Среднее квадратическое

$$p_i(s) = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} s_j^2}$$

В игру, для увеличения числа экспертов, могут быть подключены автоматы. Один из алгоритмов, используемых для автоматов, реализует гипотезу индикаторного поведения игрока, описанную выше.

Прежде чем приступить к проведению игры, желательно выяснить условия существования ситуации равновесия. Для определенности, в качестве решения игры будем рассматривать ситуацию равновесия Нэша, т.е. ситуацию s_i^*, такую, что

$$\left|p\,(s_i^*) - r_i\right| = \min_{z\in[d,D]}\left|p\,(s_{j\neq i}, z) - r_i\right|,\; i=1,\ldots,n.$$

Подробный анализ этой проблемы проведен в [10].

Кроме трех предложенных процедур формирования результирующей оценки при проведении экспертизы могут использоваться еще три процедуры

г) Среднее арифметическое без максимальной оценки

$$p_i(s) = \frac{1}{n-k}\left(\sum_{j=1}^{n} s_j - k\max_i s_i\right)$$

где k - количество экспертов, дающих максимальную оценку. Если $s_j = \max \tilde{s}$ для любого $j=1,...,n$, то $p(s) = \tilde{s}$.

д) Среднее арифметическое без минимальной оценки

$$p_i(s) = \frac{1}{n-m}\left(\sum_{j=1}^{n} s_j - m \min_i s_i\right)$$

где m - количество экспертов, давших минимальную оценку (если $s_j = \max \tilde{s}$ для любого $j=1,...,n$, то $p(s) = \tilde{s}$).

е) Среднее арифметическое без максимальной и минимальной оценки

$$p_i(s) = \frac{1}{n-k-m}\left(\sum_{j=1}^{n} s_j - k \max_i s_i - m \min_i s_i\right)$$

Если $\kappa+m=n$, то итоговая оценка формируется как среднее арифметическое всех экспертов.

Ситуации равновесия по Нэшу здесь в общем случае не существует, однако, проведение деловой игры позволяет выявить некоторые рациональные стратегии поведения экспертов.

Вообще говоря, в игре можно проверить любые процедуры по желанию участников игры.

Каждый участник игры выполняет роль эксперта. Ведущий выполняет роль Центра, который организовал экспертизу уровня безопасности региона. В начале игры участники знакомятся с исходной информацией. Им сообщается значение их субъективной оценки уровня безопасности r и границы шкалы изменения оценок d и D.

В зависимости от целей, стоящей перед игрой, участникам игры сообщаются процедуры формирования результирующей оценки x, или же наоборот сохраняет ее в тайне. Каждая партия игры осуществляется в три этапа.

На первом этапе-этапе формирования данных участники игры сообщают ведущему или вводят в компьютер свои оценки уровня безопасности.

На втором этапе Центр, на основе полученных оценок, используя одну наперед выбранную процедуру свертки, определяет итоговую оценку и сообщает ее всем игрокам-экспертам.

На третьем этапе игроки сравнивают итоговую оценку со своей истинной оценкой и определяют значение своей целевой функции. Победителем в этой партии игры считается тот игрок, целевая функция которого принимает минимальное значение.

В следующей партии повторяются все три этапа. Партии игры проводятся до тех пор, пока участники игры не выйдут на некоторые устойчивые (повторяющиеся) стратегии. Победителем считается тот участник игры, который в сумме по проведенным партиям получил наименьшее суммарное значение своей целевой функции.

Результаты проведения игры.

Количество участников игры-5.

Диапазон изменения оценок от 1 до 10.

Истинные значения субъективных оценок

r_1=3; r_2=4; r_3=5; r_4=6; r_5=7;

Функция свертки - среднее арифметическое всех оценок.

Партия № 1

№	1	2	3	4	5
s	3	4	5	6	7
p(s)	5				
f	2	1	0	1	2

Партия № 2

№	1	2	3	4	5
s	1	2	5	7	10
p(s)	5				
f	2	1	0	1	2

Партия № 3

№	1	2	3	4	5
s	1	1	5	10	10
p(s)	5,4				
f	2,4	1,4	0,4	0,6	1,6

Партия № 4

№	1	2	3	4	5
s	1	1	4,5	10	10
p(s)	5,3				
f	2,3	1,3	0,3	0,7	1,7

Партия № 5

№	1	2	3	4	5
s	1	1	4	10	10
p(s)	5,2				
f	2,2	1,2	0,2	0,8	1,8

Партия № 6

№	1	2	3	4	5
s	1	1	3	10	10
p(s)	5				
f	2	1	0	0	1

Итоговая таблица по 6 партиям

№	1	2	3	4	5
$S_{ср}$	1,33	1,67	4,42	8,83	9,5
$p(s)_{ср}$	5,15				
$f_{ср}$	2,15	1,15	0,15	0,85	1,85

$s_{ср}$ - здесь среднее арифметическое по партиям.

Как правило, первые несколько партий идет адаптация участников к условиям игры. Поэтому первые партии целесообразно рассматривать как подготовительные. А результаты подводить по последним партиям.

Итоговая таблица по 3 последним партиям.

№	1	2	3	4	5
$S_{ср}$	1	1	3,83	10	10
$p(s)_{ср}$	5,17				
$f_{ср}$	2,17	1,17	0,17	0,83	1,83

Функция свертки - среднее геометрическое всех оценок.

Партия № 1

№	1	2	3	4	5
s	3	4	5	6	7
p(s)	4,79				
f	1,79	0,79	0,21	1,21	2,21

Партия № 2

№	1	2	3	4	5
s	1	3	5,5	7	9
p(s)	4,01				
f	1,01	1,01	0,99	1,99	2,99

Партия № 3

№	1	2	3	4	5
s	1	2,8	7	9	10
p(s)	4,46				
f	1,46	0,46	0,54	0,54	2,54

Партия № 4

№	1	2	3	4	5
s	1	2	8	10	10
p(s)	4,37				
f	1,37	0,37	0,63	1,63	2,63

Партия № 5

№	1	2	3	4	5
s	1	1	9	10	10
p(s)	3,9				
f	0,9	0,1	1,1	2,1	3,1

Партия № 6

№	1	2	3	4	5
s	2	1,2	10	10	10
p(s)	4,74				
f	1,74	0,74	0,26	1,26	2,26

Партия № 7

№	1	2	3	4	5
s	1	1	10	10	10
p(s)	3,98				
f	0,98	0,02	1,02	2,02	3,02

Партия № 8

№	1	2	3	4	5
s	2	1,1	10	10	10
p(s)	4,66				
f	1,66	0,66	0,34	1,34	2,34

Итоговая таблица по 8 партиям

№	1	2	3	4	5
S_{cp}	1,15	1,75	7,81	8,85	9,44
$p(s)_{cp}$	4,2				
f_{cp}	1,2	0,2	0,8	1,8	2,8

s_{cp} -здесь среднее геометрическое по партиям.

Итоговая таблица по 4 последним партиям.

№	1	2	3	4	5
S_{cp}	1	1,07	9,74	10	10
$p(s)_{cp}$	4,16				
f_{cp}	1,16	0,16	0,84	1,84	2,84

Функция свертки - среднее квадратическое всех оценок.

Партия № 1

№	1	2	3	4	5
s	3	4	5	6	7
p(s)	5,2				
f	2,2	1,2	0,2	0,8	1,8

Партия № 2

№	1	2	3	4	5
s	1	3	4,5	7	9
p(s)	5,66				
f	2,66	1,66	0,66	0,34	1,34

Партия № 3

№	1	2	3	4	5
s	1	1	3	8	10
p(s)	5,92				
f	2,92	1,92	0,92	0,08	1,08

Партия № 4

№	1	2	3	4	5
s	1	1	1	10	10
p(s)	6,37				
f	3,37	2,37	1,37	0,37	0,63

Партия № 5

№	1	2	3	4	5
s	1	1	1	9	10
$p(s)$	6,07				
f	3,07	2,07	1,07	0,07	0,93

Партия № 6

№	1	2	3	4	5
s	1	1	1	8,8	10
$p(s)$	6,01				
f	3,01	2,01	1,01	1,01	0,99

Итоговая таблица по 6 партиям

№	1	2	3	4	5
S_{cp}	1,53	2,2	3,09	8,24	9,4
$p(s)_{cp}$	5,88				
f_{cp}	2,88	1,88	0,88	0,12	1,12

s_{cp}, -здесь среднее квадратическое по партиям.

Итоговая таблица по 3 последним партиям.

№	1	2	3	4	5
S_{cp}	1	1	1	9,28	10
$p(s)_{cp}$	6,15				
f_{cp}	3,15	2,15	1,15	0,15	0,85

Проведя таким образом серию имитационных игр с различными вариантами сверток экспертных оценок можно получить определенное представление о составе экспертной комиссии. А из полученной при проведении игры информации сделать вывод какую функции свертки целесообразно использовать в данной ситуации.

3. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА - ИМИТАЦИОННАЯ ИГРА «МЕХАНИЗМЫ АБСОЛЮТНЫХ ПРИОРИТЕТОВ»

Обозначим s_i - объем финансирования, рекомендованный i*-ой* комиссией (i*-м* игроком), $S = \sum_{i=1}^{n} s_i$ - общий объем требуемого финансирования (n - число приоритетных направлений), R - выделенный объем средств. Проблема для центральной комиссии (Центра) возникает в случае, когда $S > R$, то есть выделенных средств не хватает. В этом случае применяются различные правила принятия согласованного решения. Обозначим h_i - степень приоритетности i*-го* направления. Если степени приоритетности определены, то согласованное распределение финансовых ресурсов вычисляется по формулам

$$x_i = min(s_i; gh_i), \tag{3.1}$$

где параметр γ определяется из уравнения

$$\sum_{i=1}^{n} \min(s_i; gh_i) = R.$$

При действии механизмов абсолютных приоритетов Центр определяет ожидаемый эффект $Э_i$ от i*-го* приоритетного направления в случае его финансирования в полном объеме. Таким образом, механизмы абсолютных приоритетов реализуют принцип распределения финансовых ресурсов пропорционально ожидаемым эффектам от направлений (при их достаточном финансировании), то есть $h_i = Э_i$.

Пусть r_i – достоверная оценка финансирования i*-го* приоритетного направления.

В игре предполагается, что объем финансирования i*-го* приоритетного направления x_i определяется выражением (3.1).

Естественно предположить, что каждая экспертная комиссия по направлению стремится объем финансирования. Поэтому, целевой функцией игроков является полученных финансовых средств.

На этапе сбора данных каждый игрок сообщает ведущему игры (в Центр) информацию о запрашиваемом объеме финансирования. Считается, что Центру известны только границы возможных значений r_i Î $[d_i,D_i]$, $i=1,...,n$. Поэтому игроки, зная процедуру формирования объемов финансирования x_i, сообщают в Центр такие заявки на финансирование s_i, позволяющие, по их мнению, увеличить им значение своей целевой функции.

На этапе планирования, ведущий сначала определяет значения k, такое что

$$\sum_{i=1}^{k} s_i + g_k \sum_{i=k+1}^{n} h_i \le R,$$

$$\sum_{i=1}^{k+1} s_i + g_{k+1} \sum_{i=k+2}^{n} h_i > R.$$

После этого величина γ определяется выражением

$$g = \frac{R - \sum_{i=1}^{k} s_i}{\sum_{i=k+1}^{n} h_i}.$$

И, наконец, в соответствии с выражениями (3.1) определяются значения объемов финансирования

На этапе реализации игроки подсчитывают значения своих целевых функций.

На этом партия игры завершается, и игроки переходят к следующей партии, то есть опять сообщают ведущему заявки на финансирование, ведущий формирует плановые объемы выделяемых средств, и игроки подсчитывают значения своих целевых функций и т.д.

Игра заканчивается, когда стратегии игроков сходятся в некоторые равновесные ситуации (в частности ситуация равновесия по Нэшу [10]). По стратегиям игроков в равновесной ситуации можно судить об эффективности исследуемого экономического механизма. Победителем считается тот игрок, у которого суммарное значение целевой функции за все партии игры оказалось наибольшим.

В приведенных ниже результатах игрового эксперимента участвовали четверо игроков ($n=4$). Ожидаемый эффект от каждого направления равнялся $Э_1=11$, $Э_2=10$, $Э_3=10$, $Э_4=11$. Достоверная оценка финансирования каждого приоритетного направления составляла $r_1=180$, $r_2=190$, $r_3=200$, $r_4=210$. И, наконец, объем средств, распределяемых Центром, был равен $R=685$.

Стратегия игроков, представлена на графике, изображенном на рис. 3.1.

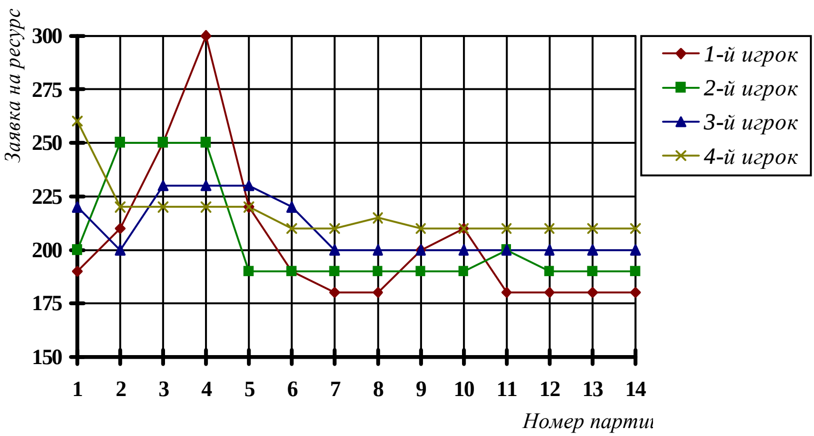


Рис. 3.1.

Из приведенного графика следует, что за одиннадцать партий стратегии игроков сошлись в равновесную ситуацию $s_1^*=180$, $s_2^*=190$, $s_3^*=200$, $s_4^*=210$, то есть в ситуации равновесия игрокам, при благожелательном отношении к Центру выгодно сообщать достоверную информацию о требуемых объемах финансирования приоритетных направлений.

Изменение самих объемов финансирования приоритетных направлений за эти четырнадцать партий представлено на рис. 3.2.

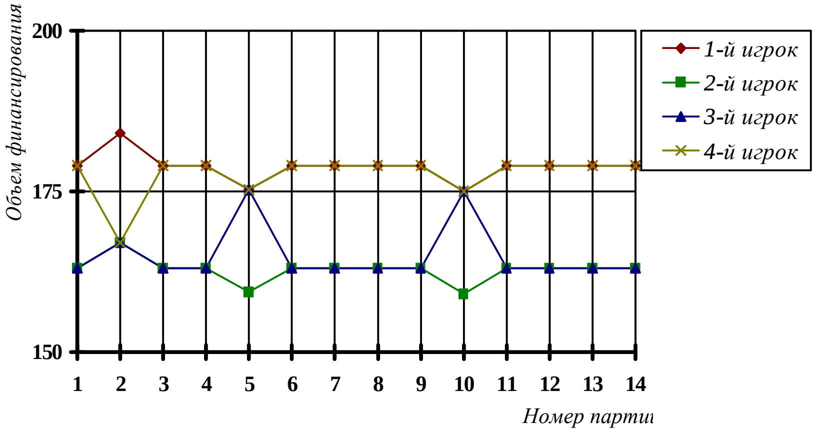


Рис. 3.2.

Но получение достоверной информации при использовании механизма абсолютных приоритетов возможно лишь при условии благожелательного отношения игроков к центру, и, самое главное при выполнении условия

$$\frac{Э_i}{\sum_{j=1}^{n} Э_j} R \le r_i \tag{3.2}$$

для любого $i=1,\ldots,n$.

Действительно, в рассмотренном выше примере (3.2) выполняется для всех игроков. Предположим теперь, что $Э_1=13$, то есть условие (3.2) для первого игрока не выполняется, так как

$$\frac{Э_1}{\sum_{j=1}^{n} Э_j} R = \frac{13}{44} 685 = 202{,}386 > 180 .$$

Изменение стратегий игроков для этого случая представлено на рис. 3.3

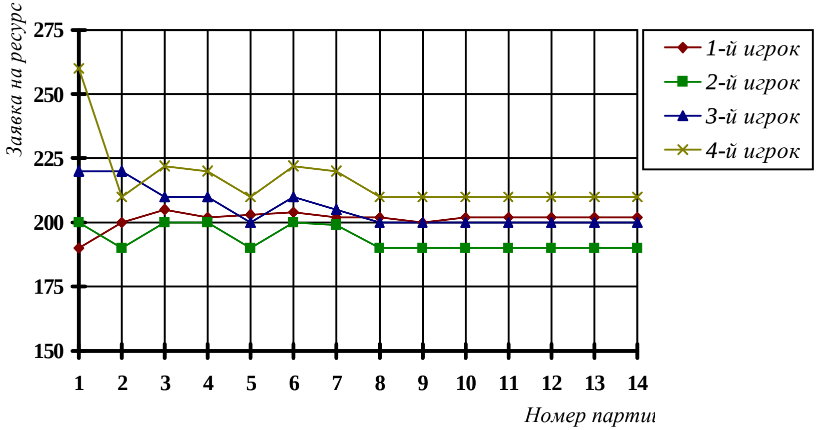


Рис. 3.3.

Соответственно, изменение самих объемов финансирования приоритетных направлений в этом случае представлено на рис. 3.2.

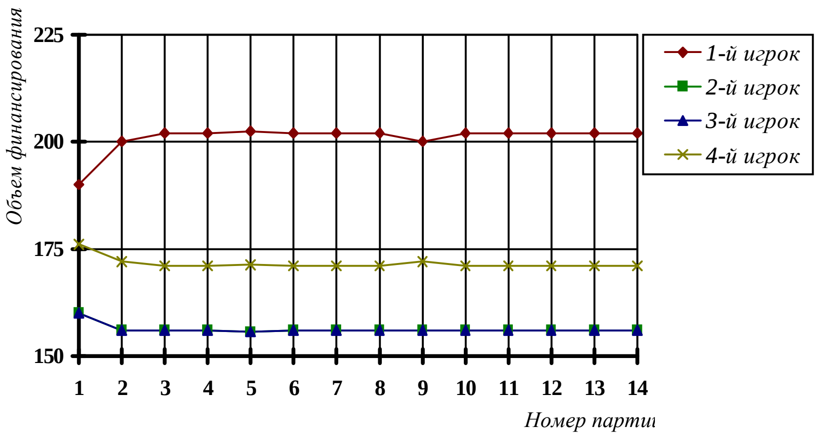


Рис. 3.4.

Интересная ситуация возникает, если количество распределяемого ресурса будет увеличено. Действительно, если в условиях первого примера количество распределяемого ресурса увеличится с $R=685$ до $R=750$, то есть условия (3.2) для всех игроков выполняться не будут. Изменение стратегий игроков в этом случае представлено на рис. 3.5.

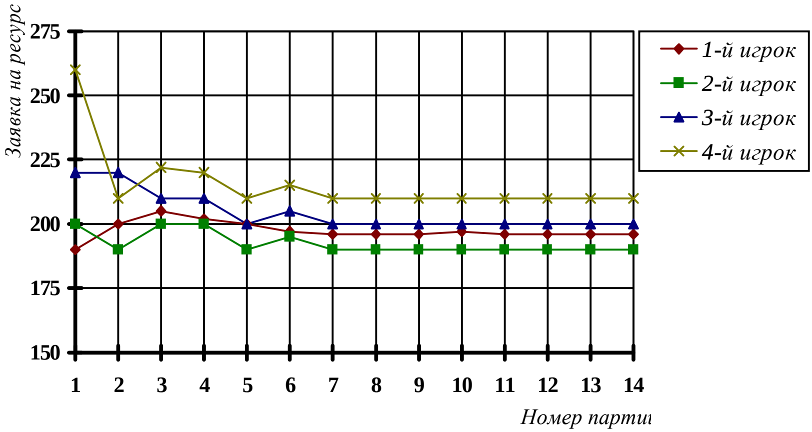


Рис. 3.5.

Из приведенного графика видно, что в ситуации равновесия первый игрок не сообщает достоверную информацию о требуемых объемах финансирования приоритетных направлений, а насколько это ему выгодно увеличивает свою заявку.

Изменение самих объемов финансирования в этих условиях представлено на рис. 3.6.

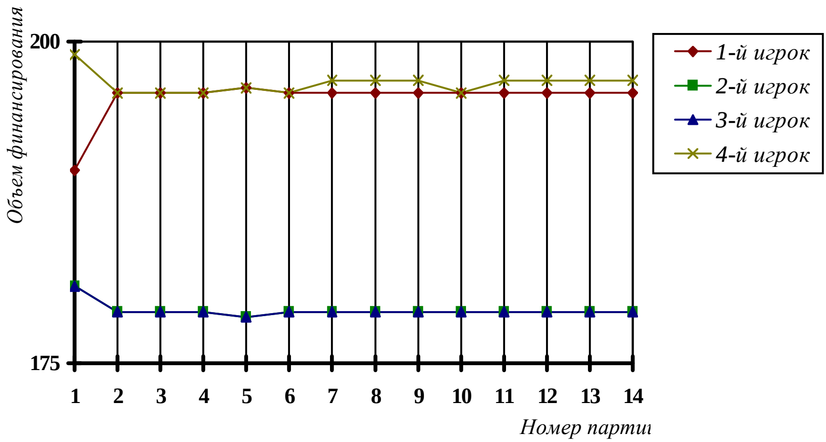


Рис. 3.6.

Увеличение объема распределяемых средств привело к тому, что в ситуации равновесия объем финансирования первого направления увеличился и превысил необходимый размер остальные направления остались недофинансированы, в то время как если бы первому направлению было бы выделено лишь необходимое количество ресурса, то можно было бы полностью удовлетворить потребности в ресурсе второго направления не уменьшая объем финансирования третьего и четвертого направлений.

4. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА - МЕХАНИЗМЫ ПРЯМЫХ ПРИОРИТЕТОВ.

В этих механизмах экспертная комиссия определяет ожидаемую эффективность от развития *i-го* направления, то есть эффект на единицу затрат (обозначим ожидаемую эффективность q_i) [9]. Тогда ожидаемый эффект составит $h_i=q_is_i$, а процедуры распределения финансовых средств принимают вид:

$$x_i=min(s_i;\ g^{x}q_is_i),$$

где $g_i = \dfrac{1}{q_i}$.

Или

$$x_i = \min\left\{ s_i ; \frac{q_i s_i \left(R - \sum_{j=1}^{k} s_j \right)}{\sum_{j=k+1}^{n} q_j s_j} \right\}.$$

Легко убедиться, что x_i возрастающая функция (q_is_i), а значит и s_i. Заинтересованность комиссий в завышении рекомендуемых объемов финансирования своих направлений иллюстрируют результаты проведенной имитационной игры.

Здесь также участвовали четверо игроков ($n=4$). Ожидаемая эффективность каждого направления равнялся $q_1=0,1$, $q_2=0,11$, $q_3=0,12$, $q_4=0,13$. Достоверная оценка финансирования каждого приоритетного направления составляла $r_1=180$, $r_2=190$, $r_3=200$, $r_4=210$. А объем средств, распределяемых Центром, был равен $R=685$. Предполагалось, что Центр может в два раза ошибаться в оценке потребностей ресурсов для финансирования первого и второго направлений и в полтора раза для третьего и четвертого направлений. Другими словами, любые заявки, поступившие в

Центр от представителей первого и второго направлений, не превышающие *360* и *380* соответственно, считаются для Центра обоснованными. Аналогично, любые заявки, поступившие в Центр от представителей третьего и четвертого направлений, не превышающие *300* и *315* также считаются обоснованными.

Стратегия игроков, представлена на графике, изображенном на рис. 4.1.

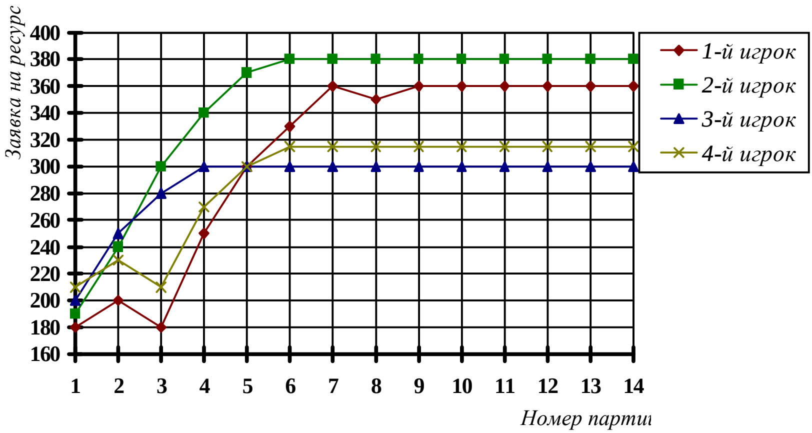


Рис. 4.1.

Из приведенного графика следует, что за девять партий стратегии игроков сошлись в равновесную ситуацию $s_1^*=360$, $s_2^*=380$, $s_3^*=300$, $s_4^*=315$, то есть в ситуации равновесия игроки сообщают максимально допустимые заявки на объемы финансирования приоритетных направлений.

Изменение объемов финансирования приоритетных направлений за эти четырнадцать партий представлено на рис. 4.2.

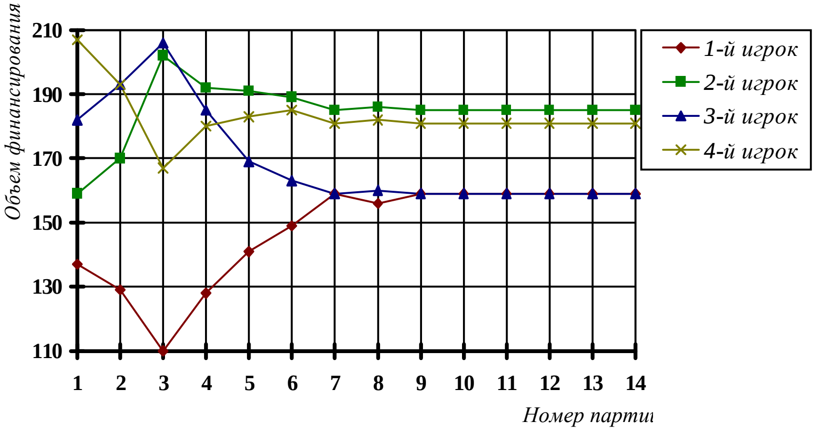


Рис. 4.2.

В рассмотренном примере дефицит финансовых средств составлял *95* единиц. Но даже если дефицит финансовых средств составит всего *5* единиц, характер поведения игроков практически не изменится. Следующие два графика иллюстрируют проведение игры, когда распределяется *775* единиц, в то время как необходимо иметь *780* единиц.

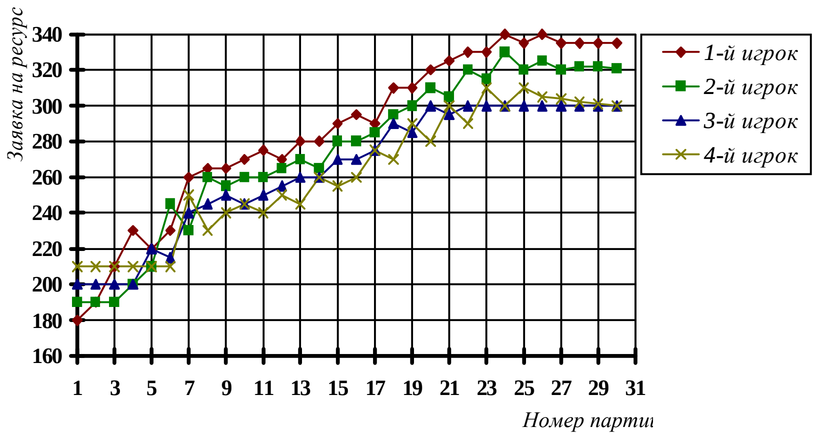


Рис. 4.3.

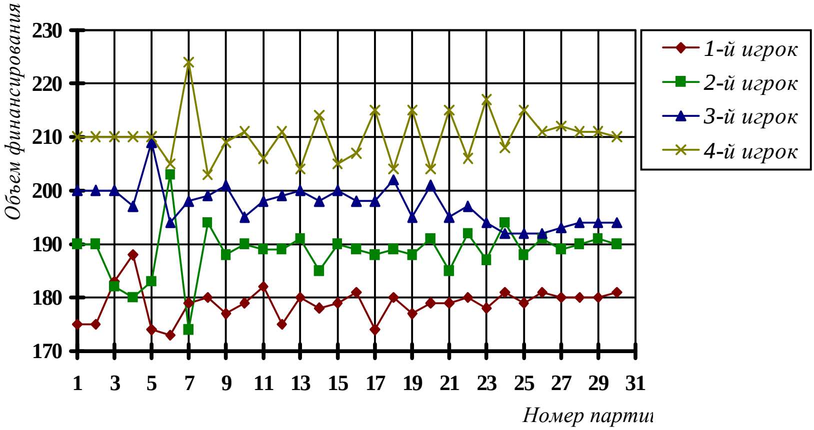


Рис. 4.4.

Из рис. 4.3. видно, что несмотря на незначительный дефицит все равно идет планомерное увеличение заявок на финансирование даже при благожелательном отношении игроков к Центру. Завышение заявок на финансирование является серьезным недостатком механизмов прямых приоритетов. Несмотря на это, подобного вида механизмы, основанные на пропорциональном «урезании» требований довольно популярны на практике.

5. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА - МЕХАНИЗМЫ ОБРАТНЫХ ПРИОРИТЕТОВ.

Идея принципа обратных приоритетов [11] заключается в следующем: приоритет направления при распределении финансовых средств, тем выше, чем меньший объем средств на это направление запрашивается. Другими словами, приоритет направления обратно пропорционален его заявке на объем финансирования. Качественно этот принцип распределения можно обосновать на примере двух равнозначных направлений. Если по каждому из этих направлений планируется получить одинаковый эффект и при этом запрашивается разное количество финансовых средств, то в этом случае, направление, требующее меньший объем финансирования будет использовать получаемые средства с большей отдачей.

В этих механизмах экспертная комиссия определяет, как и в механизмах абсолютных приоритетов, ожидаемый эффект от реализации программы развития соответствующего приоритетного направления. Однако, распределение средств ведется пропорционально эффективностям $q_i = \frac{Э_i}{s_i}$ и процедуры распределения принимают вид

$$x_i = \begin{cases} s_i, & \textit{если} \sum_{j=1}^{n} s_j \le R \\ \min\left(s_i, \dfrac{Э_i / s_i}{\sum_{j=1}^{n} Э_l / s_j} R\right), & \textit{если} \sum_{j=1}^{n} s_j > R \end{cases}$$

При такой процедуре формирования x_i нетрудно заметить, что возможны случаи, когда часть финансовых средств R останется не распределенной, причем $\sum_{j=1}^{n} s_j > R$.

Пусть

$$R_{ост} = R - \sum_{j=1}^{n} x_j$$

Один из способов распределения остатка финансовых средств, который применяется в игре - это распределение пропорционально неудовлетворенному спросу. Обозначим через Q множество направлений, для которых заявка на финансирование полностью не удовлетворена, тогда

$$Ds_i=s_i-x_i(s_i)>0 \text{ для всех } i \in Q.$$

Дополнительное количество финансовых средств, которое выделяется на направление, заявка которого не полностью удовлетворена ,определяется выражением

$$Dx_i = \frac{Ds_i}{\sum_{j \in Q} Ds_j} R_{ост}$$

Легко показать, что при этом

$$x_i+Dx_i \le s_i$$

Нетрудно заметить, что в ситуации равновесия должно выполняться условие

$$s_i^* = \frac{Э_i / s_i^*}{\sum_{j=1}^{n} Э_j / s_j^*} R, \; i=1,\ldots,n. \qquad (5.1)$$

Для того чтобы найти равновесные значения s_i^* $i=1,\ldots,n$ необходимо решить систему уравнений (5.1).

Действительно, перепишем систему (5.1) в виде

$$Э_i \sum_{j=1}^{n} \frac{Э_j}{s_j^*} = \left(\frac{Э_i}{s_i^*} \right)^2 R, \ i=1,\ldots,n.$$

Извлекая корень из обеих частей этих уравнений, и просуммировав их, получим

$$\sum_{i=1}^{n} \sqrt{Э_i} = \sqrt{R \sum_{i=1}^{n} \frac{Э_i}{s_i^*}}$$

Отсюда легко получить

$$\sum_{i=1}^{n} \frac{Э_i}{s_i^*} = \frac{1}{R} \left(\sum_{i=1}^{n} \sqrt{Э_i} \right)^2$$

И наконец единственная ситуация равновесия определяется выражением

$$s_i^* = \frac{\sqrt{Э_i}}{\sum_{j=1}^{n} \sqrt{Э_j}} R, \ i=1,\ldots,n.$$

Имитационная игра для принципа обратных приоритетов проводилась при тех же начальных условиях, что и для принципа абсолютных приоритетов. То есть игровом эксперименте участвовали четверо игроков ($n=4$). Ожидаемый эффект от каждого направления равнялся $Э_1=11$, $Э_2=10$, $Э_3=10$, $Э_4=11$. Достоверная оценка финансирования каждого приоритетного направления составляла $r_1=180$, $r_2=190$, $r_3=200$, $r_4=210$. И, наконец, объем средств, распределяемых Центром, был равен $R=685$.

Стратегия игроков, представлена на графике, изображенном на рис. 5.1.

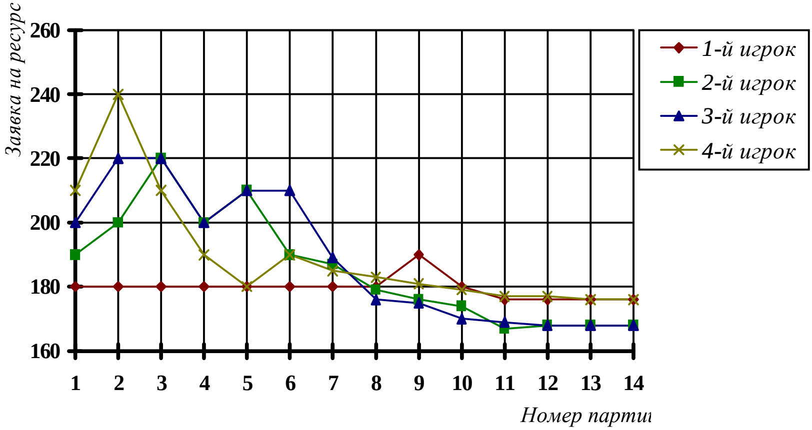


Рис. 5.1.

Из приведенного графика следует, что за одиннадцать партий стратегии игроков сошлись в равновесную ситуацию $s_1^*=176$, $s_2^*=168$, $s_3^*=168$, $s_4^*=176$, то есть в ситуации равновесия суммарная заявка игроков практически равняется общему объему финансирования приоритетных направлений.

Изменение объемов финансирования приоритетных направлений за эти четырнадцать партий представлено на рис. 5.2.

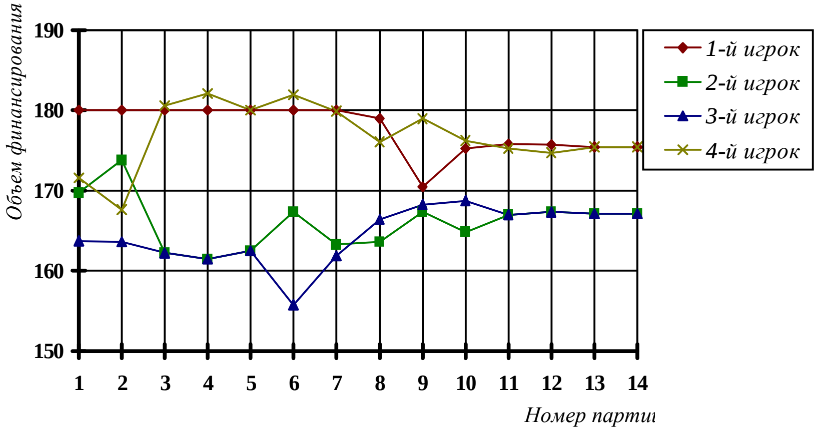


Рис. 5.2.

Следует отметить, что принцип обратных приоритетов обладает следующими свойствами. Во-первых, в окончательном распределении средств, каждое направление получает такое финансирование, какое заявляли игроки. Во-вторых, механизмы обратных приоритетов создают обратную тенденцию - занижать (а не завышать) рекомендуемые оценки (можно сказать, что в данном случае действует принцип «меньше просишь - больше получишь»), то есть тенденцию экономить, что весьма важно в условиях дефицита средств.

6. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА - МЕХАНИЗМ КОНКУРСНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИФИНАНСОВЫХ СРЕДСТВ.

Конкурсные механизмы - один из достаточно хорошо известных принципов управления в практике регулирования экономическими системами. Особенность конкурсных механизмов состоит с том, что они требуют организации явного соперничества между участниками конкурса. В число победителей конкурсов входят те исполнители, которые имеют наибольшие показатели эффективности использования выделяемых средств на выполнение работ, по обеспечению требуемого уровня безопасности. Победители конкурса получают определенный приоритет при распределении финансовых средств. Следует отметить, что при организации конкурса игроки сообщают в Центр не только заявку на объем финансирования но и ожидаемую величину эффекта от реализации приоритетных направлений. То есть здесь предполагается, что у игроков увеличивается число степеней свободы. Для достижения своих целей они уже могут играть на двух видах информации.

Цель игры заключается в исследовании схемы конкурсных механизмов распределения ограниченных средств, в которых используются различные процедуры распределения средств как среди победителей, так и среди побежденных.

Задача Центра заключается в таком распределении имеющихся финансовых средств, чтобы полученный от выполнения работ эффект в системе в целом был наибольшим. Величина этого эффекта зависит от того, насколько эффективно будут использованы финансовые средства исполнителями и сколько средств будет выделено каждому исполнителю.

Задача игроков заключается в следующем.. Зная принципы определения победителей конкурса и процедуры распределения Центром финансовых средств между исполнителями, выбрать такую стратегию поведения, то есть сообщать в Центр такую информацию о себе, обрабатывая которую Центр выделил бы исполнителю столько финансовых средств, которое обеспечило бы ему получение наибольшего значения целевой функции.

Общая модель проведения игры была дана при описании выше рассмотренных механизмов распределения ресурсов. Здесь будут введены лишь некоторые дополнительные элементы модели.

M- количество направлений-победителей конкурса;

w_i- оценка ожидаемого эффекта i-*го* исполнителя;

q_i- оценка эффективности i-*го* исполнителя;

$$q_i = \frac{w_i}{s_i}$$

c -минимальный размер финансовых средств, выделенных исполнителям не вошедшим в число победителей;

t_i - коэффициент, характеризующиципользование финансовых средств

h_i - функция штрафа за не достижение (или за завышение) ожидаемого эффекта i-*м* исполнителем;

$$h_i = \begin{cases} a\left[w_i - Э_i\right], & если\ w_i - Э_i > 0 \\ 0, & если\ w_i - Э_i \le 0 \end{cases}$$

α- коэффициент штрафа.

Под конкурсными механизмами [12] в дальнейшем будем понимать механизмы распределения финансовых средств, в котором процедура планирования включает этап определения множества Q направлений-победителей конкурса. Это множество содержит номера приоритетных направлений с наибольшими оценками эффективности.

Алгоритм определения множества Q может быть представлен следующим образом. Упорядочим оценки эффективности исполнителей проектов q_i, $i=1,...,n$ по убыванию, т.е.

$$q_{i_1} > q_{i_2} >,...,> q_{i_n} \tag{6.1}$$

Множество исполнителей-победителей конкурса есть

$$Q=\{i_k: k£m\}, \text{ где } m<n$$

Процедура распределения финансовых средств после определения множества победителей имеет вид

$$x = \begin{cases} s_{i_k}, & \text{если } 1 \le i_k \le m \\ R - \sum_{k=1}^{m} s_{i_k} - c(n-m-2), & \text{если } i_k = m+1 \\ c, & \text{если } m+2 \le i_k \le n \end{cases}$$

В особом положении при этом находится исполнитель с номером $m+1$. Он является лучшим среди проигравших конкурс, и поэтому может получить финансовых средств несколько больше чем С.

Как сказано выше, в рассматриваемой имитационной игре предусмотрено наказание игрока за не достижение (или за завышение) ожидаемого эффекта, поэтому целевая функция i-*го* игрока имеет вид

$$\tilde{f}(t_i, x_i) = Э_i - h_i .$$

В дальнейшем будем считать, что фактический эффект направления определяется выражением

$$Э_i = \sqrt{r_i x_i} .$$

Тогда

$$\tilde{f}(r_i, x_i) = \sqrt{r_i x_i} - \begin{cases} a\left(w_i - \sqrt{t_i x_i}\right), & \text{если } w_i - \sqrt{t_i x_i} > 0 \\ 0, & \text{если } w_i - \sqrt{t_i x_i} \le 0 \end{cases} \tag{6.2}$$

В игре важным моментом является процедура определения победителей конкурса. Очевидно, что в каждой партии игры количество победителей может быть разное. Действительно, если Центр первоначально определяет минимальный размер финансовых средств c, для исполнителей, не вошедших в число победителей, то количество победителей можно определить в соответствии со следующей процедурой. Из упорядоченных оценок эффективности (6.1) выбирается максимальное число исполнителей m, для которых справедливо неравенство

$$\sum_{k=1}^{m} s_{i_k} < R - c(n-m) \qquad (6.3)$$

и это число m определяет количество победителей в данной партии игры.

Из процедуры определения победителей в общем случае следует, что возможен случай, когда имеется лишь один победитель конкурса, но и он не получает запрашиваемого количества финансовых средств, т.е. неравенство (6) в этом случае имеет вид

$$R\text{-}c(n\text{-}1)<s$$

В этом случае победителем конкурса объявляется исполнитель под номером i и ему передается весь остаток финансовых средств.

Подробный анализ формальной модели конкурсного механизма приведен в [12,13]. Здесь отметим лишь, что для целевой функции вида (6.2) равновесная ситуация по Нэшу существует, причем вид ситуации равновесия определяется величиной коэффициента α в функции штрафа h_i. Величина α определяет сильный штраф для *i-го* исполнителя проекта, если ему в любой ситуации оказывается невыгодно отклоняться от заявленной величины ожидаемого эффекта w_i, $i=1,...,n$. В случае же слабого штрафа исполнитель может отклониться от оценки ожидаемого эффекта и при этом выиграть больше чем если бы он придерживался условия $w_i = \sqrt{t_i x_i}$.

Каждая партия игры проводится в четыре этапа. На первом этапе участники игры сообщают в Центр свои заявки на финансирование s_i и ожидаемый эффект w_i от выполнения работ по обеспечению требуемого уровня безопасности.

Второй этап - этап определения участников-победителей. На этом этапе Центр на основе полученных заявок определяет участников-победителей с наибольшими оценками эффективности.

На этапе распределения (третий этап) Центр на основе полученных оценок рассчитывает объем финансирования x_i для участников игры.

На четвертом этапе - участники, получив свой объем финансирования, подсчитывают свой эффект по формуле (6.2).

На этом партия считается законченной и следует переходить к следующей партии. То есть участники вновь сообщают в Центр заявки на финансирование, Центр обрабатывает полученную информацию и т.д.

Партии игры повторяется до тех пор, пока достаточно явно не проявится стратегия поведения участников игры.

Результаты проведения игры.

Количество участников	-5
Количество финансовых средств, выставленных на конкурс	-500
Гарантированное минимальное количество финансовых средств, выделяемое участникам конкурса	-50
Коэффициент штрафа	-0.6

t_1=50; t_2=50; t_3=60; t_4=70; t_5=70

Партия №1

Номер игрока	1	2	3	4	5
Заявка	100.0	120.0	130.0	160.0	180.0
Оценка эффективности	75.0	80.0	90.0	110.0	50.0
Полученные средства	100.0	60.0	130.0	160.0	50.0
Место в конкурсе	1	4	2	3	5
Штраф	4.1	0.0	1.6	4.0	0.0
Целевая функция	68.1	54.8	87.3	103.3	59.2

Партия №2

Номер игрока	1	2	3	4	5
Заявка	110.0	110.0	140.0	170.0	170.0
Оценка эффективности	75.0	80.0	90.0	110.0	120.0
Полученные средства	110.0	110.0	50.0	60.0	70.0
Место в конкурсе	3	1	5	4	2
Штраф	0.8	5.6	0.0	0.0	10.0
Целевая функция	73.7	70.7	54.8	64.8	102.5

Партия №3

Номер игрока	1	2	3	4	5
Заявка	115.0	120.0	154.0	170.0	180.0
Оценка эффективности	75.0	80.0	100.0	115.0	120.0
Полученные средства	50.0	90.0	140.0	170.0	50.0
Место в конкурсе	5	3	1	2	4
Штраф	0.0	0.0	8.0	5.7	0.0
Целевая функция	50.0	67.1	86.6	105.5	59.2

Партия №4

Номер игрока	1	2	3	4	5
Заявка	115.0	120.0	150.0	175.0	180.0
Оценка эффективности	80.0	85.0	100.0	115.0	130.0
Полученные средства	100.0	120.0	50.0	50.0	180.0
Место в конкурсе	3	2	4	5	1
Штраф	0.0	7.2	0.0	0.0	17.0
Целевая функция	70.0	72.9	54.8	59.2	101.6

Партия №5

Номер игрока	1	2	3	4	5
Заявка	1150	125.0	150.0	175.0	190.0
Оценка эффективности	83.0	85.0	110.0	125.0	130.0
Полученные средства	115.0	50.0	150.0	135.0	50.0
Место в конкурсе	2	5	1	3	4
Штраф	6.9	0.0	14.5	0.0	0.0
Целевая функция	71.5	50.0	85.8	97.2	59.2

Партия №6

Номер игрока	1	2	3	4	5
Заявка	120.0	125.0	160.0	175.0	190.0
Оценка эффективности	83.0	90.0	110.0	130.0	140.0
Полученные средства	50.0	50.0	50.0	175.0	175.0
Место в конкурсе	4	3	5	1	2
Штраф	0.0	0.0	0.0	18.5	0.0
Целевая функция	50.0	50.0	54.8	99.1	110.7

Партия №7

Номер игрока	1	2	3	4	5
Заявка	120.0	125.0	160.0	180.0	190.0
Оценка эффективности	90.0	100.0	120.0	130.0	145.0
Полученные средства	85.0	125.0	50.0	50.0	190.0
Место в конкурсе	3	1	4	5	2
Штраф	0.0	20.1	0.0	0.0	28.5
Целевая функция	65.2	66.5	54.8	59.2	97.5

Партия №8

Номер игрока	1	2	3	4	5
Заявка	100.0	125.0	130.0	170.0	195.0
Оценка эффективности	72.0	95.0	90.0	130.0	145.0
Полученные средства	50.0	125.0	50.0	170.0	105.0
Место в конкурсе	4	2	5	1	3
Штраф	0.0	15.3	0.0	20.1	0.0
Целевая функция	50.0	69.5	54.8	96.5	85.7

Партия №9

Номер игрока	1	2	3	4	5
Заявка	95.0	128.0	120.0	180.0	190.0
Оценка эффективности	72.0	95.0	90.0	130.0	140.0
Полученные средства	95.0	128.0	120.0	50.0	107.0
Место в конкурсе	1	3	2	5	4
Штраф	3.0	14.4	4.9	0.0	0.0
Целевая функция	67.1	71.0	81.8	59.2	86.5

Партия №10

Номер игрока	1	2	3	4	5
Заявка	98.0	128.0	122.0	170.0	180.0
Оценка эффективности	72.0	94.0	90.0	130.0	140.0
Полученные средства	50.0	50.0	50.0	170.0	180.0
Место в конкурсе	4	5	3	2	1
Штраф	0.0	0.0	0.0	20.1	26.6
Целевая функция	50.0	50.0	54.8	96.5	95.6

Усредненные результаты за десять партий

Номер игрока	1	2	3	4	5
Заявка	108.8	122.6	140.2	172.5	184.5
Оценка эффективности	77.7	88.4	99.0	122.5	133.0
Полученные средства	80.5	90.8	84.0	119.0	125.7
Место в конкурсе	3	3	3	3	3
Штраф	1.5	6.3	2.9	6.8	8.3
Целевая функция	61.6	62.2	67.0	84.1	85.8

Усредненные результаты за последние пять партий

Номер игрока	1	2	3	4	5
Заявка	106.6	126.2	138.4	175.0	189.0
Оценка эффективности	77.8	94.8	100.0	130.0	142.0
Полученные средства	66.0	95.6	64.0	123.0	151.4
Место в конкурсе	3	3	4	3	2
Штраф	0.6	10.0	1.0	11.7	11.0
Целевая функция	56.5	61.4	60.2	82.1	95.2

Конкурсные механизмы относятся к механизмам централизованного финансирования приоритетных направлений. Но это механизмы особого вида. Отличие этих механизмов от классического конкурса заключаются в том, что здесь Центр для поддержания всех приоритетных направлений вынужден финансировать все направления. Но победители конкурса получают финансирование в полном объеме, а проигравшие получают некоторый минимум средств. В то же время участники конкурса имеют возможность два типа информации для достижения своих целей. А именно, оценку эффективности направления и оценку средств, необходимых для достижения заявленной эффективности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренный подход к построению и оценке эффективности экономических механизмов базируется на использовании так называемых оценочных (упрощенных моделей) объектов хозяйственной деятельности. В его основе лежит гипотеза о том, что эффективность действия экономических механизмов лишь в незначительной степени зависит от сложности описания ситуации. Другими словами, механизм малоэффективный (то есть стимулирующий искажение информации или нарушение установленных ограничений) в простой модельной ситуации, вряд ли будет более эффективным при использовании более полного описания ситуации. Таким образом, имея детально разработанный экономический механизм, при его исследовании можно ограничиться простыми моделями хозяйственных объектов. Исследование устойчивости объектов хозяйственной деятельности с учетом всей системы экономических связей требует использования более адекватных, а значит и более сложных моделей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Rohn Y. Fuhrungsentscheidungen in Unternehmensplanspiel. Essen, 1964.
2. Морозов А. Аварийные игры. "Техпропаганда", 1933, N 7.
3. Островский Я.С. Аварийные игры на Шатуре. "Техпропаганда",1933, N 7.
4. Riceiardi F.M. et al. Top Management Decision Simulation: the AMA Approach, American Management Association, Ney York, 1957.
5. Емельянов С.В., Бурков В.Н., Ивановский А.Г., Немцева А.Н., Ситников В.И., Соколов В.И., Щепкин А.В. Метод деловых игр. Международный центр научно-технической информации, М. 1976.
6. Чепрунова О.Ю. Щепкин А.В. Разработка экспериментов с моделями организационных систем. Автоматика и телемеханика, 1988, N 8.
7. Курс экономической теории. Под редакцией Чепурина М.М., Киселевой Е.А. Изд. "АСА", Киров, 1995.
8. Опойцев В.И. Равновесие и устойчивость в моделях коллективного поведения. М., Наука, 1977.
9. Бурков В.Н., Джавахадзе Г.С. Экономико-математические модели управления производством строительных материалов, Препринт, М., ИПУ РАН, 1996.
10. Бурков В.Н. Основы математической теории активных систем.–М.: Наука, 1977.
11. Бурков В.Н., Кондратьев В.В. Механизмы функционирования организационных систем.–М.: Наука, 1981.

12. Бурков В.Н., Данев Б., Еналеев А.К., Нанева Т.Б., Подвальный Л.Д., Юсупов Б.С. Конкурсные механизмы в задачах распределения ограниченных ресурсов. А и Т. 1988. N 11, с.142 -153.
13. Бурков В.Н., Данев Б., Еналеев А.К., Кондратьев В.В., Нанева Т.Б., Щепкин А.В. Большие системы: моделирование организационных механизмов. М.: Наука, 1989.

Оглавление

Введение

По характеру хозяйственной деятельности фирмы можно разделить на несколько крупных групп: промышленные, торговые, транспортные, страховые, инжиниринговые, туристские фирмы и т.д. В дальнейшем будут рассматриваться механизмы и модели внутрифирменного управления промышленными фирмами. То есть такими фирмами, которые занимаются производством продукции.

Вопросы внутрифирменного управления приобретают важное значение, особенно в настоящее время, в связи с резкими изменениями условий хозяйствования, при поиске, завоевании или сохранении своего сектора рынка в условиях свободной конкуренции.

Требования рынка оказывают влияние на деятельность всей фирмы в целом. Для того, чтобы адекватно отвечать рыночным требованиям, руководство фирмы должно согласовывать с этими требованиями действия всех своих подразделений. Одним из путей решения этой задачи является совершенствование внутренней организации управления фирмы, ориентированной на требования рынка. В первую очередь, необходимо усиление влияния внутрифирменных экономических механизмов на конечные результаты деятельности всей фирмы в целом. Элементами системы внутрифирменных экономических отношений являются подсистемы планирования, контроля и экономического стимулирования и экономической ответственности. В отличие от существовавшей системы планирования в условиях командно-административной экономики разработка, утверждение и корректировка планов в условиях рынка - дело самой фирмы. Контроль за выполнением планов, экономическое стимулирование и формы экономического воздействия должны быть ориентированы на достижение коммерческого интереса фирмы, на выполнение обязательств перед заказчиком, партнерами и персоналом.

В методических указаниях рассматриваются основные типы задач внутрифирменного управления:

распределение работ и финансов между подразделениями;

распределение прибыли;

разработка систем стимулирования.

Имитационное моделирование–метод экспериментального исследования.

Эффективным средством исследования механизмов функционирования организационных систем, наряду с аналитическими методами исследования, является метод игрового имитационного моделирования.

Применение игрового имитационного моделирования при разработке и исследовании механизмов внутрифирменного управления позволяет осуществлять экспериментальную проверку теоретических результатов и практических предложений по созданию новых механизмов и совершенствовать существующие.

Организация игровых имитационных экспериментов осуществляется для исследования функционирования организационной системы в течение определенного периода времени. В игровой интерпретации отдельный период функционирования организационной системы рассматривается как одна партия, при этом предполагается, что механизм функционирования определен и не меняется при переходе от одного периода функционирования к другому.

При проведении имитационных игр функции руководства подразделений фирмы, связанные с принятием решений, выполняют игроки. Каждая имитационная игра, как и большинство игр, связанных с анализом экономических механизмов, состоит из нескольких партий. Каждая партия проводится в три этапа.

1. *Этап сбора данных*.
2. *Этап принятия решения*.
3. *Этап реализации*.

На этапе сбора данных ведущему игры сообщается запрашиваемая информация, на этапе принятия решения на основе полученной информации формируется управленческое решение и, наконец, на этапе реализации определяется значение целевых функций игроков (выигрыш). Количество партий, как правило, не ограничивается заранее, хотя возможны варианты, когда количество партий фиксировано. По завершении игры производится подведение итогов и определение победителей.

Отметим здесь важное направление, связанное с применением имитационных игр, как в исследовательских целях, так и в целях обучения. Это игры с участием автоматов (artificial players or robots). В таких играх часть участников игры или всех игроков заменяют автоматами (под автоматом понимается специальная программа, в которой реализован алгоритм гипотезы поведения лица, принимающего решения) с формализованными процедурами принятия решений. Можно утверждать, что замена реального игрока на искусственного представляет собой попытку построить модель поведения человека. Эта модель включает в себя основные параметры, характеризующие индивидов, и, прежде всего, мотивы экономической активности, ее цели и средства достижения этих целей.

Естественно, что имитация многообразия человеческой личности, ее неповторимой индивидуальности, разнообразных мотивов ее деятельности - задача в полном объеме практически неразрешима. Однако, в данном случае проблема значительно упрощается, так как формализуется главным образом то, что объясняет экономическое поведение людей в различных хозяйственных ситуациях.

Необходимость проведения игр с автоматами проявляется в тех случаях, когда необходимо провести исследование функционирования организационной системы с большим числом элементов (проведение соответствующей игры с большим числом участников нереально).

Игры с автоматами весьма близки к имитационному моделированию. В предельном случае, когда все участники заменены автоматами, получаем имитационную модель организации (игры автоматов). Такие игры применяются в случаях, когда необходимо провести значительное число партий для исследования динамики игры или для получения статистически значимой оценки результатов. Это связано с тем, что "быстродействие" имитационной игры принципиально ограничено временем принятия решения человеком (порядка одной минуты в простейших играх). И именно время принятия решения человеком ограничивает и продолжительность одной партии (2-3 минуты в простейших играх). Игры автоматов позволяют сократить продолжительность одной партии до долей секунды.

Автоматы, используемые в игровых моделях для анализа механизмов внутрифирменного управления, программируются на основании некоторых гипотез о поведении людей в моделируемой ситуации. Сами гипотезы формируются на основе анализа стратегий реальных игроков в имитационной игре и эти гипотезы можно, в свою очередь, проверить при проведении имитационной игры.

В простейших имитационных играх алгоритм выбора решений автоматом основывается на аксиоме индикаторного поведения.

Если считать, что в каждой партии выбор s_i i-*м* игроком определяет его движение в сторону его цели, то процедура, реализующая аксиому индикаторного поведения, может быть представлена в виде

$$s_i^{k+1} = s_i^k + g_i^k\left(\tilde{s}_i^k - s_i^k\right),$$
$$g_i^k \in [0;1]$$

где s_i^{k+1} - выбор i-*го* автомата в $k+1$-*й* партии игры, $\tilde{s}_i^k$ - положение цели i-*го* автомата в k-*й* партии, или, другими словами, это то состояние, которое обеспечивает i-*му* автомату максимальное или минимальное значение его целевой функции в k-*й* партии игры. Значение g_i^k определяет величину шага в сторону цели. Конкретное значение g_i^k может зависеть от времени, текущего состояния и некоторых других факторов, внешних по отношению к модели. В играх, где используются автоматы с индикаторным поведением, настройка автоматов заключается в выборе процедуры изменения g_i^k от партии к партии. Но основная сложность при реализации алгоритма индикаторного поведения заключается в определении положения цели $\tilde{s}_i^k$. Это связано с тем, что в общем случае при проведении игры отдельный участник не имеет точной информации о поведении каждого из остальных игроков. Однако, во многих случаях каждый игрок, опираясь на собственную информацию, сообщенную в Центр, знание закона управления и полученное управленческое решение может восстановить агрегат стратегий своих соперников по игре.

Следует заметить, что такие автоматы позволяют получать хорошие результаты в тех имитационных играх, где целевые функции участников игры являются непрерывными.

Исследование механизмов внутрифирменного ценообразования

Пусть руководство фирмы заключило договор с внешним заказчиком на выпуск продукции в объеме X и стоимостью C. В структуре фирмы существует n подразделений (исполнителей), между которыми необходимо распределить весь объем работ. Каждое подразделение характеризуется своим показателем эффективности деятельности r_i. Прибыль $i-го$ исполнителя определяется выражением:

$$p_i = цx_i - \frac{x_i^2}{2r_i}, \qquad (1)$$

где $ц = C/X$ – цена единицы работы, x_i – объем работ $i-го$ исполнителя.

Следовательно, прибыль фирмы можно представить следующим образом:

$$П = C - \sum_{i=1}^{n} \frac{x_i^2}{2r_i}. \qquad (2)$$

Для распределения работ и максимизации общей прибыли руководство фирмы решает следующую оптимизационную задачу:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^{n} \frac{x_i^2}{2r_i} \to \min \\ \sum_{i=1}^{n} x_i = X \end{cases}. \qquad (3)$$

Решение этой задачи дает:

$$x_i = \frac{r_i}{\sum_{j=1}^{n} r_j} X \,. \qquad (4)$$

На практике руководство фирмы не имеет достоверной информации о показателях эффективности деятельности подразделений. Как правило, при распределении работ, руководство оперирует заявками подразделений на получение объема работ. Если руководству поступили заявки $s_1, s_2, ..., s_n$, то прежде всего оно сравнивает сумму поступивших заявок с размером всего объема работ *X*. Если $\sum_{i=1}^{n} s_i = X$, каждое подразделение получает такой объем работ, которое оно запросило. Если же $\sum_{i=1}^{n} s_i \neq X$, тогда работа делится пропорционально заявкам:

$$x_i = \frac{s_i}{\sum_{i=1}^{n} s_i} X \,. \qquad (5)$$

Задание 1. Имитационное моделирование механизма

Проведите компьютерное игровое моделирование описанной выше управленческой задачи, исходя из того, что положение цели (целевая функция) $i-го$ исполнителя в *k–ой* партии определяется выражением:

$$\tilde{s}_i^k = \frac{Cr_i \sum_{j \neq i}^{n} s_i^k}{X^2 - Cr_i} \,. \qquad (6)$$

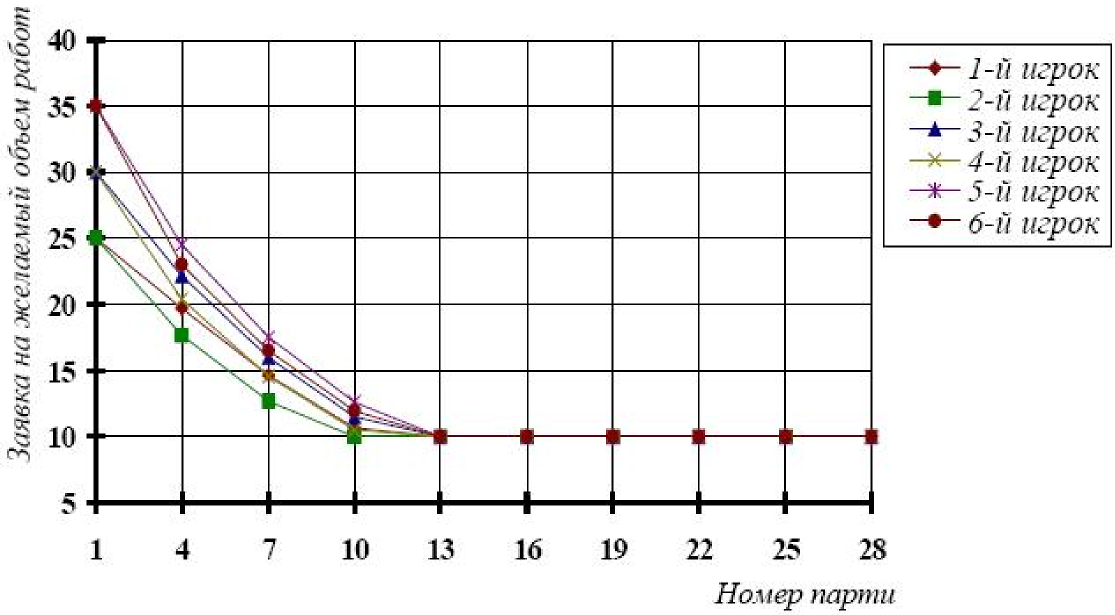
Если считать, что в каждой партии выбор s_i $i-м$ исполнителем определяет его движение в сторону его цели, то процедура, описывающая поведение исполнителя, может быть представлена в виде:

$$s_i^{k+1} = s_i^k + g_i(\tilde{s}_i^k - s_i^k), \qquad (7)$$

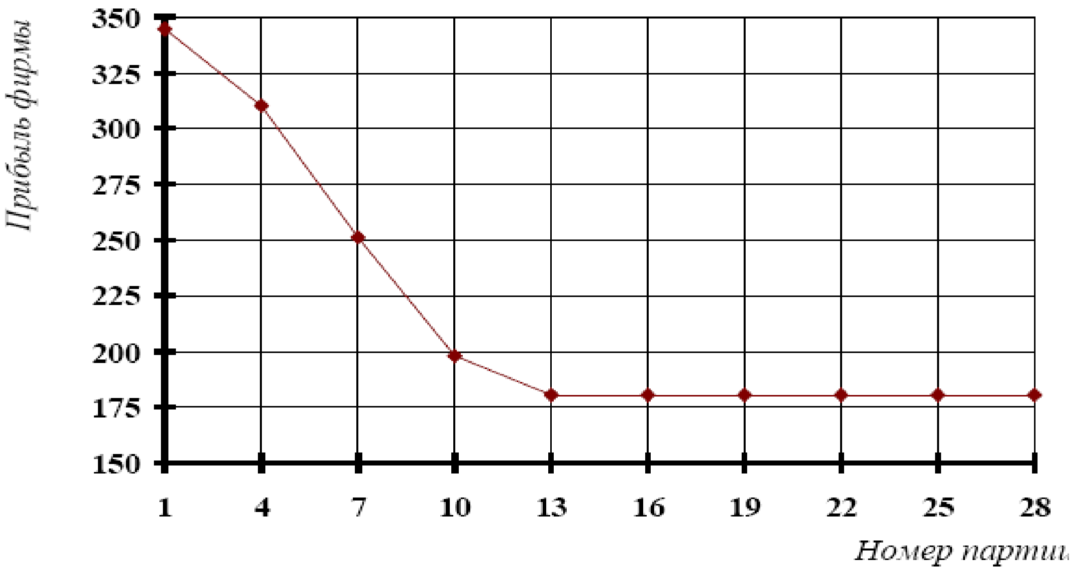
где s_i^{k+1} – выбор $i-го$ исполнителя в $k+1-й$ партии, g_i – определяет величину шага в сторону цели.

Подразделения могут подавать заявки из диапазона $s \in [d; D]$.

1. Определите стратегии поведения каждого подразделения. Результатом моделирования должны являться следующие графические зависимости, например:



2. Рассчитайте динамику изменения общей прибыли, получаемой фирмой. Результатом моделирования должна являться следующая графическая зависимость, например:



Задание 2. Исследование механизма на основе деловой игры

Не меняя механизма распределения объемов работ, внесем коррективы в механизм распределения прибыли. Введем для этого внутреннюю цену l. Внутреннюю цену будем определять по формуле

$$l = \frac{C}{\sum_{i=1}^{n} s_i}. \qquad (8)$$

Тогда внутренняя или условная прибыль $i-го$ подразделения может быть представлена в виде

$$j_i = l x_i - \frac{x_i^2}{2r_i}. \qquad (9)$$

А реальная прибыль подразделения будет определяться как

$$p_i = \frac{j_i}{\sum_{j=1}^{n} j_j} П. \qquad (10)$$

Проведите компьютерное игровое моделирование поведения подразделений в условиях внутрифирменного ценообразования. Моделирования ограничьте 10 партиями. Результаты представьте в виде следующих таблиц, например:

Таблица 1.

	Номер игрока	1	2	3	4	5	6
Партия № 1	Заявленный объем работ	20,00	22,00	25,00	33,00	30,00	18,00
	Полученный объем работ	27,03	29,73	33,78	44,59	40,54	24,32
	Внутренняя цена	6,08					
	Условная прибыль	91,31	92,40	110,3	105,4	129,1	105,6
	Прибыль фирмы	318,08					
	Прибыль	45,79	46,34	55,33	52,88	64,76	52,98
Партия № 2	Заявленный объем работ	28,00	25,00	27,00	35,00	37,00	40,00
	Полученный объем работ	29,17	26,04	28,13	36,46	38,54	41,67
	Внутренняя цена	4,69					
	Условная прибыль	51,65	54,25	65,92	60,13	74,56	71,30
	Прибыль фирмы	340,32					
	Прибыль	46,52	48,87	59,38	54,16	67,16	64,23
Партия № 3	Заявленный объем работ	30,00	26,00	31,00	38,00	40,00	45,00
	Полученный объем работ	28,57	24,76	29,52	36,19	38,10	42,86
	Внутренняя цена	4,29					
	Условная прибыль	40,82	44,81	53,89	45,96	59,60	52,48
	Прибыль фирмы	340,41					
	Прибыль	46,70	51,26	61,65	52,58	68,19	60,04
Партия № 4	Заявленный объем работ	32,00	28,00	36,00	29,00	43,00	40,00
	Полученный объем работ	30,77	26,92	34,62	27,88	41,35	38,46
	Внутренняя цена	4,33					
	Условная прибыль	38,46	44,01	49,93	55,86	56,79	60,76
	Прибыль фирмы	340,42					
	Прибыль	42,82	48,99	55,58	62,18	63,22	67,63
Партия № 5	Заявленный объем работ	27,00	25,00	29,00	27,00	41,00	34,00
	Полученный объем работ	29,51	27,32	31,69	29,51	44,81	37,16
	Внутренняя цена	4,92					
	Условная прибыль	58,05	59,72	72,16	72,56	76,95	84,12
	Прибыль фирмы	339,96					
	Прибыль	46,59	47,93	57,92	58,24	61,77	67,52

Варианты заданий.

1. $C = 800$, $X = 200$, $r_1 = 5$, $r_2 = 5$, $r_3 = 6$, $r_4 = 6$, $r_5 = 7$, $r_6 = 7$.

$d = 10$, $D = 100$, $g_1 = 0{,}3$, $g_2 = 0{,}5$, $g_3 = 0{,}4$, $g_4 = 0{,}6$, $g_5 = 0{,}5$, $g_6 = 0{,}7$.

2. $C = 900$, $X = 250$, $r_1 = 3$, $r_2 = 5$, $r_3 = 6$, $r_4 = 4$, $r_5 = 7$, $r_6 = 7$.

$d = 10$, $D = 100$, $g_1 = 0{,}3$, $g_2 = 0{,}5$, $g_3 = 0{,}4$, $g_4 = 0{,}6$, $g_5 = 0{,}5$, $g_6 = 0{,}7$.

3. $C = 1000$, $X = 300$, $r_1 = 2$, $r_2 = 2$, $r_3 = 8$, $r_4 = 6$, $r_5 = 7$, $r_6 = 7$.

$d = 10$, $D = 100$, $g_1 = 0{,}3$, $g_2 = 0{,}5$, $g_3 = 0{,}4$, $g_4 = 0{,}6$, $g_5 = 0{,}5$, $g_6 = 0{,}7$.

4. $C = 700$, $X = 500$, $r_1 = 3$, $r_2 = 5$, $r_3 = 6$, $r_4 = 6$, $r_5 = 2$, $r_6 = 4$.

$d = 10$, $D = 100$, $g_1 = 0{,}3$, $g_2 = 0{,}5$, $g_3 = 0{,}4$, $g_4 = 0{,}6$, $g_5 = 0{,}5$, $g_6 = 0{,}7$.

5. $C = 300$, $X = 100$, $r_1 = 5$, $r_2 = 4$, $r_3 = 1$, $r_4 = 6$, $r_5 = 2$, $r_6 = 7$.

$d = 10$, $D = 100$, $g_1 = 0{,}3$, $g_2 = 0{,}5$, $g_3 = 0{,}4$, $g_4 = 0{,}6$, $g_5 = 0{,}5$, $g_6 = 0{,}7$.

6. $C = 500$, $X = 250$, $r_1 = 10$, $r_2 = 5$, $r_3 = 5$, $r_4 = 6$, $r_5 = 7$, $r_6 = 4$.

$d = 10$, $D = 100$, $g_1 = 0{,}3$, $g_2 = 0{,}5$, $g_3 = 0{,}4$, $g_4 = 0{,}6$, $g_5 = 0{,}5$, $g_6 = 0{,}7$.

7. $C = 400$, $X = 400$, $r_1 = 2$, $r_2 = 8$, $r_3 = 6$, $r_4 = 6$, $r_5 = 5$, $r_6 = 7$.

$d = 10$, $D = 100$, $g_1 = 0{,}3$, $g_2 = 0{,}5$, $g_3 = 0{,}4$, $g_4 = 0{,}6$, $g_5 = 0{,}5$, $g_6 = 0{,}7$.

8. $C = 900$, $X = 150$, $r_1 = 3$, $r_2 = 5$, $r_3 = 6$, $r_4 = 2$, $r_5 = 2$, $r_6 = 4$.

$d = 10$, $D = 100$, $g_1 = 0{,}3$, $g_2 = 0{,}5$, $g_3 = 0{,}4$, $g_4 = 0{,}6$, $g_5 = 0{,}5$, $g_6 = 0{,}7$.

9. $C = 700$, $X = 400$, $r_1 = 5$, $r_2 = 3$, $r_3 = 6$, $r_4 = 10$, $r_5 = 7$, $r_6 = 1$.

$d = 10$, $D = 100$, $g_1 = 0{,}3$, $g_2 = 0{,}5$, $g_3 = 0{,}4$, $g_4 = 0{,}6$, $g_5 = 0{,}5$, $g_6 = 0{,}7$.

10. $C=1000$, $X=250$, $r_1 = 3$, $r_2=5$, $r_3=4$, $r_4=4$, $r_5=2$, $r_6=7$.

$d=10$, $D=100$, $g_1 = 0,3$, $g_2=0{,}5$, $g_3=0{,}4$, $g_4=0{,}6$, $g_5=0{,}5$, $g_6=0{,}7$.

11. $C=900$, $X=300$, $r_1 = 10$, $r_2=2$, $r_3=8$, $r_4=6$, $r_5=7$, $r_6=5$.

$d=10$, $D=100$, $g_1 = 0,3$, $g_2=0{,}5$, $g_3=0{,}4$, $g_4=0{,}6$, $g_5=0{,}5$, $g_6=0{,}7$.

12. $C=500$, $X=500$, $r_1 = 3$, $r_2=5$, $r_3=6$, $r_4=8$, $r_5=2$, $r_6=4$.

$d=10$, $D=100$, $g_1 = 0,3$, $g_2=0{,}5$, $g_3=0{,}4$, $g_4=0{,}6$, $g_5=0{,}5$, $g_6=0{,}7$.

13. $C=300$, $X=200$, $r_1 = 2$, $r_2=4$, $r_3=1$, $r_4=3$, $r_5=2$, $r_6=7$.

$d=10$, $D=100$, $g_1 = 0,3$, $g_2=0{,}5$, $g_3=0{,}4$, $g_4=0{,}6$, $g_5=0{,}5$, $g_6=0{,}7$.

14. $C=1000$, $X=400$, $r_1 = 10$, $r_2=5$, $r_3=2$, $r_4=6$, $r_5=7$, $r_6=4$.

$d=10$, $D=100$, $g_1 = 0,3$, $g_2=0{,}5$, $g_3=0{,}4$, $g_4=0{,}6$, $g_5=0{,}5$, $g_6=0{,}7$.

15. $C=800$, $X=400$, $r_1 = 2$, $r_2=8$, $r_3=6$, $r_4=6$, $r_5=5$, $r_6=1$.

$d=10$, $D=100$, $g_1 = 0,3$, $g_2=0{,}5$, $g_3=0{,}4$, $g_4=0{,}6$, $g_5=0{,}5$, $g_6=0{,}7$.

16. $C=600$, $X=150$, $r_1 = 3$, $r_2=5$, $r_3=6$, $r_4=10$, $r_5=2$, $r_6=4$.

$d=10$, $D=100$, $g_1 = 0,3$, $g_2=0{,}5$, $g_3=0{,}4$, $g_4=0{,}6$, $g_5=0{,}5$, $g_6=0{,}7$.

17. $C=600$, $X=400$, $r_1 = 5$, $r_2=3$, $r_3=6$, $r_4=10$, $r_5=7$, $r_6=1$.

$d=10$, $D=100$, $g_1 = 0,3$, $g_2=0{,}5$, $g_3=0{,}4$, $g_4=0{,}6$, $g_5=0{,}5$, $g_6=0{,}7$.

18. $C=1000$, $X=500$, $r_1 = 3$, $r_2=5$, $r_3=4$, $r_4=4$, $r_5=2$, $r_6=7$.

$d=10$, $D=100$, $g_1 = 0,3$, $g_2=0{,}5$, $g_3=0{,}4$, $g_4=0{,}6$, $g_5=0{,}5$, $g_6=0{,}7$.

19. $C = 750$, $X = 300$, $r_1 = 10$, $r_2 = 2$, $r_3 = 8$, $r_4 = 6$, $r_5 = 7$, $r_6 = 5$.

$d = 10$, $D = 100$, $g_1 = 0{,}3$, $g_2 = 0{,}5$, $g_3 = 0{,}4$, $g_4 = 0{,}6$, $g_5 = 0{,}5$, $g_6 = 0{,}7$.

20. $C = 500$, $X = 150$, $r_1 = 3$, $r_2 = 5$, $r_3 = 6$, $r_4 = 8$, $r_5 = 2$, $r_6 = 4$.

$d = 10$, $D = 100$, $g_1 = 0{,}3$, $g_2 = 0{,}5$, $g_3 = 0{,}4$, $g_4 = 0{,}6$, $g_5 = 0{,}5$, $g_6 = 0{,}7$.

Исследование механизмов финансирования

Предположим фирма заключила контракт с внешним заказчиком на выполнение работ общей стоимостью C. В структуре фирмы существует n подразделений, каждое из которых может выполнять только свой вид работы.

Пусть $з_i$ – затраты на выполнение работ i – м подразделением фирмы таковы, что $\sum_{i=1}^{n} з_i < C$.

Необходимо определить c_i – объем финансирования выполнения работ для каждого подразделения.

Один из вариантов решения данной задачи– принцип равных рентабельностей. Рентабельность определяется как прибыль на 1 руб. затрат.

Максимальная рентабельность всего договора на уровне всей фирмы $r_{\max} = \dfrac{C - З}{З}$. Соответственно, рентабельность $i - го$ подразделения фирмы $r_i = \dfrac{c_i - з_i}{з_i}$. Если ставится задача обеспечить равную рентабельность во всех подразделениях фирмы, то для определения объемов финансирования каждого подразделения на основе принципа равных рентабельностей можно записать

$$\begin{cases} \dfrac{c_i - з_i}{з_i} = \dfrac{c_j - з_j}{з_j} \\ \sum\limits_{i=1}^{n} c_i = C \end{cases}. \qquad (1)$$

Решением данной задачи является

$$c_i = \frac{з_i}{\sum\limits_{j=1}^{n} з_j} C \qquad (2)$$

Так как руководству фирмы не известны точные значения $з_i$ при определении объемов финансирования, оно использует информацию (оценку своих затрат) от подразделений s_i.

Тогда

$$c_i = \frac{s_i}{\sum_{j=1}^{n} s_j} C \qquad (3)$$

Прибыль $i-го$ подразделения фирмы может быть записана как

$$П_i = c_i - з_i = \frac{s_i}{\sum_{j=1}^{n} s_j} C - з_i \qquad (4)$$

Для увеличения прибыли каждому подразделению выгодно завышать оценку s_i. Для устранения этой тенденции введем дополнительные отчисления от сверхплановой прибыли, которая равна $(s_i - з_i)$. В этом случае остаточную прибыль можно представить в виде:

$$П_i = \frac{s_i}{\sum_{j=1}^{n} s_j} C - з_i - a(s_i - з_i) \qquad (5)$$

где a – норматив дополнительных отчислений от сверхплановой прибыли.

Ситуация равновесия находится из условия $\frac{\partial П_i}{\partial s_i} = 0$. Таким образом, получаем, для равновесного состояния по Нэшу:

$$s_i^* = \frac{C}{a} \frac{n-1}{n^2} \qquad (6)$$

Задание. Применение принципа равных рентабельностей.

Проведите компьютерное игровое моделирование описанной выше управленческой задачи, исходя из того, что положение цели (целевая функция) $i-го$ исполнителя в *k–ой* партии определяется выражением:

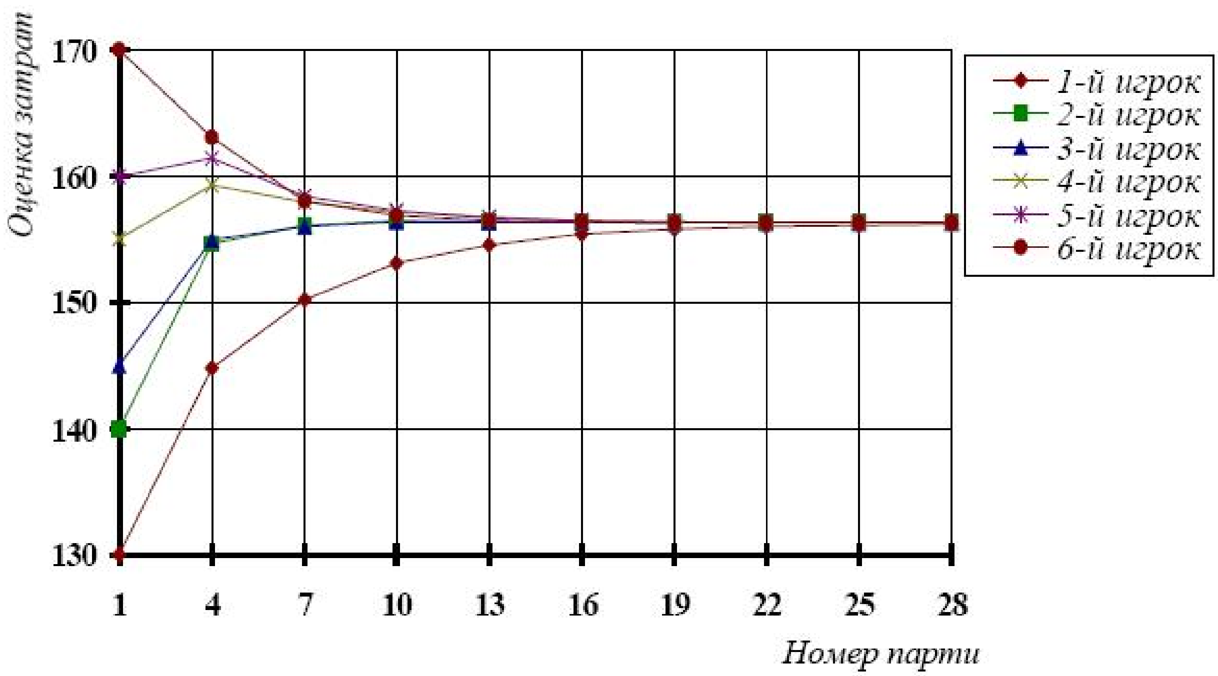
$$\tilde{s}_i^k = \sqrt{\frac{C}{a}\sum_{j \neq i}^{n} s_i^k} - \sum_{j \neq i}^{n} s_i^k \ . \qquad (7)$$

Если считать, что в каждой партии выбор s_i $i-м$ исполнителем определяет его движение в сторону его цели, то процедура, описывающая поведение исполнителя, может быть представлена в виде:

$$s_i^{k+1} = s_i^k + g_i(\tilde{s}_i^k - s_i^k), \qquad (8)$$

где s_i^{k+1} – выбор $i-го$ исполнителя в $k+1-й$ партии, g_i – определяет величину шага в сторону цели.

1. Определите стратегии поведения каждого подразделения. Убедитесь, что результат моделирования совпадает с аналитическим выражением равновесного состояния по Нэшу. Результатом моделирования должны являться следующие графические зависимости, например:



Варианты заданий.

Для всех вариантов $C = 900$, $n = 6$,

$з_1 = 100$, $з_2 = 110$, $з_3 = 120$, $з_4 = 130$, $з_5 = 140$, $з_6 = 150$.

$g_1 = 0{,}3$, $g_2 = 0{,}5$, $g_3 = 0{,}4$, $g_4 = 0{,}6$, $g_5 = 0{,}5$, $g_6 = 0{,}7$.

Значение норматива дополнительных отчислений от сверхплановой прибыли a :

№ вар.	a
1	0,9
2	0,8
3	0,7
4	0,4
5	0,95
6	0,6
7	0,85
8	0,75
9	0,3
10	0,88
11	0,77
12	0,35
13	0,99
14	0,65
15	0,66
16	0,91
17	0,82
18	0,45
19	0,68

20	0,5
21	0,55
22	0,44
23	0,35
24	0,87
25	0,58

Исследование механизмов материального стимулирования подразделений

Различные подходы к анализу механизмов стимулирования в подразделениях можно показать на примере исследования способов распределения премии внутри трудового коллектива подразделения.

Предположим, что все члены трудового коллектива подразделения выполняют производственное задание, делая при этом некоторые виды работ. По результатам своей деятельности коллектив получает некоторый премиальный фонд. Этот фонд может образовываться за счет экономии материальных и энергоресурсов, за счет сокращения брака выпускаемой продукции, за счет сокращения сроков выполнения работ и т.д.

Процедура распределения фонда премирования между членами трудового коллектива должна решать главную задачу - повышать эффективность работы коллектива. В частности, эта процедура должна стимулировать увеличение объема выпуска продукции, повышение качества продукции, сокращение издержек производства, сокращение сроков выполнения работ и т.д.

Основная идея, которая учитывается при рассмотрении систем стимулирования трудового коллектива, состоит в том, что каждый член коллектива стремится заработать как можно больше денег. При этом, если условия оплаты его полностью удовлетворяют, он работает более интенсивно (выполняет больший объем работ или делает работу более высокого качества и т.п.). Поэтому в основу процедур стимулирования коллектива положено распределение фонда премирования на основе коэффициентов трудового участия (КТУ).

Задачей руководителей трудового коллектива является выбор такой системы стимулирования, которая в наибольшей мере побуждает подчиненных работать с наибольшей интенсивностью (например, выполнять работу более высокого уровня качества).

Процедура же определения КТУ может быть различной, именно:

- формирование КТУ пропорционально тарифным разрядам (квалификации) членов трудового коллектива;

- формирование КТУ пропорционально трудовому вкладу каждого работника;

При формировании КТУ пропорционально тарифным разрядам имеется в виду следующее. Считается, что тарифный разряд характеризует деятельность каждого работника. При этом полагается, что, чем больше тарифный разряд, тем выше квалификация работника. Поэтому, тарифный разряд, отражая эффективность работы каждого члена трудового коллектива, может быть использован для оценки его деятельности.

При формировании КТУ пропорционально трудовому вкладу учитывается вклад каждого работника в зависимости от индивидуальной производительности труда и качества работы в общую работу всего трудового коллектива.

Итак, в трудовом коллективе руководство имеет свои цели и формирует условия функционирования, чтобы достичь этих целей. Соответственно, члены трудового коллектива тоже имеют свои цели и, выбирая соответствующую стратегию, стремятся их достигнуть.

Предполагается, что по результатам своей деятельности коллектив получает премиальный фонд, который распределяется между элементами в зависимости от выбранной процедуры стимулирования. Фонд остается неизменным на протяжении нескольких периодов функционирования. Фонд премирования в коллективе распределяется полностью.

Будем считать, что r_i, $i=1,...,n$ - показатель, который характеризует квалификацию *i-го* элемента (соответственно, отражает установленный тарифный разряд *i-го* элемента). Чем больше значение r_i, тем выше квалификация *i-го* элемента. Обозначим через x_i показатель эффективности выполняемой работы *i-го* элемента (это может быть объем выпускаемой продукции, показатель качества выпускаемой продукции, снижение издержек производства, сокращение сроков выполнения работ и т.д.).

Полученный фонд Φ распределяется между элементами на основе коэффициента трудового участия (КТУ). Пусть d_i - КТУ *i-го* элемента, причем $d_i > 0$. Так как фонд Φ распределяется полностью, то очевидно выполняется условие $\sum_{j=1}^{n} d_j = 1$. Таким образом, премия *i-го* элемента определяется выражением $\Pi_i = d_i \Phi$.

Отметим, что каждый элемент оценивает результат своей деятельности не по размеру полученной премии, а путем сравнения этой премии с возможным упущенным заработком. Здесь возможный упущенный заработок - это та сумма денег, которую мог бы

получить элемент, если бы он направил свои усилия не на повышение эффективности работы, а на получение заработка (например,на другом месте работы).

Физические, умственные, эмоциональные, временные и т.д. затраты z_i, которые расходует *i-й* элемент, зависят от показателя эффективности x_i и показателя квалификации r_i, $z_i = z_i(x_i, r_i)$.. Рассмотрим линейную зависимость затрат *i-го* элемента от его показателя эффективности, то есть $z_i = \frac{x_i}{r_i}$. Здесь также предполагается, что чем выше квалификация элемента, тем меньше затрат от него требуется на повышение показателя эффективности.

Возможный упущенный заработок y_i может быть определен следующим образом. Если бы затраты z_i были направлены не на достижение показателя x_i, а на выполнение некоторой работы A_i, то можно было бы считать, что объем этой работы пропорционален

затратам, то есть

$$A_i = \frac{p_i x_i}{r_i} \qquad (1)$$

где p_i - коэффициент пропорциональности. Если через c_i обозначить стоимость единицы работы A_i, то возможный упущенный заработок можно представить в виде

$$y_i = \frac{c_i p_i x_i}{r_i}. \qquad (2)$$

Обозначив величину $\frac{c_i p_i}{r_i}$ через k_i, получаем $y_i = k_i x_i$. В дальнейшем, случай $k_1 = k_2 = ... = k_n = k$ будем считать относящимся к однородному коллективу. Соответственно, случай $k_i \neq k_j, i \neq j$ соответствует неоднородному коллективу.

При исследовании модели стимулирования коллектива подразделения предполагается, что каждый элемент стремится увеличить значение своей целевой функции. Значение суммарного показателя эффективности $\sum_j^n x_j^*$, в ситуации равновесия по Нэшу, характеризует эффективность всей процедуры распределения фонда *Ф*.

Механизм распределения премии в однородном коллективе

Для однородного коллектива целевая функция ***i****-го* элемента записывается в виде

$$j_i = d_i Ф - k x_i. \qquad (3)$$

Достаточно распространенная из-за своей простоты процедура определения d_i основывается только на учете показателя квалификации ***i****-го* элемента. То есть

$$d_i = \frac{r_i}{\sum_{j=1}^{n} r_j}. \qquad (4)$$

Но в однородном коллективе $r_1 = r_2 = ... = r_n$, поэтому

$$d_i = \frac{1}{n}. \qquad (5)$$

Соответственно,

$$j_i = \frac{1}{n}\Phi - kx_i. \qquad (6)$$

В основе этой процедуры лежит следующее рассуждение. Показатель r_i характеризует квалификацию *i-го* элемента. Чем выше квалификация элемента, тем больший объем работ он выполняет, или выполняет работу за более короткое время или на более высоком уровне качества. Однако в силу того, что такой способ формирования КТУ не учитывает реальный вклад каждого элемента в результаты деятельности всего коллектива, из (6) сразу следует, что рассматриваемая процедура формирования КТУ не побуждает элементы системы повышать эффективность работы.

Естественный и простейший способ определения КТУ и соответственно, вклада *i-го* элемента в результаты деятельности всего коллектива - пропорционально показателю эффективности x_i. В этом случае

$$d_i = \frac{x_i}{\sum_{j=1}^{n} x_j} \qquad (7)$$

и

$$j_i = \frac{x_i}{\sum_{j=1}^{n} x_j}\Phi - kx_i \qquad (8)$$

Отсюда следует, что целевая функция каждого элемента зависит как от показателя эффективности, которого он смог достичь, так и от показателей эффективности, которые были достигнуты остальными элементами системы. Таким образом, исследуемую ситуацию можно рассматривать как игру n лиц с функциями выигрыша вида (8). Эффективность функционирования системы оценивается по суммарному показателю эффективности в ситуации равновесия по Нэшу [13]. Для нахождения значений показателей эффективности x_i^* в ситуации равновесия по Нэшу необходимо решить систему уравнений

$$\frac{\partial j_i}{\partial x_i} = 0, \; i=1,...,n. \tag{9}$$

Отсюда

$$x_i^* = \frac{\Phi(n-1)}{kn^2}, \tag{10}$$

что означает, что в ситуации равновесия все элементы достигают одинаковых показателей эффективности, и соответственно,

$$\sum_{j=1}^{n} x_j^* = nx^* = \frac{\Phi(n-1)}{kn} \tag{11}$$

Значение целевой функции ***i**-го* элемента определяется выражением

$$j_i = \frac{\Phi}{n^2}. \tag{12}$$

Из (10) видно, что чем больше премиальный фонд, тем больше показатель эффективности ***i**-го* элемента.

Но вполне естественно считать, что начиная с некоторого значения Φ, рост показателя эффективности ***i**-го* элемента прекратится, так как вполне естественно предположить, что каждый элемент ограничен своими физическими возможностями. В дальнейшем будем считать, что максимальный показатель эффективности, которого может достигнуть элемент, для всей системы одинаков и обозначается через $x^{\max}$, то есть $x_i^* \le x^{\max}$.

Рассматривается случай

$$\frac{\Phi}{n} - kx^{\max} \ge 0. \tag{13}$$

Минимальный размер премиального фонда $\Phi_{\min}$, который будет стимулировать все элементы максимально повышать показатели эффективности работ.

Для однородного коллектива $\Phi_{\min}$ находится из условия $x_i^* = x^{\max}$, откуда

$$\Phi_{\min} = \frac{n^2 k x^{\max}}{(n-1)} . \qquad (14)$$

Дальнейшее увеличение размера премиального фонда не дает никакого эффекта, поскольку элементы не могут работать выше своих возможностей.

Задание 1. Имитационное моделирование механизма стимулирования однородного коллектива

Проведите компьютерное игровое моделирование описанного выше механизма распределения премии в однородном коллективе, исходя из того, что положение цели (целевая функция) $i-го$ исполнителя в k–*ой* партии определяется выражением:

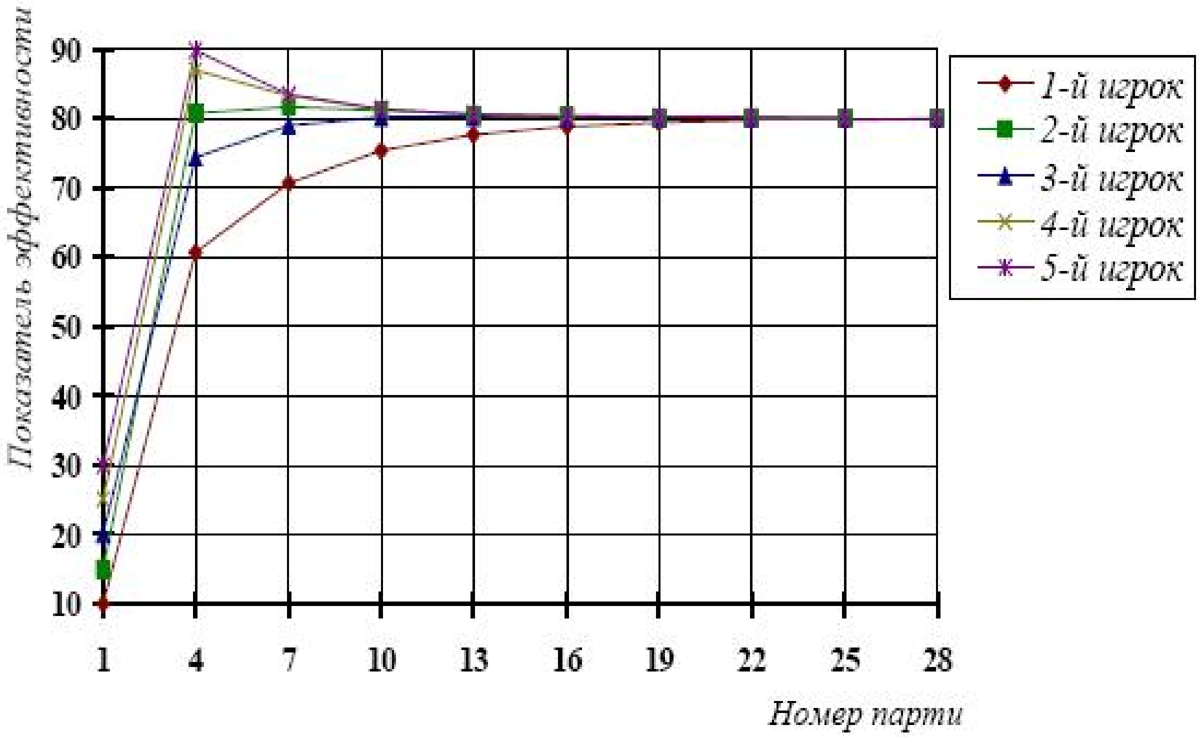
$$\tilde{x}_i^k = \sqrt{\frac{\Phi}{k}\sum_{j\neq i}^{n} x_i^k} - \sum_{j\neq i}^{n} x_i^k . \qquad (15)$$

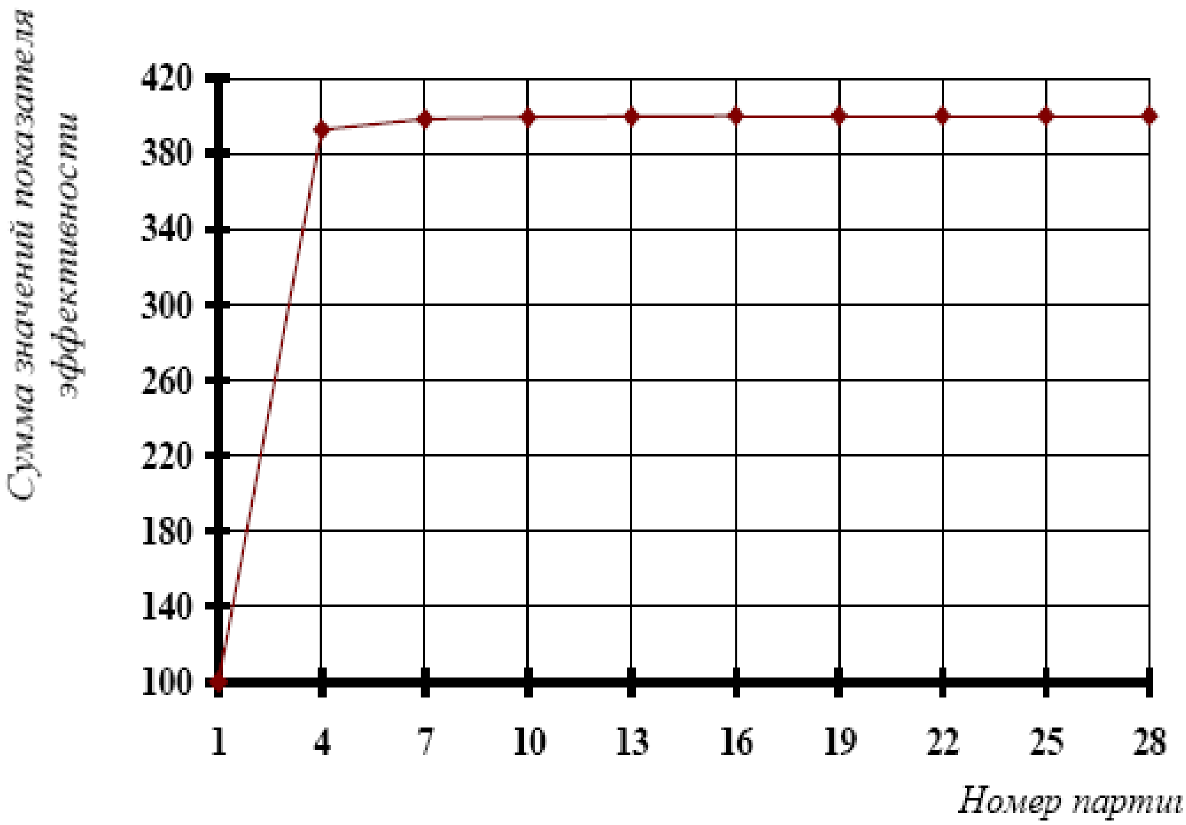
Если считать, что в каждой партии выбор x_i $i-м$ исполнителем определяет его движение в сторону его цели, то процедура, описывающая поведение исполнителя, может быть представлена в виде:

$$x_i^{k+1} = x_i^k + g_i(\tilde{x}_i^k - x_i^k) , \qquad (16)$$

где x_i^{k+1} – выбор $i-го$ исполнителя в $k+1-й$ партии, g_i – определяет величину шага в сторону цели.

Определите динамику изменения показателей эффективности исполнителей, а также суммарного показателя эффективности, при описанном выше внутрифирменном механизме распределения премиального фонда в однородном коллективе. Убедитесь, что результат моделирования совпадает с аналитическим выражением равновесного состояния по Нэшу. Результатом моделирования должны являться следующие графические зависимости, например:


Показатель эффективности
90
80
70
60
50
40
30
20
10
1
4
7
10
13
16
19
22
25
28
Номер парти
1-й игрок
2-й игрок
3-й игрок
4-й игрок
5-й игрок


Сумма значений показателя эффективности
420
380
340
300
260
220
180
140
100
1
4
7
10
13
16
19
22
25
28
Номер партии

Механизм распределения премии в неоднородном коллективе

Для неоднородного коллектива целевая функция *i-го* элемента записывается в виде

$$j_i = d_i \Phi - k x_i . \qquad (17)$$

Пусть d_i *i-го* элемента формируется в соответствии с (7). При этом целевая функция *i-го* элемента имеет вид

$$j_i = \frac{x_i}{\sum_{j=1}^{n} x_j} \Phi - k_i x_i \qquad (18)$$

В каждом периоде функционирования элементы стремятся достичь таких показателей эффективности работы, чтобы увеличить значение своей целевой функции. Нетрудно показать, что для функции вида (18) существует ситуация равновесия по Нэшу.

Решая систему уравнений

$$\frac{\partial j_i}{\partial x_i} = 0, \; i=1,\dots,n. \qquad (19)$$

получаем

$$\sum_{j=1}^{n} x_i^* = \frac{\Phi(n-1)}{\sum_{j=1}^{n} k_j}. \qquad (20)$$

Отсюда показатель эффективности *i-го* элемента определяется выражением

$$x_i^* = \frac{\sum_{j=1}^{n} k_j - k_i(n-1)}{(\sum_{j=1}^{n} k_j)^2} \Phi(n-1), \quad i=1,\dots,n \qquad (21)$$

Задание 2 Имитационное моделирование механизма стимулирования неоднородного коллектива

Проведите компьютерное игровое моделирование описанного выше механизма распределения премии в однородном коллективе, исходя из того, что положение цели (целевая функция) $i-го$ исполнителя в k–*ой* партии определяется выражением:

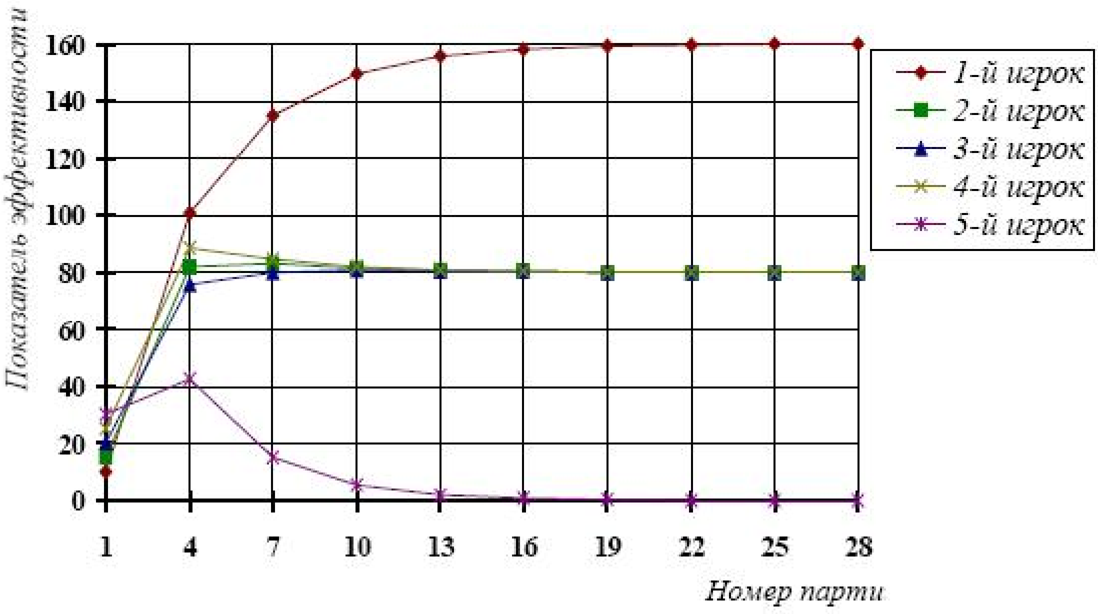
$$\tilde{x}_i^k = \sqrt{\frac{\Phi}{k_i}\sum_{j\neq i}^{n} x_i^k} - \sum_{j\neq i}^{n} x_i^k . \qquad (15)$$

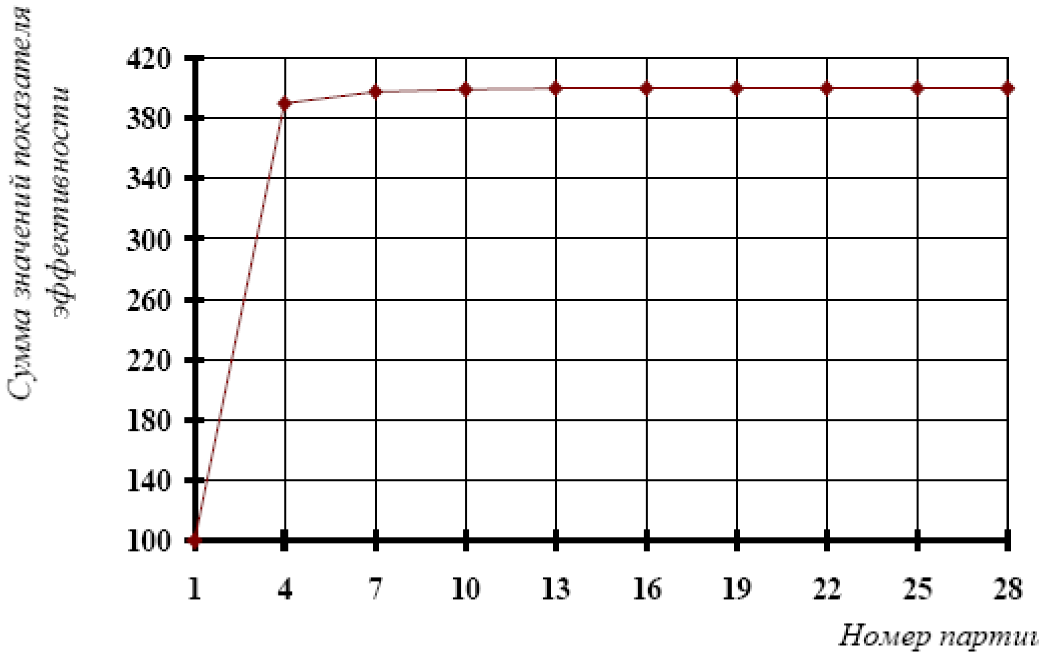
Если считать, что в каждой партии выбор x_i $i-м$ исполнителем определяет его движение в сторону его цели, то процедура, описывающая поведение исполнителя, может быть представлена в виде:

$$x_i^{k+1} = x_i^k + g_i(\tilde{x}_i^k - x_i^k), \qquad (16)$$

где x_i^{k+1} – выбор $i-го$ исполнителя в $k+1-й$ партии, g_i – определяет величину шага в сторону цели.

Определите динамику изменения показателей эффективности исполнителей, а также суммарного показателя эффективности, при описанном выше внутрифирменном механизме распределения премиального фонда в неоднородном коллективе. Убедитесь, что результат моделирования совпадает с аналитическим выражением равновесного состояния по Нэшу. Результатом моделирования должны являться следующие графические зависимости, например:





Варианты заданий.

Вариант задания N соответствует порядковому номеру студента в списке группы.

Для первого и второго задания размер фонда премирования Φ рассчитать по формуле $\Phi = 1000 \cdot N$. Количество исполнителей для всех вариантов $n = 5$.

В задании 1 величина параметра k равна номеру варианта N.

В задании 2 величины k_i выберете произвольно, при условии $\sum_{i=1}^{5} k_i = 5k$.

Заключение

Рассмотренные подходы к построению и оценке эффективности экономических механизмов базируется на использовании так называемых оценочных (упрощенных моделей) объектов хозяйственной деятельности. В его основе лежит гипотеза о том, что эффективность действия экономических механизмов лишь в незначительной степени зависит от сложности описания ситуации. Другими словами, механизм малоэффективный (то есть стимулирующий искажение информации или нарушение установленных ограничений) в простой модельной ситуации, вряд ли будет более эффективным при использовании более полного описания ситуации. Таким образом, имея детально разработанный экономический механизм, при его исследовании можно ограничиться простыми моделями хозяйственных объектов. Исследование устойчивости объектов хозяйственной деятельности с учетом всей системы экономических связей требует использования более адекватных, а значит и более сложных моделей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Rohn Y. Fuhrungsentscheidungen in Unternehmensplanspiel. Essen, 1964.
2. Морозов А. Аварийные игры. "Техпропаганда", 1933, N 7.
3. Островский Я.С. Аварийные игры на Шатуре. "Техпропаганда",1933, N 7.
4. Riceiardi F.M. et al. Top Management Decision Simulation: the AMA Approach, American Management Association, Ney York, 1957.
5. Емельянов С.В., Бурков В.Н., Ивановский А.Г., Немцева А.Н., Ситников В.И., Соколов В.И., Щепкин А.В. Метод деловых игр. Международный центр научно-технической информации, М. 1976.
6. Чепрунова О.Ю. Щепкин А.В. Разработка экспериментов с моделями организационных систем. Автоматика и телемеханика, 1988, N 8.
7. Курс экономической теории. Под редакцией Чепурина М.М., Киселевой Е.А. Изд. "АСА", Киров, 1995.
8. Опойцев В.И. Равновесие и устойчивость в моделях коллективного поведения. М., Наука, 1977.
9. Бурков В.Н., Джавахадзе Г.С. Экономико-математические модели управления производством строительных материалов, Препринт, М., ИПУ РАН, 1996.
10. Бурков В.Н. Основы математической теории активных систем.–М.: Наука, 1977.
11. Бурков В.Н., Кондратьев В.В. Механизмы функционирования организационных систем.–М.: Наука, 1981.
12. Бурков В.Н., Данев Б., Еналеев А.К., Нанева Т.Б., Подвальный Л.Д., Юсупов Б.С. Конкурсные механизмы в задачах распределения ограниченных ресурсов. А и Т. 1988. N 11, с.142 -153.
13. Бурков В.Н., Данев Б., Еналеев А.К., Кондратьев В.В., Нанева Т.Б., Щепкин А.В. Большие системы: моделирование организационных механизмов. М.: Наука, 1989.