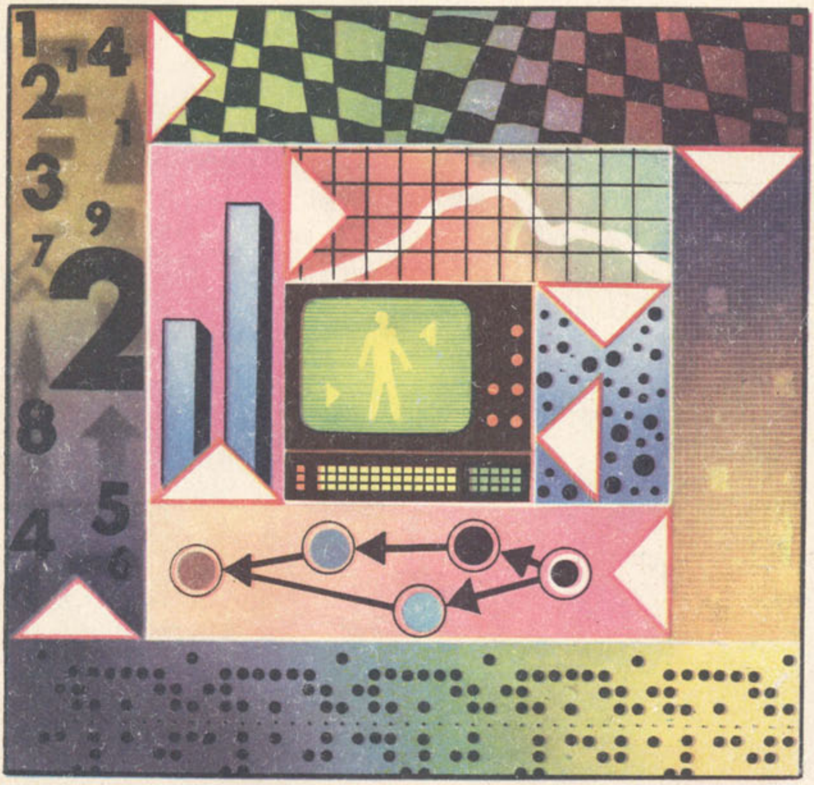
МИР ЗНАНИЙ

В. Н. БУРКОВ

Человек. Управление. Математика



МИР ЗНАНИЙ

В. Н. БУРКОВ

Человек
Управление
Математика

Книга для внеклассного чтения
учащихся 9—11 классов
средней школы

МОСКВА «ПРОСВЕЩЕНИЕ» 1989

ББК 65.050.9(2)
Б91

Рецензенты:
доктор экономических наук **К. И. Таксир**;
кандидат экономических наук **Н. А. Козлова**;
учитель математики школы № 159 Ленинграда
А. И. Ржавинский

Бурков В. Н.
Б91 Человек. Управление. Математика: Кн. для внеклас. чтения учащихся 9—11 кл. сред. шк. — М.: Просвещение, 1989. — 160 с.: ил. — (Мир знаний). ISBN 5-09-001291-1.

Эта книга научит старшеклассников строить механизмы управления, проверять их с друзьями в деловых играх и тем самым овладевать управленческой грамотностью, так необходимой в эпоху самоуправления, демократизации и перестройки.

Б $\frac{4306020000-593}{103(03)-89}$ 173—89 **ББК 65.050.9(2)**

ISBN 5-09-001291-1

Предисловие

Перед вами не совсем обычная книга. В ней речь пойдет не о применении математики к управлению космическим кораблем, самолетом, технологическим процессом или любым другим техническим объектом. Роль математики в этой области не вызывает сомнений. А вот может ли математика помочь в вашей работе комсоргом, в организации школьного вечера, выпуска стенной газеты, наконец, в совершенствовании управления экономикой, обществом? В предлагаемой книге рассматриваются вопросы, связанные с математикой и управлением коллективом людей. В трудностях управления человеком (коллективом людей) не нужно убеждать.

Во все времена искусство и опыт управления людьми (мудрость политического деятеля, гений полководца, искусство дипломата, талант воспитателя) были одними из самых почитаемых и уважаемых видов деятельности. Однако искусство и опыт управления — это еще не теория управления. Только в последнее время наука вплотную подошла к управлению организациями — объектами, включающими людей в качестве активных элементов системы. Чем же отличается задача управления организацией (коллективом людей) от задачи управления любой технической системой? Вопрос поставлен не совсем корректно, поскольку человек (а тем более коллектив людей) существенно отличается от любой самой сложной технической системы. Однако если попытаться учесть все эти отличия, то вряд ли удастся получить какие-либо конструктивные результаты из-за большой сложности возникающих задач. Проблема состоит в том, чтобы выделить небольшое число основных свойств, во многом определяющих поведение человека если не вообще в жизни, то по крайней мере в его производственной деятельности, где действуют достаточно четкие измерители, такие, как затраты труда, материальное поощрение и др.

Человеку присуще активное целенаправленное поведение. Он способен предвидеть (прогнозировать) будущие последствия принимаемых сегодня решений и с учетом этого определять (в рамках имеющихся возможностей) свои действия для достижения определенных целей. Практика хозяйствования дает нам много примеров проявления эффекта активности человека в экономике. Так, соревнование за повышение качества и количества продукции, снижение ее себестоимости является мощным двигателем интенсификации производства.

Активность может быть и отрицательной. Так, существующий хозяйственный механизм зачастую толкает на завышение заявок на ресурсы и необходимые финансы, завышение себестоимости новой продукции, сокращение заданий по отдельным (невыгодным для предприятия) видам продукции, занижение производственных возможностей предприятия при составлении планов, завышение сроков выполнения научно-исследовательских работ и затрат на их выполнение и т. д. Учет и формализация отмеченных выше свойств активности человека в системе управления привели к понятиям «активный элемент» и «активная система» (система, в которой объектами управления являются активные элементы).

Исследования по теории активных систем были начаты в нашей стране в конце 60-х годов. Эта теория, несмотря на небольшой срок ее существования, уже сейчас является эффективным инструментом исследования механизмов управления в народном хозяйстве и разработки рекомендаций по их совершенствованию. Построение эффективной системы стимулирования и премирования, процедур планирования, принципов организации соревнования — все это задачи теории активных систем.

Актуальность этих задач особенно велика сегодня, когда перед нашей страной стоит задача совершенствования хозяйственного механизма на базе ускорения научно-технического прогресса и всеобщей компьютерной грамотности. И в какой бы отрасли народного хозяйства вам не пришлось работать, везде надо быть активным участником решения этих задач. Поэтому необходимо иметь и управленческую грамотность. Действительно, иметь компьютерную грамотность без грамотности управленческой — это все равно, что умея управлять мощным современным трактором, вспахивать приусадебный участок.

В книге в популярной форме рассматривается ряд задач управления активными системами. Вам предлагается побыть в роли руководителя организации (директора института или завода, заведующего лабораторией, начальника объединения и т. д.), который должен разработать эффективную систему управления. Безусловно, наши «организации» будут довольно простыми, чтобы сложность математических выкладок не затруднила понимания существа возникающих проблем. Для чтения книги достаточно знания математики в объеме школьной программы.

В основу книги положены беседы автора с дочерью и ее школьными друзьями. Выражаю благодарность неунывающему Кириллу Корнилову, обаятельной Оле Бутиной, добродушному Алексею Кузьмину, надежному Алексею Колесову, остроумному Армену Горобцу и Денису Надеждину — первым слушателям и активным участникам деловой игры.

Глава I

ЧЕЛОВЕК В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ

§ 1. ЧТО ТАКОЕ ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ МЕХАНИЗМ?

Механизмы бывают разные: часовой, автомобильный, механизм самолета, поезда, космической ракеты. Так, часовой механизм — это определенным образом соединенная система колесиков, пружин, стрелок, позволяющая часам выполнять свои функции (показывать время). Автомобильный механизм также определенным образом соединенная система, состоящая из колес, двигателя, руля, сцепления и т. д., позволяющая автомобилю двигаться в определенном направлении с нужной скоростью. Это механизмы технические.

Что же такое организационный механизм? Сначала выясним, что такое организация, или организационная система. Организация — объединение людей, совместно реализующих некоторую программу или цель и действующих на основе определенных процедур и правил. Завод, школа, класс, комсомольская и пионерская организации, институт, армия, семья и т. д. — все это организационные системы. Общность целей, определенная структура построения и наличие руководящего органа — существенные черты организационной системы. Так, толпа организацией не является, очередь в магазине тоже не организация. Любая организация вырабатывает правила взаимодействия ее членов, позволяющие достигать поставленных целей с той или иной эффективностью (ряд таких правил могут устанавливаться вышестоящей организацией). Эти правила существуют в виде специально оформленных и утвержденных положений, приказов, договоров, стандартов, регламентирующих деятельность людей в организации, а также в виде неформальных соглашений и договоренностей. Совокупность всех этих правил, определяющих функционирование организации, и называется организационным механизмом или механизмом функционирования организации.

При изменении организационного механизма естественно меняется и эффективность функционирования организации.

Как же постичь секреты эффективного организационного механизма? Основной путь познания — это изучение организационной работы, опыта выдающихся организаторов. Работа комсоргом, редактором стенной газеты или просто участие в организации школьного вечера — это приобретение практических навыков организационной работы, которые очень высоко ценятся в любом деле. Однако практика и изучение опыта организационного руководства — это надежный, но весьма медленный путь повышения организационного мастерства. Громадным ускорителем повышения эффективности любой деятельности является теория как обобщение сконцентрированного опыта, осмысленного с помощью научного метода. Например, законы механики — это всего несколько формул, а какой необъятный мир фактов, опытов, явлений они охватывают. Или законы Ома, позволяющие определять токи и напряжения различных участков сложных электрических цепей.

Труднее обстоит дело в области управления организациями, управления людьми. Человек настолько сложный «механизм» (а еще сложнее коллектив людей), что теория организационного управления делает только первые шаги в образовании этого сплава практического опыта, характеристик его закономерностей и выводов, правил. Однако уже то, что достигнуто, позволяет сократить нам «опыты быстротекущей жизни».

Наука управления стремится применить логику, математические методы и вычислительную технику для исследования организаций и построения эффективных организационных механизмов. И первый шаг в этом направлении — это создание математического языка, позволяющего описывать организации.

Для описания организации, как и любой системы, необходимо в первую очередь определить ее основные характеристики, выделить составные элементы и связи между ними. Эта часть описания называется структурой организации. Мы будем рассматривать достаточно простые структуры. Такими являются организационные системы из двух элементов: «руководитель и сотрудник», «министерство и предприятие», «производитель и потребитель продукции», «учитель и ученик» и т. д.

Возьмем, например, организационную систему «министерство и предприятие». Предприятие производит продукцию, и количество продукции, выпущенной за рассматриваемый период времени, является первой существенной характеристикой структуры. В качестве второй характеристики возьмем затраты труда, сырья, энергии на выпуск продукции, выраженные в деньгах. Обозначим количество продукции через y, а затраты через z. Пара (y, z) называется состоянием организации. Очевидно, что существует определенная функциональная зависимость минимальной величины затрат от количества выпускаемой продукции. Обозначим эту зависимость через $\varphi(y)$. Функция $\varphi(y)$ называется функцией производственных издержек. Поскольку с увеличением выпуска растут и затраты, то функция производственных издержек является возрастающей функцией. Реальные затраты z, конечно, могут быть выше минимальных по причине недостаточной организации производства или недостаточной заинтересованности работников предприятия в максимальном повышении эффективности производства, в использовании всех резервов. Поэтому возможным состоянием предприятия может быть любая пара (y, z), такая, что $z \geqslant \varphi(y)$. Множество Y возможных состояний предприятия изображено на рисунке 1, *а*.

Итак, мы описали первый элемент нашей простейшей организации — предприятие. Перейдем к описанию второго элемента — министерства. Министерство само ничего не выпускает, а является органом управления предприятием. Значит, нужны управляющие параметры, так сказать, рычаги, с помощью которых министерство может влиять на выбор предприятием своего состояния. В плановой системе таким рычагом является план. Будем считать, что министерство планирует предприятию только объем выпуска, и обозначим план по выпуску через x. Описание структуры организации «министерство — предприятие» заверше-

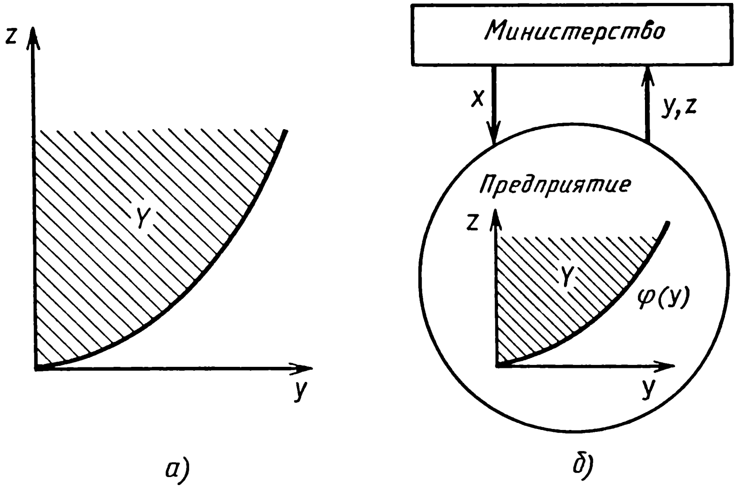


Рис. 1

но (рис. 1, *б*). Она определяется заданием структурных элементов (их два — министерство и предприятие), описанием параметров, определяющих состояние организации (это выпуск продукции y и затраты z), и указанием планируемых показателей (план по выпуску x). Безусловно, описание структуры реальной организации «министерство — предприятие» выглядит гораздо сложнее.

Для организации другого типа описание структуры не всегда удается получить в таком строгом и полном виде. Попробуйте, например, описать структуру такой организации, как ваш класс. Вы сравнительно легко выделите элементы структуры: классный руководитель, ученики класса, бюро комсомольской организации, редколлегия, ответственные за шефскую работу и за спортивную работу и т. д. Подумав, вы определите ряд существенно важных характеристик, по которым можно судить об эффективности вашей организации — класса. Это, конечно, успеваемость, дисциплина, общественная работа, состояние здоровья и т. д. Определенные трудности возникнут при определении количественных оценок этих показателей. Но и с этим справиться можно. Так, например, договоримся, что успеваемость оценивается по среднему баллу, дисциплина — по среднему числу опозданий, общественная работа — по выполнению всех намеченных общим собранием дел, здоровье — по среднему числу пропущенных занятий по болезни с учетом спортивных успехов класса и т. п. Это сделать не просто, но во всяком случае четкое понимание целей, стоящих перед классом как организацией, позволяет определить ряд количественных измерителей состояния класса, позволяющих сделать вывод об эффективности его работы. Вам, конечно, не раз приходилось слышать такие оценки класса: дружный, отличный, удовлетворительный, трудный.

Самым сложным оказывается описать взаимосвязь показателей, определяющих возможные пути улучшения работы класса, резервы такого улучшения. Здесь речь идет о внутренних резервах организма школьника, об оптимальном сочетании учебных, общественных и физических нагрузок, т. е. об области, в которой еще нет таких количественных описаний, какие имеются для экономических систем.

Получив описание структуры организации (в той степени полноты, которой удается достичь), можно переходить к описанию организационного механизма. Как вы помните, организационный механизм — это совокупность процедур, обеспечивающих функционирование, или, другими словами, жизнь организации. Главным действующим лицом, безусловно, является центральный управляющий орган организации, или, как мы его назовем, Центр. Он принимает правила функционирования, контролирует их выполнение, устанавливает плановые задания, оценивает деятельность элементов организации, определяет факторы стимулирования (премия, благодарность в приказе, присвоение почетного звания, наконец, правительственная награда).

Вернемся к нашему примеру организации «министерство — предприятие» и попробуем описать возможный механизм ее функционирования. Во-первых, Центр (министерство) должен установить предприятию план. Для того чтобы этот план был реально выполнимым и достаточно высоким, Центр должен знать возможности предприятия в соответствии с принятой нами терминологией, знать множество возможных его состояний. Здесь мы сталкиваемся с существенной особенностью: как правило, Центр хуже знает возможности элементов системы, чем сами элементы. В нашем примере министр хуже знает реальные возможности предприятия, чем директор предприятия. Это и естественно: министр отвечает за всю отрасль, т. е. за сотни предприятий, а директор только за одно. Аналогично директор школы хуже знает дела и возможности учеников класса, чем его классный руководитель, а последний не так хорошо знает ваши дела и возможности, как вы сами (если, конечно, вы уже задумывались о том, что можете, в чем ваша сила, в чем слабость). Ясно одно: для эффективного руководства Центр должен получить информацию от элементов об их возможностях. Таким образом, способ получения данных является одной из составных частей организационного механизма. В нашем примере министерство должно получить информацию о размерах (величине) производственных издержек предприятия, т. е. о функции $\varphi(y)$. Поскольку нас не интересует, какую продукцию конкретно выпускает предприятие, то мы возьмем функцию $\varphi(y)$ в довольно простом виде — в виде параболы

$$\varphi(y)=\frac{1}{2r}y^2,$$

где коэффициент r характеризует эффективность предприятия (чем больше r, тем с меньшими затратами возможен выпуск данного объема продукции). Почему именно парабола, а, скажем, не линейная функция, станет ясно позже. Будем считать, что предприятие точно знает, в каком виде записывается функция $\varphi(y)$, а министерство знает только, что это парабола и что коэффициент r лежит в определенных границах:

$$d\leqslant r\leqslant D.$$

Простейший способ получить информацию — это спросить. Такой способ получения данных называется встречным, поскольку информация поступает снизу вверх (от предприятия к министерству), а планы поступают сверху вниз (от министерства к предприятию). Итак, примем, что министерство обязывает предприятия сообщать информацию о величине коэффициента r. Что сообщит предприятие? Можно ли утверждать, что предприятие представит точную информацию о величине коэффициента r? Жизнь показывает, что в условиях существующего хозяйственного механизма предприятию не всегда выгодно полностью раскрывать все резервы производства, т. е. сообщать минимальную величину затрат на производство продукции. О причинах такого явления и способах его устранения мы поговорим позже, а сейчас отметим, что сообщаемая в министерство оценка s эффективности, вообще говоря, не равна истинной, т. е. $s \neq r$. Здесь мы сталкиваемся с так называемым свойством активности элементов организации, суть которого в их способности искажать информацию, сообщаемую Центру и другим элементам системы. Причем речь идет о сознательном искажении информации, а не о случайной помехе в канале передачи, как это бывает в технических системах.

Упражнение 1. Приведите примеры искажения информации в вашей практике. В чем причина этого?

Отметим, что проблема построения организационных механизмов, исключающих сознательное искажение информации элементами организации, — одна из центральных проблем теории управления организациями. Пути ее решения мы рассмотрим несколько позже, а сейчас продолжим описание механизма. Итак, Центр имеет информацию о предприятии и может установить ему план. Процедура установления плана предприятию является другой составляющей механизма. Она так и называется — процедура планирования. Математически ее можно определить как зависимость плана x от информации s, т. е. $x = \pi(s)$. Теперь дело за предприятием. Выполнит оно план или нет? Это зависит от активности элементов организации, их способности работать с разной эффективностью, которая в свою очередь определяется заинтересованностью: можно работать без полной отдачи или делать не то, что нужно, а можно добиваться рекордных результатов.

Итак, поведение элемента в организации определяется его интересами, а если речь идет об экономических системах, то это в первую очередь интересы экономические. Так, предприятие, выпуская продукцию, получает прибыль, которая определяется как разность объема реализации продукции (это количество продукции в денежном выражении) и затрат. Если обозначить цену продукции через λ, то объем реализации равен λy, а прибыль

$$\Pi = \lambda y - z.$$

Будем считать прибыль главной составляющей экономического интереса предприятия. Естественно, желая увеличить прибыль, предприятие будет выпускать продукцию с минимальными затратами $z = \frac{1}{2r} y^2$, и поэтому

$$\Pi = \lambda y - \frac{1}{2r} y^2. \tag{1.1.1}$$

Теперь можно решить простую задачу: какой выпуск продукции обеспечит максимальную прибыль предприятию? Для этого преобразуем выражение (1.1.1) следующим образом:

$$\Pi = \lambda y - \frac{1}{2r} y^2 = \frac{1}{2} \lambda^2 r - \frac{1}{2r}(y - \lambda r)^2.$$

Легко заметить, что прибыль будет максимальной, если $y_0 = \lambda r$.

Этот результат можно получить и с помощью производной:

$$\Pi'(y) = \lambda - \frac{y}{r} = 0 \text{ и } y = \lambda r.$$

Теперь понятно, почему мы взяли параболу, а, скажем, не линейную функцию $\varphi(y) = ky$, которая является более простой. Прибыль для линейной функции затрат равна $(\lambda - k)y$. Если $\lambda < k$, то прибыль максимальна при $y = 0$ (ничего не нужно выпускать), а если $\lambda > k$, то прибыль растет неограниченно с ростом y. И то и другое практически неинтересно.

Здесь невольно возникает вопрос: причем же здесь план, устанавливаемый министерством? Он что, никак не влияет на поведение предприятия? Да, если предприятие не несет никакой ответственности за невыполнение плана. Можно много давать поручений и заданий, но если нет действенной системы контроля за их выполнением и соответствующей системы штрафов и поощрений (моральных и материальных), то вряд ли можно надеяться на выполнение этих заданий. Это азбука организационного управления, но как часто о ней забывают. Система штрафов необходима при отклонении от плана, установленного Центром.

Пусть в случае невыполнения плана продукция оплачивается предприятию по цене λ_1, меньшей чем λ, т. е. $\lambda_1 = \varepsilon\lambda$, где $0 < \varepsilon < 1$. Фактически предприятие штрафуется на величину

$$\lambda y - \lambda_1 y = (1 - \varepsilon)\lambda y.$$

С учетом штрафов экономический интерес предприятия можно описать зависимостью

$$f(\lambda, x, y) = \begin{cases} \varepsilon\lambda y - \frac{1}{2r} y^2, \text{ если } y < x, \\ \lambda y - \frac{1}{2r} y^2, \text{ если } y \geqslant x. \end{cases} \quad (1.1.2)$$

Эта функция называется целевой функцией предприятия или системой стимулирования.

Система стимулирования — третья существенная составляющая механизма. Знание системы стимулирования (а в более общем случае системы интересов) необходимо для того, чтобы прогнозировать поведение элементов организации. Посмотрим, например, как изменится поведение предприятия при введении санкций в виде штрафов за невыполнение плана. Очевидно, что если план $x \leqslant \lambda r$, то он всегда будет выполнен или перевыполнен и вряд ли Центру придется штрафовать предприятие.

Аналогичную ситуацию из вашей жизни можно описать таким примером. Если бы родители ругали вас за то, что вы слишком мало смотрите интересные фильмы, слишком мало играете в футбол (который вы очень любите) и вообще слишком мало занимаетесь интересными для вас делами, то вряд ли им пришлось бы когда-либо вас ругать. Другое дело, если они ругают вас за дела, которые делать нужно, но которые для вас не очень интересны.

В нашем случае это соответствует ситуации, когда план $x > \lambda r$, т. е. прибыль при таком плане меньше максимальной, а это предприятию «неинтересно». Если предприятие выполнит план, то его прибыль будет равна

$$\lambda x - \frac{1}{2r} x^2.$$

Если же план не будет выполнен, то прибыль составит

$$\varepsilon\lambda y - \frac{1}{2r} y^2.$$

Она максимальна при выпуске $y = \varepsilon\lambda r$ и равна $\Delta = \frac{1}{2}\varepsilon^2\lambda^2 r$. Если $\lambda x - \frac{1}{2r}x^2 > \Delta$, то предприятию экономически выгодно выполнить план, а если $\lambda x - \frac{1}{2r}x^2 < \Delta$, то выполнять план невыгодно. Если же $\lambda x - \frac{1}{2r}x^2 = \Delta$, то предприятию экономически одинаково выгодно как выполнять план, так и не выполнять его. Решим квадратное уравнение

$$\lambda x - \frac{1}{2r}x^2 = \Delta.$$

Его решение:

$$x_н = \lambda r(1 + \sqrt{1 - \varepsilon^2}) = \lambda r(1 + \eta), \quad \text{где} \quad \eta = \sqrt{1 - \varepsilon^2}.$$

В чем смысл полученной величины $x_н$? Если план $\lambda r < x < x_н$, то прибыль при выполнении плана больше, чем при его невыполнении. Поэтому такой план будет предприятием выполнен. Если $x > x_н$, то, наоборот, предприятию экономически выгоднее план не выполнять, поскольку он сверхнапряженный. Если $x = x_н$, то предприятию одинаково выгодно как выполнять план, так и не выполнять (примем, что в этом случае предприятие план выполнит в силу действия уже не экономических, а моральных стимулов). Итак, максимальный план, который может быть выполнен, равен $x_н = \lambda r(1 + \eta)$. Таким образом, наличие Центра, имеющего право давать задание элементам с определенной системой штрафов за их невыполнение или поощрений за их успешное выполнение, повышает эффективность организации (в нашем примере увеличивается выпуск продукции), естественно при умелом управлении со стороны Центра. Действительно, если Центр директивно назначит план $x > x_н$, то выпуск продукции будет равен $\varepsilon\lambda r < \lambda r$, т. е. меньше, чем в условиях отсутствия планового руководства.

Существует такая область, что любой план из этой области будет точно выполнен элементом (элементу «выгодно» выполнять планы из этой области). В нашем примере это отрезок $[\lambda r;\ (1 + \eta)\lambda r]$. Эта область называется областью согласованных заданий (требований) или согласованных планов. Это очень важная область. Любой руководитель должен знать свои права, силу своего влияния, знать область согласованных требований. В противном случае либо его руководящие указания не будут приводить к повышению эффективности работы организации, либо они просто не будут выполняться.

Представим себе, что комсорг класса требует от отличника: «Не получи двойку». Это указание никак не повлияет на повышение успеваемости, так как отличник и так постарается не получить даже четверку. Задание же отстающему ученику учиться только на пятерки просто невыполнимо. К сожалению, еще встречаются руководители, отдающие приказы, распоряжения, указания, не задумываясь над тем, насколько они согласованы с интересами, реальными (сегодняшними) возможностями исполнителей, достаточна ли сила системы контроля и санкций для обеспечения выполнения этих распоряжений.

Итак, мы описали основные составляющие механизма функционирования организации: способ формирования данных (мы рассмотрели только встречный способ, но есть и другие, с которыми мы познакомимся позже), процедуру планирования и систему стимулирования. Теперь организация может функционировать, или «жить». Действительно, элементы сообщают информацию Центру о своих возможностях, потребностях, целях; Центр устанавливает плановые задания (издает приказы, распоряжения); элементы реализуют планы и требования Центра (выпускают продукцию). Зная систему интересов элементов, мы можем предсказать состояние организации. В этом и состоит одна из основных задач теории управления организациями — прогнозировать, как будет развиваться организация при том или ином механизме, с тем чтобы наметить пути улучшения ее функционирования.

§ 2. ЧТО ТАКОЕ ХОРОШИЙ МЕХАНИЗМ?

Теперь надо оценить эффективность механизма, т. е. оценить, насколько состояние, в котором окажется организация в результате действия механизма, соответствует ее целям.

Вернемся к примеру организации «министерство — предприятие». Примем, что продукция предприятия продается по розничной цене c (это цена, по которой продает государство, она больше оптовой цены λ, которую государство платит предприятию; разница $(c - \lambda)$ идет в доход государству). Народнохозяйственный эффект от выпуска продукции можно оценить как разность выручки cy и затрат на производство $z = \frac{1}{2r} y^2$:

$$\Phi(y) = cy - \frac{1}{2r} y^2.$$

Обеспечение максимума народнохозяйственного эффекта мы и примем в качестве цели организационной системы «министерство — предприятие», за достижение которой отвечает Центр (министр). Функция $\Phi(y)$ так и называется — целевая функция организации или Центра. Заметим, что максимум $\Phi(y)$ достигается при выпуске $y_0 = cr$, что больше чем λr, поскольку $c > \lambda$. Этот максимум равен:

$$\Phi_{max} = \frac{1}{2} c^2 r.$$

Будем оценивать эффективность нашего механизма по отношению целевой функции $\Phi(y)$ к ее максимальному значению Φ_{max}. Обозначая эффективность механизма через K, можно записать:

$$K = \frac{\Phi(y)}{\Phi_{max}}.$$

Рассмотрим, например, механизм с процедурой планирования

$$x = \pi(s) = \lambda s$$

и системой стимулирования, описанной выше (см. выражение (1.1.2)), и попробуем оценить его эффективность. Нам в первую очередь нужно ответить на два вопроса: какую оценку $\hat{s}$ сообщит предприятие Центру и сколько продукции $\hat{y}$ выпустит предприятие? Для ответа на эти вопросы заметим, что предприятию выгодно получить план $\hat{x} = \lambda r$, выполнение которого обеспечивает максимум его прибыли. В свою очередь для получения этого плана нужно сообщить оценку $\hat{s} = r$ (сообщить истинную информацию), поскольку $\hat{x} = \lambda \hat{s} = \lambda r$. Далее план $\hat{x} = \lambda r$ предприятию выгодно выполнить, т. е. $\hat{y} = \hat{x} = \lambda r$, что обеспечивает народнохозяйственный эффект:

$$\Phi(\hat{y}) = c\hat{x} - \frac{1}{2r}\hat{x}^2 = \lambda\left(c - \frac{1}{2}\lambda\right) r.$$

Теперь мы можем оценить эффективность этого механизма:

$$K = \frac{\Phi(\hat{y})}{\Phi_{\max}} = \frac{\lambda\left(c - \frac{1}{2}\lambda\right) r}{\frac{1}{2}c^2 r} = \mu(2 - \mu),$$

$$\text{где } \mu = \frac{\lambda}{c} < 1.$$

Заметим, что K всегда меньше 1, так как $(2 - \mu)\mu$ всегда меньше 1 при $\mu < 1$. Так, если $c = 2$, $\lambda = 1$, то $\mu = \frac{1}{2}$ и $K = \frac{3}{4}$.

Мы не случайно взяли в качестве примера именно этот механизм. Он имеет весьма важные свойства. Во-первых, предприятие сообщает достоверную (истинную) информацию (ему выгодно сообщать достоверную информацию), а во-вторых, предприятие выполняет план (ему выгодно выполнять план). Помните, мы уже говорили, что проблема построения механизмов, обеспечивающих достоверность данных, поступающих в Центр от элементов, — важная проблема теории и практики организационного управления? Проблема построения механизма, обеспечивающего выполнение планов, — другая важнейшая проблема. Описанный выше механизм — это пример механизма, обладающего обоими хорошими свойствами: и информация в Центр поступает достоверная, и планы Центра предприятие выполняет. Подумайте и попытайтесь объяснить, почему этот механизм имеет такие хорошие свойства. Приведите пример из вашей жизни, когда вы заинтересованы сказать правду, когда вы заинтересованы выполнить просьбу, поручение.

Ввиду особой важности механизмы, обладающие отмеченными двумя свойствами (сообщение достоверной информации и выполнение планов), получили название правильных, механизмы, имеющие только первое свойство (сообщение достоверной информации), — механизмов открытого управления (элементы открывают Центру свои истинные возможности), а механизмы, обеспечивающие выполнение плановых заданий Центра, — согласованных механизмов.

Правильные, открытые и согласованные механизмы играют огромную воспитательную роль — они воспитывают честность, ответственность за порученное дело. «Бытие определяет сознание» — эти слова имеют глубокий смысл. Наше «бытие» и, в частности, наш хозяйственный механизм сильно влияют на сознание людей, на их отношение к работе. Верно и обратное: сознательное отношение к порученному делу, честность, добросовестность, инициатива влияют на систему управления, ее совершенствование.

Механизм управления — сильнейший воспитатель (верно говорят: «Жизнь воспитывает»), и очень плохо, когда его действие направлено в ненужном направлении. Если вы добросовестно выполняете много разных общественных поручений (выпуск стенгазеты, организация школьного вечера и др.), а вместо помощи и благодарности вас нагружают еще больше (в экономике это называется планирование от достигнутого, когда хорошо работающему предприятию еще больше увеличивают план) и в то же время ваш одноклассник ничего не делает, то естественно возникает чувство обиды, несправедливости, а потом может пропасть и желание быть активным.

Рассмотренный нами пример правильного механизма имел эффективность $K=\frac{3}{4}$, или 75 %, от максимальной (если взять $\mu=0{,}5$). Можно ли предложить более эффективный механизм? Возьмем, например, процедуру планирования $x=cs$. Если бы этот механизм был правильным, то оценка s была бы равна истинной и план $\hat{x}=cr$ был бы наилучшим (или, как говорят, оптимальным) с точки зрения Центра, а поскольку он был бы выполнен, то $\hat{y}=cr$ и эффективность $K=100\ \%$. Что же будет в действительности? Чтобы получить выгодный для себя план $x=\lambda r$, предприятие должно сообщить оценку $\hat{s}$, такую, чтобы $c\hat{s}=\lambda r$. Отсюда получаем:

$$\hat{s}=\frac{\lambda}{c}\cdot r=\mu r<r,$$

т. е. предприятие занизит свою эффективность. Вот пример антивоспитательного действия механизма, если он неправильный. Директор вынужден идти на сообщение заниженной эффективности, чтобы обеспечить высокую прибыльность работы предприятия. При этом план, установленный предприятию, будет равен $\hat{s}c = \lambda r$, т. е. такой же, как в случае правильного механизма. Эффективность механизма будет равна 75 %, как и для рассмотренного выше правильного механизма.

Конечно, если Центр знает достаточно хорошо возможности предприятия, то ему лучше воспользоваться имеющейся нижней оценкой эффективности $\hat{s} = d$ и установить план $x = cd$. Однако здесь есть опасность невыполнения плана, если $c > (1 + \eta)\lambda$. Действительно, если коэффициент r равен d, то $cd > (1 + \eta)\lambda d$ и предприятию невыгодно выполнять такой план. Проверьте самостоятельно, что эффективность механизма в этом случае будет меньше 75 %. Поэтому в случае $c > (1 + \eta)\lambda$ следует взять план $(1 + \eta)\lambda d$, если, конечно, он больше, чем λr. Видите как непросто определить оптимальную процедуру планирования даже в этом простом случае.

Итак, общая схема оценки эффективности механизма функционирования организации выглядит следующим образом. Сначала делается формальное описание целей организации, т. е. каждое возможное состояние организации получает оценку либо точную количественную, как это было сделано выше, либо качественную (высокая, средняя, низкая или отличная, хорошая, удовлетворительная, плохая). Далее определяется максимально достижимый уровень оценки, который можно обеспечить при условии, что Центр все знает об элементах и что любое его плановое задание будет выполнено (конечно, если оно в принципе выполнимо). Наконец, делается прогноз состояния, в котором будет находиться организация при данном механизме функционирования. Оценка этого состояния, отнесенная к максимально достижимой оценке, и определит эффективность механизма.

§ 3. ВЫПУСК СТЕННОЙ ГАЗЕТЫ

Рассмотрим простой пример описания и оценки эффективности механизма. Тебе поручили выпуск стенной газеты, которая должна быть готова через 3 дня.

В редколлегии еще два человека: Савельев и Кузнецова. Ты берешь на себя самое трудоемкое дело — оформление газеты. Но до этого нужно сделать два дела: во-первых, достать лист ватмана и фломастеры, во-вторых, подготовить материалы для газеты — передовую статью, заметки, уголок юмора и т. д. Ясно, что одно дело следует поручить Савельеву, а другое — Кузнецовой. Вы втроем уже составляете организацию, причем ты — ее руководящий орган (Центр), а Савельев и Кузнецова — элементы организации. Савельев может достать бумагу и фломастеры за 2 дня, а собрать материалы для газеты за 4 дня. Кузнецова первую работу может выполнить за 1 день, а вторую — за 2 дня. Запишем это в виде таблицы возможностей:

Фамилия	Задание	
	достать бумагу и фломастеры	подготовить материалы для газеты
Савельев	2 дня	4 дня
Кузнецова	1 день	2 дня

Если бы ты знал эту таблицу, то задача решалась бы просто — нужно поручить Кузнецовой вторую работу, а Савельеву первую. Однако свои возможности знают только Савельев и Кузнецова. Как тебе поступить, если ни Савельев, ни Кузнецова не горят желанием включиться в работу? Ты предлагаешь, например, Савельеву собрать материал для газеты за 3 дня, а он либо возмущается: «Почему я, а не Кузнецова?», либо утверждает, что за 3 дня он никак не может, а может только за 6 дней, потому что у него много других дел. Кузнецова действует в том же духе. Как тебе поступить в этом случае: настаивать на выполнении, проверять их занятость, просить: «Ребята, помогите» — или просто сделать все самому? Из прочитанного выше вам ясно, что, чтобы найти правильный выход, надо попытаться заинтересовать Савельева и Кузнецову, согласовать их интересы с интересами порученного дела. Здесь возможны различные варианты. Например, ты знаешь, что и Савельев, и Кузнецова очень любят театр, а на класс дали билеты и среди них есть один билет в Театр Моссовета. Ты договариваешься с классным руководителем, что этот билет отдадут редколлегии в случае своевременного выпуска стенгазеты. Теперь у тебя имеется реальный стимул, чтобы заинтересовать Савельева и Кузнецову. Нужно только создать организационный механизм в твоей маленькой организации, т. е. определить:

1) способ получения данных о возможностях Савельева и Кузнецовой (за какое время они могут выполнить порученную им работу);

2) процедуру планирования (что поручить Савельеву, а что — Кузнецовой);

3) систему стимулирования (как распределить и кому отдать билет в театр: Савельеву, Кузнецовой или взять себе).

Способ получения данных, конечно, встречный: ты собираешь Савельева и Кузнецову и спрашиваешь, за какое время каждый из них может выполнить каждую из работ. Оба единодушно отвечают: за 6 дней, не меньше. Теперь нужна процедура планирования. Здесь она предельно проста, поскольку и Савельев, и Кузнецова имеют одинаковые возможности, если верить сообщенной информации. Ты говоришь: «Хорошо, тогда Кузнецова достает бумагу и фломастеры, а Савельев подготавливает материал». Наконец, о системе стимулирования. «Поскольку сбор материала более сложная работа, — объявляешь ты, —то билет получит Савельев». Механизм объявлен, твоя организация начинает «жить». Посмотрим, как будут развиваться события. Кузнецова тоже хочет получить билет, поэтому она говорит: «Я могу собрать материал за 5 дней». «Хорошо», — говоришь ты и поручаешь Кузнецовой сбор материала, а поэтому она получает и билет. Теперь недоволен Савельев и объявляет, что он берется собрать материал за 4 дня, на что Кузнецова отвечает, что она сделает эту работу и за 3 дня. Здесь Савельеву уже сказать нечего, так как он объективно не может организовать подготовку материала меньше чем за 4 дня (см. таблицу). Итак, Кузнецовой ты поручаешь сбор материала, а Савельеву — обеспечение бумагой и фломастерами: срок 3 дня обоим (так как достать бумагу и фломастеры более легкая работа, а поэтому вполне выполнима за 3 дня). На третий день к вечеру ты получаешь все необходимое и за вечер успеваешь (с некоторой помощью друзей) оформить газету. Какова эффективность этого механизма? Из таблицы возможностей видно, что газета может быть выпущена за 2 дня. Поэтому если бы цель была выпустить газету в кратчайший срок (или в срок 2 дня), то эффективность механизма была бы $\frac{2}{3} \cdot 100\ \% = 67\ \%$. Однако в нашем случае цель — выпустить газету за 3 дня — достигнута. Поэтому эффективность механизма равна 100 %. Описанный механизм относится к очень важному типу механизмов — это так называемые конкурсные или соревновательные механизмы. Ты организовал соревнование (конкурс) между Савельевым и Кузнецовой за право подготовить материал для газеты. Победитель этого конкурса получал приз — билет в театр.

Упражнение 2. Газету нужно выпустить за 2 дня. Попробуйте предложить механизм функционирования, обеспечивающий достижение этой цели с той же таблицей возможностей Савельева и Кузнецовой.

Если изобразить, например, весь механизм функционирования завода, института или театра, то получим схему посложнее, чем у телевизора.

Проектирование новых эффективных организационных механизмов, как и совершенствование уже существующих, очень и очень непростая задача. В следующих главах книги вы познакомитесь с различными механизмами, а самое главное — с основными принципами, заложенными в конструкцию эффективных организационных механизмов. Мы будет брать очень простые организации, чтобы сложность описания не затрудняла понимания этих принципов. Итак, если вы поняли, что такое организационный механизм, из каких частей он состоит, как его описать, что такое эффективный механизм, если вам это интересно и вы хотите быть хорошим организатором, то читайте дальше.

Глава II

ВЫГОДНО ВСЕМ — ВЫГОДНО КАЖДОМУ, ИЛИ КАК СОГЛАСОВАТЬ ИНТЕРЕСЫ

§ 1. ИНТЕРЕС — ДВИЖУЩАЯ СИЛА РАЗВИТИЯ ОБЩЕСТВА

Изучение свойств хорошо работающих организаций или эффективных организационных механизмов мы начнем с самого важного свойства, обеспечивающего целостность организации, успешное выполнение стоящих перед нею задач — это согласованность интересов всех членов организации с целями, стоящими перед организацией в целом. Человек, коллектив, общество стремятся к максимальному удовлетворению потребностей (личных, общественных). Потребности бывают осознанные и неосознанные. Осознанные потребности выступают в качестве интересов и являются основой формирования целей и последующих действий. Так, целью нашего общества является максимальное удовлетворение потребностей всех членов общества. Не зная ваших интересов, можно предположить, что вам хочется в будущем иметь интересную работу, семью, друзей, детей, хотите, чтобы они были здоровы, и т. д. У ваших друзей наверняка схожие интересы.

Определенная общность интересов — главная причина объединения людей в группы, коллективы, организации. Фридрих Энгельс прекрасно выразил эту мысль следующими словами: «Где нет общности интересов, там не может быть единства целей, не говоря уже о единстве действий». (Маркс К., Энгельс Ф. — Соч. 2-е изд., Т. 8, С. 14). Однако эффективность такого объединения в существенной степени зависит от степени согласования интересов. «Но причем здесь согласование интересов и что это такое? — спросите вы. — Есть общие интересы — нужно объединяться, а нет, так нет и никаких проблем».

Все дело в том, что хотите вы этого или не хотите, а удовлетворение ваших потребностей во многом зависит не только от ваших действий, но и от действий других людей. А они выполняют эти действия только в том случае, если будут заинтересованы в них. И если непосредственного интереса у них нет, то вы должны создать эту заинтересованность, даже если сами непосредственно в этом не заинтересованы. Это и есть согласование интересов. Например, если вы заинтересованы побеседовать с каким-либо человеком, то, чтобы беседа состоялась, вам надо узнать его интересы и вести разговор в соответствии с ними, иначе беседы не получится. Или когда вы были маленькими, родители пытались согласовать ваши интересы (позже лечь, посмотреть интересный фильм и т. д.) со своими (чтобы вы соблюдали режим дня, как можно больше были на свежем воздухе и т. д.). Со времени первобытных племен действует простое и разумное правило общения людей: вам разрешают (или запрещают) интересное для вас дело, но вы выполняете другие дела, может, не такие интересные для вас, но очень нужные для сородичей. Такой обмен лежит в основе согласования интересов. Не понимайте это слишком прямолинейно и меркантильно. «Ты мне, я тебе». Речь идет об обмене в широком смысле этого слова (обмен мыслями, вниманием, деятельностью, ее результатами). Чтобы облегчить такой обмен в различных сферах общественной жизни людей, создали специальные институты и целую сеть традиций, юридических норм, моральных принципов, т. е. определенный механизм функционирования общества. Классическим примером является механизм товарно-денежного обмена или возникновения денег. Как было до возникновения денег? Скажем, один выращивает пшеницу, а ему нужна посуда. Он идет к человеку, который делает посуду, и предлагает ему пшеницу, а тому нужны ткани. Хорошо, если найдется человек, которому нужна пшеница и который производит ткани. А если нет? Тогда и возникла необходимость в появлении денег — некоторого универсального товара, на который обмениваются все остальные. Эффективность обмена, а значит, степень удовлетворения потребностей с появлением денег возросли многократно. Теперь можно сделать обобщающий вывод: эффективность функционирования любой организации во многом определяется наличием специальных механизмов, позволяющих согласовывать интересы и действия всех членов организации для достижения общих целей. В экономике инструментом согласования экономических интересов личности с интересами коллектива и общества в целом является хозяйственный механизм, т. е. системы ценообразования, планирования, образования фондов экономического стимулирования, оплаты и организации труда, социалистического соревнования и т. д.

§ 2. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЩЕСТВЕННЫХ ПОРУЧЕНИЙ

Для иллюстрации действия согласования интересов обратимся к близкой вам организации — вашему классу. В начале учебного года надо распределить общественные поручения, выполнение которых необходимо для эффективного функционирования класса. Не будем перечислять все поручения, а ограничимся только тремя: шефская работа — 2 человека, выпуск стенной газеты — 2 человека и работа по организации сбора макулатуры — 1 человек. Проблемы не возникает, если есть желающие выполнять все эти поручения. А если это не так?! Конечно, комсорг класса может просто обязать выполнять определенное поручение того, кого он считает наиболее подходящим для соответствующей работы. Такое управление называется «волевым» или «жесткой централизацией». Понятно, что степень согласования интересов в данном случае минимальная. Пользы от такого «волевого» управления за исключением чрезвычайных ситуаций тоже мало. Во-первых, обида и недовольство (почему я?), во-вторых, как следствие, формальное отношение к порученному делу, а то и прямое невыполнение. Что бы вы сделали на месте комсорга? Установили определенную очередность выполнения поручений, на которые нет желающих? Это разумный выход. Так часто поступает руководитель (или решает коллектив) при выполнении дел, которые делать нужно, но выполнять их нет желающих. Такой механизм обеспечивает определенную согласованность интересов, но эффективность распределения поручений на основе принципа очередности может быть весьма низкой (например, в редколлегию войдут ребята, которые не умеют ни интересно писать, ни хорошо оформлять газету). Итак, нужен некоторый дополнительный фактор, стимулирующий ребят взять поручение, соответствующее их возможностям и интересам. Давайте введем балльную систему оценки общественной активности учеников класса. Выполнение каждого общественного поручения будет оцениваться определенным количеством баллов. К концу четверти по общему количеству баллов можно определять наиболее активных ребят, поощряя их соответствующими наградами. Подобные системы балльной оценки эффективности и качества работы применяются на многих предприятиях и в организациях нашей страны.

Балльная оценка различных поручений и работ позволяет соизмерять работы самого различного характера. Введение таких оценок в организационном механизме класса эквивалентно в определенном смысле введению денег как единого измерителя различных товаров. В данном случае наличие единого измерителя (в баллах) разных общественных поручений позволяет существенно повысить эффективность «обмена деятельностью» в классе. Для этого нужен механизм определения «ценности» (или важности) различных поручений. Принцип действия такого механизма понять нетрудно. Чем менее интересным для ребят является данное поручение, тем большее количество баллов следует давать за его выполнение, чтобы как-то компенсировать необходимость выполнения, может, и не очень интересного поручения.

Как же определить количество баллов, которое дается за выполнение того или иного поручения, и как провести распределение поручений в условиях балльной системы? Очевидно, что только сам ученик может решить, при каком количестве баллов он согласен (т. е. становится заинтересованным) выполнить данное поручение, а не какое-либо другое.

Примем для упрощения математических выводов, что имеется всего 6 учеников, из них нужно выбрать двух человек на шефскую работу, двух — в редколлегию и одного — на организацию сбора макулатуры. Перейдем непосредственно к описанию механизма распределения общественных поручений. Сначала комсорг просит каждого из шести претендентов сообщить минимальное количество баллов за каждое поручение, при которых он согласен взяться за их выполнение. Будем называть это число оценкой поручения учеником. Вспомните, как мы называли этот этап функционирования организации. Вспомнили? Да, это этап формирования данных, необходимых для принятия решения на следующем этапе планирования. Такой способ формирования данных, когда сами элементы (ученики класса в данном случае) сообщают необходимую информацию, мы назвали встречным. Итак, в результате комсорг получил таблицу, столбцы которой соответствуют оценкам в баллах каждого поручения с позиций интересов каждого ученика. Пусть эта таблица выглядит так:

Таблица 1

Поручения	Ученики						Баллы
	Басова	Жилина	Бардина	Парамонов	Иванов	Пирогов	
Шефская работа	$\boxed{0}$	3	$\boxed{2}$	12	5	6	2
Организация сбора макулатуры	9	8	7	18	$\boxed{4}$	6	4
Выпуск стенной газеты	5	$\boxed{4}$	$\boxed{0}$	10	9	8	4

Эту таблицу можно назвать таблицей предпочтений работ, поскольку, чем меньшее количество баллов поставил ученик, тем более предпочтительно для него данное поручение. А могут ли быть отрицательные числа в этой таблице? Да. Например, вы очень хотите работать в редколлегии и согласны даже на уменьшение числа баллов, уже накопленных вами за другие работы (например, за сбор макулатуры), лишь бы вам поручили работу в редколлегии. В этом случае в строке выпуск стенной газеты вы ставите вместо 0, например, —2. Как теперь распределить поручения, пользуясь этой таблицей? Это в общем-то несложно, хотя и требует определенных математических вычислений.

Заметим, во-первых, что комсорг хочет распределить поручения с минимальным суммарным числом дополнительных баллов. Смысл этого требования в том, что, чем меньше сумма баллов, тем больше данное распределение поручений будет соответствовать интересам ребят (подумайте и объясните сами, почему это так). Поскольку на шефскую работу нужно двух учеников, то за нее необходимо дать минимум 2 балла, если поручить ее Басовой и Бардиной (давайте поместим соответствующее число в таблице в квадратик). За организацию сбора макулатуры необходимо назначить самое меньшее 4 балла, если поручить ее Иванову. Наконец, за работу в редколлегии также необходимо назначить не менее четырех баллов, если поручить ее Бардиной и Жилиной. Из таблицы видно, что распределить поручения, используя только числа в квадратиках, нельзя, так как Бардина не может одновременно выполнять два поручения. Ясно, что нужно привлекать к шефской работе или в редколлегию кого-то из ребят: Парамонова, Иванова или Пирогова. Анализ таблицы показывает, что самое лучшее — это привлечь к шефской работе Иванова (увеличив число баллов за шефскую работу до 5, т. е. на 3 единицы, см. табл. 2).

Таблица 2

Поручения	Ученики						Баллы
	Басова	Жилина	Бардина	Парамонов	Иванов	Пирогов	
Шефская работа	$\boxed{0}$	$\boxed{3}$	2	12	$\boxed{5}$	6	5
Организация сбора макулатуры	9	8	7	18	$\boxed{4}$	6	4
Выпуск стенной газеты	5	4	$\boxed{0}$	10	9	8	4

Теперь Иванов согласен выполнять шефскую работу так же, как и отвечать за сбор макулатуры. Но при таком распределении возникают новые неприятности: Жилина отказывается работать в редколлегии, а также хочет заниматься шефской работой, поскольку за нее она получает 2 балла сверх минимального количества (5 — 3 = 2), в то время как, работая в редколлегии, она получает только минимальное число баллов — 4. И по-прежнему нет поручений у Парамонова и Пирогова, а хотя бы одному из них необходимо дать, поскольку поручений 5, а учеников 6. Давайте увеличим на 1 число баллов за шефскую работу и сбор макулатуры. Тогда за шефскую работу согласен взяться Пирогов, а Иванов согласен организовать сбор макулатуры и выполнять шефскую работу. Теперь увеличим на 3 единицы число баллов за работу в редколлегии, для того чтобы Жилина была согласна работать в редколлегии (поскольку, ведя шефскую работу, она получила бы на 3 балла больше минимального числа). Окончательный вариант распределения поручений приведет к таблице 3.

Таблица 3

Поручения	Ученики						Баллы
	Басова	Жилина	Бардина	Парамонов	Иванов	Пирогов	
Шефская работа	$\boxed{0}$	3	2	12	5	$\boxed{6}$	6
Организация сбора макулатуры	9	8	7	18	$\boxed{4}$	6	5
Выпуск стенной газеты	5	$\boxed{4}$	$\boxed{0}$	10	9	8	7

Шефская работа поручается Басовой и Пирогову, сбор макулатуры — Иванову, а работа в редколлегии — Жилиной и Бардиной. Причем шефская работа оценивается в 6 баллов, сбор макулатуры — в 5 баллов, а работа в редколлегии — в 7 баллов. Полученное распределение поручений действительно является согласованным с интересами всех учеников — каждый получает такое поручение, что разность назначенного числа баллов и минимального числа баллов, названного самим учеником, максимальна. Интересы Парамонова также учтены — ему не дается никакого поручения, поскольку при установленном числе баллов он не согласен выполнять ни одно из них.

Таким образом, имеют место два факта. Первый — то, что нам удалось распределить все поручения, давая каждому наиболее предпочтительное (с учетом, естественно, числа баллов). И второй довольно удивительный факт — не существует другого распределения поручений между учениками, при котором сумма оценок назначенных поручений была бы меньше, чем в полученном распределении. Действительно, в полученном распределении поручений сумма оценок равна $0+6+4+4+0=14$. Как бы комсорг ни распределял поручения, ему не удастся получить сумму оценок меньше 14. Так, если шефскую работу поручить Басовой и Бардиной, сбор макулатуры — Иванову, а работу в редколлегии — Жилиной и Пирогову, то сумма оценок будет равна $0+2+4+4+8=18$, что больше 14.

Обоснование этих фактов требует более детального знакомства с разделом математики, который называется математическим программированием. Познакомимся с ним на примере задачи распределения поручений.

§ 3. ЗАДАЧА НАЗНАЧЕНИЯ. ТРАНСПОРТНАЯ ЗАДАЧА

Теперь перейдем к описанию задачи распределения поручений на формальном математическом языке. Для этого введем ряд обозначений. Обозначим число различных поручений через m, а число учеников через n. Далее обозначим a_i — число учеников, которые должны выполнять поручение i-го вида, b_j — число поручений, которые можно дать j-му ученику, а s_{ij} — оценка i-го поручения j-м учеником. Таким образом, каждый ученик заполняет столбец таблицы, соответствующий его номеру, проставляя в i-клетке j-го столбца число s_{ij}, равное минимальному числу баллов, при котором он согласен выполнять данное поручение. Введем переменные x_{ij}, принимающие значение 0 или 1, при этом условимся считать $x_{ij}=1$, если ученику j дано поручение i, и $x_{ij}=0$, если ученику j не дано поручения i. Сумма $x_{1j}+x_{2j}+\ldots+x_{mj}$, обозначаемая $\sum\limits_{i=1}^{m} x_{ij}$, определяет, сколько поручений дано ученику j. Очевидно, что эта сумма не должна превышать b_j для всех учеников:

$$\sum_{i=1}^{m} x_{ij} \leqslant b_j, \; j = 1, 2, \ldots, n. \qquad (2.3.1)$$

Далее, сумма $x_{i1} + x_{i2} + x_{i3} + \ldots + x_{in}$, обозначаемая $\sum_{j=1}^{n} x_{ij}$, определяет число учеников, выполняющих поручение i. Очевидно, это число должно быть равно необходимому для успешного выполнения поручения числу a_i для всех поручений, т. е.

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} = a_i, \; i = 1, 2, \ldots, m. \qquad (2.3.2)$$

Для того чтобы для выполнения всех поручений было назначено требуемое число учеников, необходимо и достаточно выполнение условия

$$\sum_{j=1}^{n} b_j \geqslant \sum_{i=1}^{m} a_i. \qquad (2.3.3)$$

Докажите это утверждение самостоятельно. В чем его содержательный смысл? Далее будем считать, что это условие выполняется.

В соответствии с рассмотренным выше механизмом распределения поручений каждое поручение мы оценим определенным числом баллов и назовем это число ценой поручения. Обозначим u_i — число баллов (цену), назначенное за выполнение i-го поручения. Разность $u_i - s_{ij}$ определяет, сколько дополнительных баллов сверх указанной учеником j минимальной оценки s_{ij} получает ученик, если ему дается поручение i. В силу принципа согласования интересов, которого мы договорились строго придерживаться, ученику дается такое поручение, для которого эта разность максимальна (и конечно, неотрицательна). Другими словами, x_{ij} может быть равно 1 только в том случае, если для данного i выполняется условие $u_i \geqslant s_{ij}$ и

$$u_i - s_{ij} \geqslant u_k - s_{kj}, \; k = 1, 2, \ldots, m. \qquad (2.3.4)$$

Возникает вопрос: можно ли определить цены $\{u_i\}$ и распределение поручений по ученикам $\{x_{ij}\}$ так, что одновременно выполняются условия (2.3.1), (2.3.2) и (2.3.4)? Оказывается, можно и притом всегда. Для того чтобы это показать, сформулируем две новые задачи.

Первая заключается в таком распределении поручений, при котором сумма оценок

$$S = \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} s_{ij} x_{ij} \tag{2.3.5}$$

была бы минимальной при условиях (2.3.1) и (2.3.2). Это задача математического программирования. Функция (2.3.5), которую нужно минимизировать, называется целевой функцией задачи, любое распределение поручений $\{x_{ij}\}$, удовлетворяющее ограничениям (2.3.1) и (2.3.2), называется допустимым решением (иногда допустимым планом), а допустимое решение, для которого целевая функция принимает минимальное значение (по сравнению со всеми другими допустимыми решениями), называется оптимальным решением (планом). Так как целевая функция задачи, а также ограничения (2.3.1), (2.3.2) являются линейными, то задача называется задачей линейного программирования, а, учитывая ее содержательную интерпретацию и широкое применение на практике, этой задаче дали специальное название — задача назначения или транспортная задача.

Название «задача назначения» особых комментариев не требует. Речь идет о распределении (назначении) различного вида работ (поручений) по исполнителям (ученикам класса в нашем случае). Оценки s_{ij}, как правило, характеризуют затраты (или время) исполнителя j на выполнение работы i.

На названии «транспортная задача» стоит остановиться подробнее. В данном случае речь идет о перевозке какого-либо груза (продукта, товара) из m пунктов отправления в n пунктов назначения, причем в i-м пункте отправления имеется a_i единиц груза, а в j-й пункт назначения требуется доставить b_j единиц груза. Величина s_{ij} определяет затраты на перевозку единицы груза из пункта отправления i в пункт назначения j. Смысл целевой функции (2.3.5) очевиден — это затраты на перевозку всего груза. Таким образом, задача, сформулированная нами, имеет весьма серьезные экономические приложения.

Теперь сформулируем еще одну задачу линейного программирования. Сначала заметим, что из условия (2.3.4) и стремления минимизировать число назначаемых баллов следует, что u_i надо взять минимальным из всех удовлетворяющих условию (2.3.4), а это значит, что если $x_{ij} = 1$, то

$$u_i - s_{ij} = \max_k (u_k - s_{kj}),$$

поскольку минимальное число, большее некоторой совокупности чисел, равно наибольшему из этих чисел. Введем новую переменную $v_j = \max\limits_k (u_k - s_{kj})$, которая как раз и равна дополнительному числу баллов, получаемому учеником j за выполнение одного поручения. Сформулируем следующую задачу: определить $\{u_i\}$, $i = 1, 2, \ldots, m$, $\{v_j \geqslant 0\}$, $j = 1, 2, \ldots, n$, так, чтобы максимизировать

$$\Phi = \sum_{i=1}^{m} a_i u_i - \sum_{j=1}^{n} b_j v_j, \qquad (2.3.6)$$

при ограничениях

$$u_i - v_j \leqslant s_{ij}, \ i = 1, 2, \ldots, m; \ j = 1, 2, \ldots, n. \qquad (2.3.7)$$

Оказывается, что эти две задачи очень тесно связаны друг с другом. Одна из них называется прямой задачей линейного программирования (как правило, задача назначения или транспортная задача называется прямой), а вторая — двойственной.

Основная теорема теории линейного программирования утверждает, что если одна из задач имеет оптимальное решение, то и другая задача имеет оптимальное решение, причем в оптимальных решениях значения целевых функций обеих задач равны, т. е. $S_{\min} = \Phi_{\max}$. Для рассмотренного в предыдущем параграфе примера $S_{\min}$, как мы убедились, равно 14. Цены различных поручений равны: $u_1 = 6$, $u_2 = 5$, $u_3 = 7$, а их сумма $2 \cdot 6 + 5 + 2 \cdot 7 = 31$. Дополнительные баллы (сверх минимальных), полученные учениками, равны: Басова — 6, Жилина — 3, Бардина — 7, Иванов — 1, Пирогов — 0 (в сумме 17). Имеем $\Phi_{\max} = 31 - 17 = 14 = S_{\min}$.

Более того, для оптимальных решений прямой и двойственной задач выполняются так называемые соотношения дополняющей нежесткости: если $x_{ij} = 1$, то $u_i - v_j = s_{ij}$. А отсюда сразу следует выполнение условий согласования интересов (1.3.4). Действительно, так как $u_k - v_j \leqslant s_{kj}$ для всех k, то $v_j \geqslant u_k - s_{kj}$ или $v_j = u_i - s_{ij} \geqslant u_k - s_{kj}$ для всех k, что совпадает с (2.3.4). Таким образом, ответы на все поставленные вопросы получены. Распределение поручений, согласованное с интересами всех учеников, всегда существует, причем любому такому распределению соответствует минимальная из возможных сумма оценок всех назначенных поручений.

Из сказанного видно, что построение эффективных механизмов функционирования, обладающих свойством согласования интересов, и решение практических задач требуют применения довольно сложного математического аппарата и вычислительной техники. Однако цель этой книги не изложение математических методов решения задач, а исследование свойств хороших организационных механизмов. Поэтому оставим задачи математического программирования и вернемся к дальнейшему исследованию механизма согласованного распределения поручений в классе.

§ 4. ПРОБЛЕМА ДОСТОВЕРНОСТИ ИНФОРМАЦИИ

В главе I мы дали названия механизмам в зависимости от их свойств (согласованный, открытого управления и правильный). Что же можно сказать о рассмотренном нами механизме? Является ли он согласованным, т. е. будут ли успешно выполнять ребята порученные им дела? Понятно, что если баллы даны только за сам факт того, что ты член редколлегии, то никакой уверенности в хорошем результате нет. Нужна система ответственности. В нашем случае она может быть весьма простой — при плохой работе назначенные баллы снимаются. Понятно, что ученику нет никакого смысла брать на себя нагрузку с расчетом, что потом он ничего не будет делать. Таким образом, при такой системе ответственности можно утверждать, что механизм стимулирует добросовестное выполнение взятых поручений, т. е. является согласованным. А вот является ли он механизмом открытого управления, т. е. стимулирует ли сообщение достоверных оценок величины минимальных баллов? Этот вопрос посложнее. Чтобы разобраться в нем, рассмотрим простую ситуацию. Пусть требуется всего один человек для работы в редколлегии (других поручений нет). Возможных кандидатов трое: Бардина, Басова и Жилина. Таблица оценок имеет вид:

Фамилия	Басова	Жилина	Бардина
Баллы	12	15	0

Из таблицы ясно, что Басова и Жилина согласны работать в редколлегии только при большом числе баллов, а Бардина может выполнять эту работу без поощрений. Очевидно, что указанную работу следует поручить ей. А теперь предположим, что Бардина увеличила оценку за данную работу до 11 баллов. И в этом случае работа по-прежнему будет поручена ей, однако с дополнительным поощрением в 11 баллов. Тогда у нее может возникнуть соблазн и получить интересную работу, и «заработать» дополнительные баллы. Таким образом, описанный механизм, вообще говоря, не является механизмом открытого управления. Однако, если бы оценка Басовой была не 12, а 1 балл, возможности Бардиной повлиять на увеличение числа баллов резко упали бы. Уже сообщая оценку 1, она рискует не получить интересную для себя работу. Значит, все дело в возможности влияния сообщаемых учеником оценок на величину цены. Оказывается, что при достаточно большом числе учеников, таком, что для выполнения любого поручения можно найти достаточное число желающих (можно сказать, что в классе нет «монополистов» на какой-либо вид деятельности), возможности отдельного ученика повлиять на цены поручений весьма ограничены. А если пренебречь этим слабым влиянием, то, как нетрудно показать, наш механизм будет механизмом открытого управления, а значит, правильным.

Действительно, пусть r_i — ваша истинная оценка минимального числа баллов за выполнение поручения i. Поскольку вы слабо влияете на цены u_i, то можно считать их некоторыми неуправляемыми параметрами. Вам известно, что вы получаете такое поручение, для которого величина $u_i - s_i$ максимальна и неотрицательна, а вам хочется получить максимальную неотрицательную величину $u_i - r_i$, т. е. максимальное число баллов сверх объективно минимальной величины r_i. Отсюда легко сделать вывод о том, что, сообщая $s_i = r_i$, вы обеспечиваете себе максимум величины $\max(u_i - r_i;\ 0)$.

Итак, мы подробно исследовали механизм распределения общественных поручений, обладающий свойством согласования интересов каждого ученика с интересами класса в целом. Этот механизм в определенном смысле является универсальным. Действительно, в самых разных областях деятельности возникает задача распределения работ между исполнителями, причем исполнители по-разному относятся к разным работам (одни предпочитают лечить людей, другие — учить студентов, третьи —работать на вычислительных машинах и т. д.). Все работы нужны обществу. Можно ли согласовать интересы каждого с интересами общества в целом, т. е. можно ли сделать так, чтобы каждый занимался той работой, которой он хочет заниматься, и в то же время все работы, необходимые обществу, выполнялись? Нетрудно увидеть связь этой задачи с задачей распределения общественных поручений в классе. Различные работы — это общественные поручения, а общество — это твой класс. А что такое баллы? Это, конечно, оплата труда (материальные и моральные вознаграждения). В данном случае материальное и моральное стимулирование является инструментом согласования интересов каждого с интересами общества в целом.

Из анализа механизма распределения поручений можно сделать основной вывод: существует система оплаты труда, такая, что каждый будет заниматься той работой, которой он хочет заниматься с учетом оплаты труда, и в то же время все работы, нужные обществу, будут выполняться.

Глава III

МЕХАНИЗМЫ ОТКРЫТОГО УПРАВЛЕНИЯ

§ 1. СБОР МАКУЛАТУРЫ

В этот вечер Иванов долго не мог уснуть. Сегодня в классе было необычное собрание по распределению поручений. Как там сказала Бардина: «В стране идет перестройка хозяйственного механизма, и нам нужно совершенствовать механизм функционирования класса». Слова-то какие: «механизм функционирования». Это она у отца научилась. Но в общем-то идея с начислением баллов за активность Иванову понравилась. Он знал, что отвечать за сбор макулатуры опять придется ему, но то, что это поручение оценили в 5 баллов активности, было приятно. Он уже собирался заснуть, как вдруг его будто кто-то стукнул. «Стоп, ведь ребята, принося макулатуру, тоже выполняют общественное поручение. Почему же за это не дают баллы? Это несправедливо! Нужно давать баллы за макулатуру и давать больше тому, кто больше принесет. В общем нужен механизм сбора макулатуры», — решил Иванов и впервые задумался, насколько эффективно до сих пор он организовывал эту работу. «Из чего же состоит механизм сбора макулатуры? Ах, да, Ира говорила, что необходима процедура планирования (какое задание получает каждый ученик) и система стимулирования (что он имеет за выполнение задания). С процедурой планирования все просто, каждый должен принести по 5 кг, так как общее для класса задание — 150 кг. Ирин папа говорил, что в экономике такой принцип планирования называется уравниловкой и что это плохо. Почему же это плохо? Все приносят поровну — это справедливо. Однако, с другой стороны, —продолжал размышлять Иванов, ворочаясь, — у одного дома полно старых газет и журналов, а у другого ничего нет. Где же ему взять? Он, конечно, может обратиться к родственникам и знакомым и достать 5 кг, но сколько времени и сил это отнимет. Лучше бы он за это время, например, отрепетировал свое выступление в агитбригаде: это ведь тоже важно. А кто-то, у кого много макулатуры, принес бы 5 кг за себя и 5 кг за него, получив за это дополнительные баллы. Так что уравниловка, действительно, не лучший способ. Тогда возникает вопрос: сколько же баллов давать за 1 кг и какое задание определить каждому? Ну и задачка! При распределении поручений каждый сам называл «цену» поручения. А что, если и здесь поступить аналогично: пусть каждый скажет, сколько он может собрать макулатуры, если за 1 кг будет дан 1 балл, 2 балла, 3 балла и т. д. Интересно!»

Иванов не выдержал, вскочил, зажег свет и, взяв лист бумаги, начертил таблицу:

Ученики	Баллы							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1. Иванов	2	3	4	6	7	7	7	8
2. Басова	1	1	1	2	2	3	3	3
3. Жилина	1	1	4	4	4	5	6	7
4. Бардина	1	2	3	4	5	6	7	8
5. Пирогов	3	3	3	3	3	4	5	6
6. Горохов	1	1	5	5	5	8	8	8
7. Полунин	5	5	5	5	5	5	6	6
8. Парамонов	1	1	1	1	1	1	2	2
Сумма	15	17	26	30	32	39	44	48

Он не стал писать фамилии всех ребят, а написал только те, которые первыми вспомнил. «Пусть эти 8 ребят должны сдать 40 кг, — рассуждал Иванов (в среднем по 5 кг каждый). — По моей просьбе они заполнят строку против своей фамилии в таблице». Внизу Иванов написал сумму каждого столбца. Так как нужно не менее 40 кг (а лучше немного больше), то сразу видно, что цена макулатуры (число баллов за 1 кг) должна быть 7 баллов.

Простота придуманного им самим обрадовала Иванова. «Однако не упустил ли я чего-нибудь? Так, способ получения информации от каждого из ребят у меня есть (все заполняют свои строки), процедура планирования тоже есть: я определяю сумму по столбцам для каждого значения цены и нахожу минимальную цену, при которой эта сумма будет равна (или больше) 40 кг (для всей таблицы, конечно, не 40, а 150). Объявляю цену макулатуры и даю каждому задание, причем то, которое он сам и назвал при этой цене.

А система стимулирования тоже очевидна. Каждый получает определенное количество баллов; например, Бардина получит 49 баллов, а Басова только 21. Отлично! Уговорить бы только завтра Полунина. Он хотя и комсорг, но не очень-то любит всякие новшества. Ну, да ладно, постараюсь уговорить».

Утром, когда Иванов подошел к Полунину, тот неожиданно стал возражать: «Ничего себе, придумал. Этак все потребуют у тебя по 100, а то и больше баллов за 1 кг и будут таскать макулатуру. А что я буду делать с остальными поручениями? Мне же выговор влепят за развал работы, да и тебе тоже». — «Да нет, — горячился Иванов, — не будет этого, давай попробуем». — «Алеша, ты сначала меня убеди, а потом будем пробовать». Расстроенный Иванов подошел к Бардиной: «Слушай, Ира, давай зайдем к твоему отцу, пусть он нас рассудит».

§ 2. ДЛЯ ЧЕГО НУЖНА МОДЕЛЬ

Вечером ребята собрались у Бардиной. Владимир Николаевич выслушал их внимательно и сказал: «Полунин прав, Алеша; новые механизмы — вещь серьезная и надо хорошо подумать, прежде чем будоражить ребят. Давай-ка попробуем оценить твой механизм, насколько он лучше прежнего». — «Неужели это возможно?» — удивился Полунин. «Вполне возможно, хотя и требует серьезных вычислений. Я предлагаю провести упрощенный анализ, который вам вполне по силам. Согласны? Уроки у всех сделаны?» — «Согласны», — закричали ребята, игнорируя второй вопрос. «Наше упрощение будет заключаться в том, что мы рассмотрим линейную зависимость между ценой макулатуры λ и тем количеством x, которое согласен собрать ученик при этой цене, т. е. примем, что

$$x = \lambda k,$$

где k — коэффициент прямой пропорциональности, который как раз и определяет возможности каждого ученика по сбору макулатуры. У кого эти возможности больше, у того больше и коэффициент k. Алеша, давай-ка твою таблицу. Смотрите, ребята, строчку Бардиной можно точно представить формулой $x = \lambda$, т. е. у нее $k = 1$. Строчку Басовой уже не представить точно линейной моделью, но приближенно можно. Так, зависимость $x = \frac{1}{2}\lambda$ дает значения x всего лишь на 0,5 балла, отличающиеся от написанных. А вот приближение линейной моделью строчки Полунина дает большую ошибку. Понятно, что линейная модель применима не всегда, но она удобна для исследования ввиду ее простоты.

Итак, примем, что возможности ученика i по сбору макулатуры описываются линейной зависимостью $x_i = \lambda k_i$, где k_i — его индивидуальный коэффициент. В чем смысл этой зависимости? А в том, что при цене λ количество макулатуры λk_i соответствует оптимальному (наилучшему) соотношению между затрачиваемыми учеником усилиями на сбор макулатуры (затраты) и количеством баллов λx_i (стимулы), которые он за это получает. Каждый ученик как бы соизмеряет стимулы (полученные баллы) с затратами своего труда и выбирает такое количество, при котором эта разница максимальна. Такие модели называются моделями «затраты — стимулы». Чтобы получить линейную модель $x = \lambda k$, мы должны взять в качестве функции затрат параболу $\varphi = \frac{1}{2k} x^2$. В этом случае модель «затраты — стимулы» принимает вид:

$$(\text{стимулы}) - (\text{затраты}) = \lambda x - \frac{1}{2k} x^2.$$

Проверим, так ли это. Алексей, ты, как автор нового механизма, ответь, что напишет ученик в строке при цене λ, если его поведение описать такой моделью». — «Это просто, — сказал Алеша. — Нужно найти максимум разности стимулов и затрат. В точке максимума производная равна нулю. Находим производную по x и получаем уравнение

$$\lambda - \frac{x}{k} = 0.$$

Его решение: $x = \lambda k$. Действительно, получили линейную модель. Но зачем нам нужна эта функция затрат? Что нам с ней делать?»

«Как зачем? Ты, по-моему, говорил, что твоя цель была придумать механизм, при котором сбор макулатуры требовал бы наименьших затрат (времени и сил) всех ребят? Поэтому если известны функции затрат всех учеников, то можно оценить суммарные затраты, а значит, и сравнить твой механизм с прежним по этому критерию. Как я понял, именно этого вы и хотите. Давайте так и сделаем. Предположим, что функции затрат всех учеников нам известны, и определим, какое задание дать каждому, чтобы общие затраты были минимальными. В математической формулировке эта задача выглядит следующим образом: определить $x_i \geqslant 0$, $i = 1, 2, \ldots, n$ (n — число учеников в классе), так, чтобы суммарные затраты

$$\Phi = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{2k_i} x_i^2$$

были минимальными при условии

$$\sum_{i=1}^{n} x_i = R,$$

т. е. чтобы все ученики класса собрали вместе R кг макулатуры (в нашем случае $R = 150$ кг, $n = 30$).

Функция Φ называется целевой функцией задачи, а решение с минимальным значением целевой функции — оптимальным решением».

«Этого мы не проходили», — подала голос Оля Басова. «Да, это задача нелинейного математического программирования, — сказал Владимир Николаевич. — В школе этого не проходят. Однако мы ее решим, опираясь только на то, что вы знаете. Сначала решим эту задачу для случая двух учеников: минимизировать

$$\frac{1}{2k_1} x_1^2 + \frac{1}{2k_2} x_2^2$$

при условии

$$x_1 + x_2 = R.$$

Как это сделать, Ира?» Ира задумалась. «Владимир Николаевич, — вмешался Олег Полунин, — нужно выразить x_2 через x_1 и подставить в функцию затрат». — «А потом найдем минимум функции уже одной переменной», — добавила Ира. После подстановки ребята получили:

$$\frac{1}{2k_1}x_1^2 + \frac{1}{2k_2}(R - x_1)^2.$$

Производная этого выражения равна

$$\frac{x_1}{k_1} - \frac{R - x_1}{k_2}.$$

Приравнивая ее нулю, найдем:

$$x_1 = \frac{k_1}{k_1 + k_2}R, \quad x_2 = \frac{k_2}{k_1 + k_2}R.$$

«А как же теперь получить решение для произвольного числа учеников?» — спросила Оля. «Я знаю, — сказал Иванов. — Смотрите: возьмем любых двух учеников i и j. Они вместе собрали $x_i + x_j$ кг макулатуры. Если задания x_i и x_j минимизируют общие затраты, то они должны минимизировать и затраты этих двух учеников, т. е. общее количество $x_i + x_j$ должно быть распределено между ними прямо пропорционально коэффициентам k_i и k_j. Таким образом,

$$x_i = \frac{k_i}{k_i + k_j}(x_i + x_j), \quad x_j = \frac{k_j}{k_i + k_j}(x_i + x_j),$$

или

$$\frac{x_i}{k_i} = \frac{x_j}{k_j}.$$

Получим, что отношение $\frac{x_i}{k_i}$ — одно и то же для всех учеников. Обозначив это отношение через λ, получим $\frac{x_i}{k_i} = \lambda$, или $x_i = \lambda k_i$ для всех i».

«Смотрите! — воскликнул Полунин. — Мы получили, что для линейной модели твой механизм, Иванов, действительно минимизирует общие усилия на сбор макулатуры. Но какую взять цену λ?» — «Да это же совсем просто, — сказал Иванов. — Я еще ночью сообразил, что нужно установить такую цену, чтобы в сумме все собрали ровно R кг. Из уравнения

$$\sum_{i=1}^{n} \lambda k_i = R$$

получаем:

$$\lambda = \frac{R}{\sum_{i=1}^{n} k_i}.$$

Теперь можно найти и минимальные затраты:

$$\Phi_{\min} = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{2k_i} (\lambda k_i)^2 = \frac{\lambda^2}{2} \sum_{i=1}^{n} k_i = \frac{R^2}{2\left(\sum_{i=1}^{n} k_i\right)} ».$$

«Молодцы, ребята, — подошел Владимир Николаевич, — справились с довольно сложной задачей». — «Но стоит ли огород городить? — опять не выдержал Полунин. — Может, в общих затратах мы и выиграем по сравнению с уравниловкой, но так мало, что нет смысла этим и заниматься». — «Давайте уж тогда оценим и уравниловку, — предложила Оля. — Это же просто. Каждый должен собрать одно и то же количество $x_i = \frac{R}{n}$, а значит, затраты равны:

$$\Phi_{\text{ур}} = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{2k_i} \left(\frac{R}{n}\right)^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{R^2}{n^2} \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{k_i}.$$

Теперь разделим минимальные затраты в механизме Иванова на полученные и увидим, что мы выиграем». — «Иванов — изобретатель механизмов», — фыркнул Полунин, но никто не обратил на это внимание. Всем не терпелось получить ответ. Однако, найдя отношение

$$Q = \frac{\Phi_{\min}}{\Phi_{\text{ур}}} = \frac{n^2}{\left(\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{k_i}\right)\left(\sum_{i=1}^{n} k_i\right)},$$

ребята встали в тупик. А как же вычислить эту величину? Ведь на самом-то деле значения k_i, отражающие возможности каждого ученика, не известны! Пришлось снова звать Владимира Николаевича.

«Давайте рассуждать, — сказал Владимир Николаевич. — Если бы возможности у всех учеников класса были одинаковы, т. е. коэффициенты k_i у всех равны, то $Q = 1$, т. е. $\Phi_{ур} = \Phi_{min}$, и Полунин прав: огород городить не стоит. Однако это не так. Возможности у ребят разные. Из этого и исходил Иванов, придумывая свой механизм. И ты, Полунин, зря иронизировал: изобретение механизмов управления в обществе — задача, пожалуй, поважнее, чем изобретение технических механизмов. И я думаю, в ближайшем будущем звание «Заслуженный изобретатель организационных механизмов» будет столь же почетным, как и заслуженный изобретатель в технике или народный артист. Но вернемся к вашей задаче. Нужно как-то грубо оценить различные возможности ребят в классе. Например, ограничим коэффициенты k_i снизу и сверху:

$$k_{min} \leqslant k_i \leqslant k_{max},$$

т. е. $k_i \in [k_{min}; k_{max}]$ для всех i.

Теперь посмотрим, какая будет эффективность уравниловки по сравнению с механизмом Иванова в самом неблагоприятном случае. Для этого нужно найти минимум выражения для Q по всевозможным значениям k_i из отрезка $[k_{min}; k_{max}]$. Смотрите, ребята, — и Владимир Николаевич нарисовал график (рис. 2). — Где эта функция принимает минимальное значение?» — «В точке k_{min}», — быстро ответила Ира. «А если я нарисую по-другому?» — и Владимир Николаевич нарисовал на том же рисунке другой график штриховой линией. «Тогда в точке k_{max}». — «Правильно, Q в зависимости от конкретных значений коэффициентов может принимать минимальные значения только в одной из двух точек: k_{min} или k_{max}. Но мы не знаем, в какой из

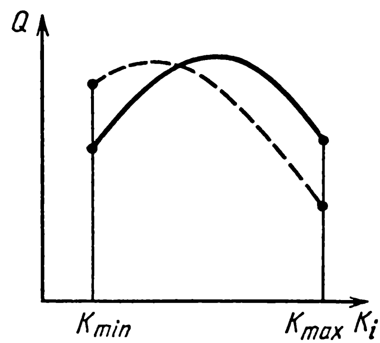


Рис. 2

них. Вот мы и введем новую переменную m для обозначения числа учеников, для значения k_i которых минимум достигается в точке k_{min}. Соответственно для $(n - m)$ учеников это происходит в точке k_{max}. С введением новой переменной выражение для Q можно записать так:

$$Q = \frac{n^2}{\left[\frac{m}{k_{min}} + \frac{(n-m)}{k_{max}}\right] [mk_{min} + (n-m)k_{max}]}.$$

Здесь уже одно неизвестное — число m. Значит, нужно определить m, при котором Q минимально, или, что одно и то же, при котором знаменатель

$$\left(\frac{m}{k_{min}} + \frac{n-m}{k_{max}}\right) (mk_{min} + (n-m)k_{max})$$

максимален. Ого, ребята, уже 9 часов. На сегодня хватит». — «Сложная это штука — придумывать механизмы», — задумчиво сказал Полунин, расставаясь с друзьями. «Придумывать-то, может, и несложно, а вот доказать, что он хороший, особенно таким, как ты, — это действительно сложно, — буркнул Иванов. — До свидания, я пошел спать».

Но спать Алеша не мог. Ему не терпелось оценить свой механизм. Он посмотрел на формулу для знаменателя. Чему равен его максимум? Если $m = 0$ $(k = k_{max})$ или $m = n$ $(k = k_{min})$, то знаменатель равен 1. Меньше он быть не может — это ясно, значит, максимум где-то между 0 и n. Нужно взять производную. После недолгих вычислений Алеша получил:

$$m = \frac{n}{2}.$$

То, что при n нечетном m получается не целое, его сначала смутило, но потом он махнул на это рукой: «У нас 30 человек — четное число, так что все в порядке». Подставив $m = \frac{n}{2}$ в формулу для Q, он получил:

$$Q = 4\left(\frac{k_{min}}{k_{max}} + \frac{k_{max}}{k_{min}} + 2\right)^{-1}.$$

Формула получилась даже изящной. Чтобы сделать ее еще более компактной, Иванов решил обозначить отношение $k_{max} : k_{min}$ через q и после несложных преобразований получил:

$$Q = \frac{4q}{(q+1)^2}.$$

Работа эта его увлекла, и он составил таблицу значений Q для различных q:

p	1	2	3	4	5	6	7	8
Q	1	$\frac{8}{9}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{16}{25}$	$\frac{5}{9}$	$\frac{24}{49}$	$\frac{7}{16}$	$\frac{32}{81}$

Затем нарисовал график (рис. 3). Теперь ему все было ясно. На следующий день он первым делом подошел к Полунину: «Как ты считаешь, во сколько раз могут отличаться возможности ребят по сбору макулатуры у нас в классе?» — «Я думаю, раз в пять-шесть, — уверенно сказать Полунин, — не меньше, во всяком случае». — «Тогда мой механизм лучше уравниловки по крайней мере в два раза», — и Иванов показал Олегу график. «Ух ты, — воскликнул Полунин. — Сам решил?» — «Сам, а кто же еще. Ну что, действуем?» — «Подожди, Алеша, ты не обижайся, но я сомневаюсь». — «В чем?» — «Ты уверен, — продолжал Полунин, — что ребята честно напишут о своих возможностях?» — «А почему нет?» — «Это я тебя должен спросить, почему да. Давай рассуждать логично. Я не хочу сказать, что у нас плохие ребята и что они только и думают, как бы обмануть тебя. Но если уж мы договорились опираться на математическое описание их поведения (я имею в виду ту самую линейную модель «затраты — стимулы»), то объясни, почему каждый будет сообщать действительный коэффициент k_i, а скажем, не в 10 раз больше или в 10 раз меньше. Или, например, все сообщат одинаковые коэффициенты, тогда опять уравниловка! Может быть, сообщая, скажем, в два раза меньший, чем на самом де-

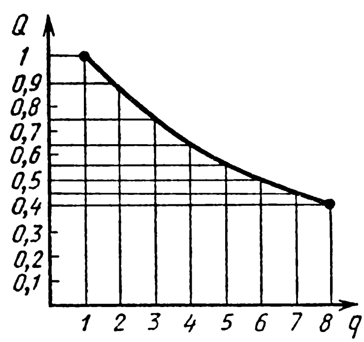


Рис. 3

ле, коэффициент, я получу еще бо́льшую разность стимулов и затрат? Ты об этом подумал?» — «Чем дальше в лес, тем больше щепок, — сострил Иванов. — Что же делать?» — «Думать и еще раз думать», — сказал Полунин.

§ 3. ВОСПИТАНИЕ ЧЕСТНОСТИ

Вечером ребята поделились новыми сомнениями с Владимиром Николаевичем. «Молодцы, — похвалил он. — Так вы скоро будете крупными специалистами по организационному управлению. Шутка ли, самостоятельно поставить центральную проблему теории активных систем — проблему достоверности информации». — «Это все Полунин со своими сомнениями, — вставил Иванов. — А как же все-таки мой механизм, решает он эту проблему?» — «Давай попробуем разобраться с помощью нашей упрощенной модели, — предложил Владимир Николаевич. — Нам нужно, опираясь на модель поведения каждого ученика, попытаться предсказать, что он сообщит Иванову о своих возможностях: честно раскроет их или постарается преувеличить или преуменьшить. В линейной модели «стимулы — затраты» каждый ученик сообщает всего одну величину — коэффициент k_i. Давайте истинное значение коэффициента обозначим через r_i, а через k_i будем обозначать ту оценку, которую ученик i сообщает Иванову. Если $k_i > r_i$, то ученик i преувеличивает свои возможности в сборе макулатуры, а если $k_i < r_i$, то преуменьшает. Конечно, хотелось бы, чтобы $k_i = r_i$, т. е. все ученики откровенно раскрыли Иванову свои реальные возможности». — «Так они и раскроют!» — вставил Полунин. «Не спеши, а лучше попробуй ответить, что тебе выгоднее сообщать, если ты заинтересован обеспечить максимум разности стимулов и затрат». — «Если я сообщу оценку k_i, — начал Полунин, — то получаю задание принести $x_i = \lambda k_i$ кг макулатуры, за что мне дают $\lambda x_i = \lambda^2 k_i$ баллов, а затраты моих сил равны $\frac{1}{2r_i} x_i^2 = \frac{\lambda^2 k_i^2}{2r_i}$. Таким образом мы получаем, что разность стимулов и затрат составляет:

$$\lambda^2 k_i - \frac{\lambda^2}{2r_i} k_i^2 = \lambda^2 k_i \left(1 - \frac{k_i}{2r_i} \right).$$

Ясно, что мне нужно сообщить такое k_i, при котором эта разность максимальна. Я возьму производную и приравняю ее к нулю:

$$1 - \frac{k_i}{r_i} = 0, \text{ т. е. } k_i = r_i.$$

Вот это фокус! Оказывается, мне выгодно сказать Иванову правду». — «Я же тебе говорил, Фома неверующий, я же чувствовал», — оживился Иванов.

«А я получила этот же результат, но гораздо проще. Смотрите, — Оля Басова показала ребятам две формулы. — Полунину хочется получить задание $x_i = \lambda r_i$, так как оно дает максимум разности стимулов и затрат, если цена макулатуры равна λ, а Иванов дает ему задание $x_i = \lambda k_i$, так как получил от него оценку k_i. Очевидно, что Полунину нужно сообщить $k_i = r_i$, и он получит задание, которое его больше всего устраивает». — «Ну и отлично, — подытожил Иванов. — Все в порядке. Пошли по домам». — «Стойте, ребята, — сказала вдруг Ира Бардина, — но ведь цена макулатуры тоже зависит от сообщаемых оценок». — «Действительно, — теперь оживился Полунин, — чем меньше я сообщу k_i, тем выше цена, а это всем выгодно». — «Что же это, Владимир Николаевич, — чуть не заплакал Иванов, — неужели ничего не выйдет?» — «Не беспокойся, Алеша, с твоим механизмом все в порядке, хотя Ира и права: оценка каждого ученика будет влиять на цену λ. Но это влияние весьма слабое, можете убедиться сами. Пусть все сообщили оценки $k = 5$, а Полунин может сообщить любую оценку, скажем от 1 до 10. Посмотрим, как будет меняться цена. Если Полунин сообщит оценку $k = 5$, как и все, то цена будет равна:

$$\lambda = \frac{R}{\sum\limits_{i=1}^{k} k_i} = \frac{150}{30 \cdot 5} = 1.$$

Если Полунин сообщит максимальную оценку $k = 10$, то цена будет равна:

$$\lambda_1 = \frac{150}{29 \cdot 5 + 10} = \frac{150}{155} \approx 0{,}97.$$

т. е. практически также 1 баллу. А если он сообщит минимальную оценку $k = 1$, то

$$\lambda_2 = \frac{150}{29 \cdot 5 + 1} \approx 1{,}03,$$

что также практически равно 1 баллу. Как видишь, влияние каждого из нас на общую для всех цену пренебрежимо мало. Так что ты придумал отличный механизм, Алеша. Раз уж об этом зашла речь, я проведу некоторую аналогию с экономическими системами.

Вы все, конечно, знаете, что такое рынок и рыночная цена. Каждый продавец ориентируется на рыночные цены, понимая, что он один не может на них ощутимо повлиять. Если он повысит цену на свой товар, то у него не будут покупать, а продавать по меньшей цене ему невыгодно (конечно, если он не очень спешит). Здесь также проявляется эффект «слабого влияния». — «Извините, Владимир Николаевич, — прервал Полунин, — а если только я один продаю, скажем, клубнику или все продавцы объединились и подняли цены?» — «Я ждал этого вопроса. Фактически ты говоришь о монополии одного или группы продавцов на продажу данного товара. Если говорить о рынке, то здесь существенным регулятором цен является государственная и кооперативная торговля. А вот международный или капиталистический рынок — это другое дело. Там монопольный эффект очень опасен. Не случайно фирмы и компании ведут борьбу за монопольное положение на рынке, это обеспечивает им сверхприбыли».

«А у нас могут быть монополисты по сбору макулатуры?» — спросила Ира. «В принципе все может быть. Представим себе, что, например, у Оли появилась возможность доставать сколько угодно макулатуры. Таким образом, ее реальные возможности значительно превышают возможности всех остальных, вместе взятых. В нашей модели это означает, что коэффициент возможностей Оли (пусть это будет r_1) значительно превышает сумму коэффициентов всех остальных ребят:

$$r_1 \gg \sum_{i \neq 1} r_i.$$

Таким образом, Оля стала монополистом по сбору макулатуры. Алеша, как в этом случае будет работать твой механизм?» Иванов подумал немного и сказал: «Я поручу Оле собрать все 150 кг, и она получит за это... Гм... Сколько же это будет? Пусть, например, $r_1 = 1500$, тогда уже при $\lambda = 0,1$ балла Оля может собрать все 150 кг. Пусть остальные ребята не имеют таких возможностей и у них $r_i = 1$. Тогда я назначу цену $\lambda = \frac{150}{1500 + 29} \approx 0,1$ балла, и Оля получит за 150 кг 15 баллов, вот и все». — «А вот и не все, поскольку здесь-то и может проявиться монопольный эффект. Смотрите: пусть Оля вместо истинной оценки $r_1 = 1500$ сообщит Иванову всего $k_1 = 29$, т. е. в 50 раз занизит свои реальные возможности. В этом случае она получит задание собрать 75 кг, что составляет половину задания всего класса, поскольку $\frac{150 \cdot 29}{58} = 75$ кг. При этом цена будет гораздо выше, чем 0,1 балла, и равна:

$$\lambda = \frac{150}{29 + 29} \approx 2,5.$$

Оля получит $2,5 \cdot 75 = 187,5$ баллов вместо 15 и, конечно, станет победителем по числу набранных баллов. Этот пример показывает, что механизм Иванова плох, если имеются монополисты. К счастью, в вашем случае такой опасности нет. А теперь будем пить чай».

За чаем Полунин долго молчал, а потом спросил: «Владимир Николаевич, но все-таки наши выводы получены на простой линейной модели. Можно мне быть уверенным, что в реальных условиях все будет также хорошо?» — «Не беспокойся, Олег, — успокоил его Владимир Николаевич, — все будет хорошо. Этот механизм известен в теории активных систем и довольно детально исследован для различных функций затрат. Все положительные свойства механизма сохраняются. За свои положительные свойства, главное из которых — заинтересованность всех членов организации ничего не скрывать (ни своих возможностей, ни своих трудностей), этот механизм получил специальное название — механизм открытого управления. В названии заложена его сущность.

С одной стороны, руководитель не скрывает от подчиненных принципов назначения заданий и последующей оценки работы и стимулирования, более того, ему выгодно в интересах общего дела открыть эти принципы для всех. С другой стороны, подчиненные открывают истинное положение дел (это им также выгодно).

Совсем недавно удалось строго математически доказать, что если руководитель хочет иметь от подчиненных достоверную информацию (неприукрашенную или более мрачную, чем на самом деле), то он должен применять механизмы открытого управления. Вы заметили, что Иванов дает каждому такое задание, которое является самым выгодным для каждого, т. е. обеспечивает максимум разности стимулов и затрат, конечно, при той информации о функции затрат, которую вы ему даете. Другими словами, Иванов, определяя величину задания, заботится об интересах каждого из вас. Вот и получается, что, обманывая Иванова, вы обманываете самих себя, так как не даете Иванову возможности правильно учесть ваши интересы».

«Это понятно, Владимир Николаевич, мы благодарны Иванову за заботу о нас и не будем его обманывать. Но что он получит взамен, где его интерес?» — «Как где? Вы что, еще не догадались? Он получает истинную картину возможностей каждого, обеспечивает надежный сбор требуемого количества макулатуры с минимальной нервной нагрузкой и минимальными усилиями всего класса и прослывет лучшим организатором в школе. По-моему, это немало, а, Леша?» — «Согласен, — уныло сказал Иванов, — но механизм-то, оказывается, не я придумал». — «Как не ты? Ты же сам до всего додумался. Так что ты изобретатель, хотя и не первооткрыватель». — «В общем изобретатель велосипеда», — вставила Оля. «Нет, Оля, ты не права, предложить применение пусть и известного принципа в новой области, в данном случае для улучшения организации сбора макулатуры в вашем классе, — это не менее важно. Но я хочу, чтобы вы запомнили главное — механизмы открытого управления являются основным инструментом согласования интересов в любой организации». — «А в армии? — спросил вдруг Полунин. — Там же все по-другому: приказали и выполняй, никакого согласования интересов!» — «Давайте разберемся. Во-первых, скажи, Олег, нужно ли командиру спрашивать солдат, что они могут, а что нет». — «Да вроде не нужно, — неуверенно ответил Полунин. — Солдат специально учат и тренируют, чтобы они умели делать все, что надо». — «Солдат заинтересован выполнить приказ, поскольку невыполнение ведет к весьма серьезному наказанию, а успешное выполнение поощряется (благодарность, повышение в звании, отпуск домой, награждение медалью, орденом и т. д.). Не случайно приказная форма управления (в теории такое управление называется принципом жесткой централизации) применяется в большинстве армий мира. Однако еще раз хочу подчеркнуть, что приказная форма управления эффективна только при наличии двух условий: знания руководителем возможностей подчиненных и права руководителя применять сильные стимулы (наказание в случае невыполнения задания и поощрение в случае успешного выполнения). К сожалению, встречаются еще такие руководители, которые управляют, пользуясь только приказами и распоряжениями, хотя ни первое, ни второе условие не выполняется.

Но что-то мы засиделись, уже поздно, давайте расходиться. А насчет твоего механизма, Алеша, у меня возникла идея. Давайте проверим его экспериментально, и тогда вы примете окончательное решение». — «Это как? — удивилась Оля. — Будем собирать макулатуру?» — «Нет, — улыбнулся Владимир Николаевич, — мы будем играть в сбор макулатуры. Вы слышали что-нибудь о деловых играх? Не слышали? Ну вот что, завтра воскресенье, приходите часиков в 12, проведем деловую игру «Сбор макулатуры».

§ 4. ПОДГОТОВКА К ИГРЕ

На следующий день уже в половине двенадцатого ребята были все в сборе. Владимир Николаевич с Ирой сидели за столом и заполняли какие-то таблицы. «Помогите нам», — сказал Владимир Николаевич и раздал ребятам листы бумаги, на которых было написано:

Деловая игра «Сбор макулатуры»

Игрок № _____ Ф. И. О.

Затраты на сбор макулатуры.

Задание, кг	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Затраты, баллы									

«Как я уже говорил вчера, приносить макулатуру вы не будете. В игре каждый из вас будет получать задание собрать от 1 до 9 кг макулатуры. За выполнение его вы получаете определенное количество баллов, из которого вычитается количество баллов, равное величине затрат на сбор соответствующего количества макулатуры. Величина затрат определяется из таблицы затрат. Остаток и определяет выигрыш игрока.

Для проведения игры каждый должен составить свою таблицу затрат. Вообще говоря, я мог бы заранее заготовить такие таблицы и раздать их вам, но я этого не успел сделать. Поэтому оцените свои затраты (сил, времени) на сбор 1, 2, 3 и т. д. до 9 кг макулатуры — больше нам, я думаю, не потребуется — и запишите эти оценки в таблицу. Можете брать произвольные числа, естественно, с ростом величины задания оценки не должны уменьшаться».

«Владимир Николаевич, но все-таки, в чем смысл этих оценок? — спросил Денис Парамонов. — Пусть я оценил затраты на сбор 2 кг макулатуры в 1 балл. Что это значит?» — «А это значит, Денис, что ты согласен потратить силы и время на сбор 2 кг макулатуры, если за это получишь не меньше чем 1 балл активности. Это твоя собственная сравнительная оценка затрат и стимулов (баллов за активность). Все заполнили свои таблицы? Давайте составим общую таблицу, чтобы посмотреть, какие у кого возможности».

Таблица
затрат на сбор макулатуры $\varphi(x)$

№ п/п	Ученик	№ таблицы	Задание, кг								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Парамонов Денис	1	0	1	3	4	6	7	10	11	13
2	Полунин Олег	2	0	1	2	3	6	8	10	15	18
3	Горохов Петр	3	0	0	1	2	3	4	6	8	10
4	Коренев Кирилл	4	1	1	2	2	2	3	4	6	8
5	Бардина Ира	5	1	1	2	2	3	3	5	6	8
6	Иванов Алексей	6	2	3	5	7	10	13	16	18	20

Теперь каждый должен подготовить таблицу выигрышей, которая поможет вам ориентироваться в игре и позволит быстро определить виыгрыш каждого, равный разности стимулов и затрат. Собственно говоря, каждый должен вычислить разность $\lambda x - \varphi(x)$ при всех возможных значениях цены λ от 1 до 9 и заданиях от 1 до 9 кг.

Вот, например, как будет выглядеть таблица выигрышей Полунина:

Цена, баллы	Задание, кг								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	$\boxed{1}$	$\boxed{1}$	$\boxed{1}$	$\boxed{1}$	−1	−2	−3	−7	−9
2	2	3	4	$\boxed{5}$	4	4	4	1	0
3	3	5	7	9	9	10	$\boxed{11}$	9	9
4	4	7	10	13	14	16	$\boxed{18}$	17	$\boxed{18}$
5	5	9	13	17	19	22	25	25	$\boxed{27}$
6	6	11	16	21	24	28	32	33	$\boxed{36}$
7	7	13	19	25	29	34	39	41	$\boxed{45}$
8	8	15	22	29	34	40	46	49	$\boxed{54}$
9	9	17	25	33	39	46	53	57	$\boxed{63}$

Таблица заполняется следующим образом. В клетку на пересечении столбца с номером i и строки с номером j вы должны вписать ваш выигрыш, если задание на сбор макулатуры будет i кг, а цена за 1 кг j баллов. Этот выигрыш равен

$$j \cdot i - \varphi_i,$$

где φ_i — величина затрат на сбор i кг макулатуры из таблицы затрат. Так, например, если $i = 4$, $j = 5$, т. е. Полунин получил задание собрать 4 кг, а цена назначена в 5 баллов, то в клетку на пересечении 4-го столбца и 5-й строки он должен вписать число

$$5 \cdot 4 - \varphi_4 = 20 - 3 = 17 \text{ баллов.}$$

Заполняйте таблицы и начнем игру».

Через 10 минут со спорами и исправлениями все таблицы были готовы. «Объясняю правила игры, — начал Владимир Николаевич. — Я буду отвечать за сбор макулатуры, а ты, Алеша, лучше поиграй, чтобы самому понять что к чему. Итак, вас 6 игроков, всего нужно собрать 30 кг макулатуры. Ваша задача — в каждой партии игры заполнить и передать мне таблицу, в которой против каждого значения цены вы пишете, сколько киллограммов макулатуры согласны собрать при этой цене. Писать вы можете все, что хотите, так как я не знаю вашей таблицы затрат. Понятно?» — «Понятно! — закричали ребята. — А дальше что?» — «А дальше, — продолжал Владимир Николаевич, — моя работа. Я определяю минимальную оценку, при которой вы все вместе соберете не меньше чем 30 кг, объявляю эту оценку и даю каждому именно то задание, которое он написал при этой цене, как и происходит в механизме Иванова. Наконец, каждый из вас определяет свой выигрыш по таблице выигрышей. Мы сыграем 6 партий, чтобы получить оценку нашего механизма. Есть вопросы?» Вопросов не было, всем не терпелось начать игру.

§ 5. ПРИНЦИП РАВНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ

«Прежде чем начать игру, я хочу еще раз объяснить вашу задачу, — сказал Владимир Николаевич. — Она проста. Вы должны как можно больше получить баллов. Поэтому вы заинтересованы, с одной стороны, в высокой цене за килограмм, а с другой — в получении оптимального задания, т. е. задания, обеспечивающего при этой цене максимум разности стимулов и затрат. А теперь думайте».

После нескольких минут размышлений все сдали Владимиру Николаевичу свои оценки. Он эти 6 таблиц свел в одну, и получилась такая таблица:

Таблица
возможностей игроков в I партии

№ п/п	Игроки	№ таблицы	Цена 1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Парамонов	1	1	$\boxed{6}$	8	9	9	9	9	9	9
2	Полунин	2	1	$\boxed{4}$	7	7	9	9	9	9	9
3	Горохов	3	2	$\boxed{6}$	9	9	9	9	9	9	9
4	Коренев	4	5	$\boxed{7}$	9	9	9	9	9	9	9
5	Бардина	5	6	$\boxed{8}$	9	9	9	9	9	9	9
6	Иванов	6	1	$\boxed{2}$	9	9	9	9	9	9	9
	Сумма		16	$\boxed{33}$	51	52	54	54	54	54	54

«Все понятно, — сказал Владимир Николаевич, — в первой партии все честно написали для каждой цены то количество, которое обеспечивает максимум выигрыша (это легко определить по таблице выигрышей). Правильное решение. В первой партии важно выяснить обстановку. Посмотрите таблицу возможностей. Уже при цене $\lambda = 2$ мы получаем в сумме больше 30 кг. Следовательно, я назначаю цену $\lambda = 2$ балла за 1 кг и даю каждому соответствующее задание (задания помещены в квадратик в таблице возможностей). Теперь каждый может определить свой выигрыш по таблице выигрышей. Ну-ка, посмотрим, что получилось».

Игроки	Парамонов	Полунин	Горохов	Коренев	Бардина	Иванов
Выигрыши	5	5	8	10	10	1

«Ура! Мы выиграли», — обрадовался Коренев и Бардина. «Не спешите с выводами, — остановил их Владимир Николаевич, — возможности-то у всех разные, поэтому нельзя утверждать, что, у кого больше баллов, тот лучше играет». — «А как же тогда определить победителя?» — спросил Петр. «В первую очередь нужно поставить вас всех в одинаковые условия, как в спорте. Это можно сделать разными способами. Сделаем так: через несколько партий вы меняетесь строчками затрат и таблицами выигрышей, например, Парамонов берет таблицу Полунина, Полунин — Горохова и т. д. по кругу. Затем через столько же партий снова меняетесь и так шесть раз, так чтобы каждый провел одинаковое число игр с каждой строкой таблицы затрат. Ясно, что теперь все в равных условиях и кто наберет за все партии больше баллов, тот и победитель. У нас времени мало, и поэтому будем менять номера игроков, а значит, и соответствующие таблицы после каждой партии. Ничего страшного в этом нет: каждая партия соответствует очередному мероприятию по сбору макулатуры и, естественно, возможности каждого игрока в каждой партии могут быть разными. Итак, поменяйтесь таблицами и начнем вторую партию». (Парамонов взял таблицу Полунина, Полунин — Горохова и т. д., Иванов — Парамонова).

Во второй партии Владимир Николаевич получил от ребят такие оценки:

Таблица
возможностей игроков во II партии

№ п/п	Игроки	№ таблицы	Цена						Выигрыши
			1	$\boxed{2}$	3	4	5	6	
1	Парамонов	2	2	$\boxed{6}$	6	8	7	8	4
2	Полунин	3	3	$\boxed{7}$	9	9	9	9	8
3	Горохов	4	7	$\boxed{8}$	9	9	9	9	10
4	Коренев	5	2	$\boxed{4}$	6	6	7	7	6
5	Бардина	6	3	$\boxed{5}$	4	4	4	8	0
6	Иванов	1	2	$\boxed{2}$	6	8	8	9	3
	Сумма		19	$\boxed{32}$	40	44	44	50	

«Цена макулатуры остается прежней, — объявил Владимир Николаевич, — запишите выигрыши, обменяйтесь таблицами (теперь таблицу 1 получает Бардина, таблицу 2 — Иванов, 3 — Парамонов и т. д.) и перейдем к следующей партии». Остальные 4 партии прошли довольно быстро. Результаты Владимир Николаевич свел в таблицы (таблицы V и VI партий приведены на с. 60).

Таблицы

возможностей игроков в III и IV партиях

№ п/п	Игроки	Цена									
		№ таблицы	Партия III				№ таблицы	Партия IV			
			1	$\boxed{2}$	3	Выигрыш		1	2	$\boxed{3}$	Выигрыш
1	Парамонов	3	4	$\boxed{8}$	9	8	4	1	1	$\boxed{8}$	18
2	Полунин	4	3	$\boxed{9}$	8	10	5	1	2	$\boxed{5}$	12
3	Горохов	5	4	$\boxed{9}$	9	10	6	1	4	$\boxed{8}$	6
4	Коренев	6	1	$\boxed{1}$	9	0	1	1	2	$\boxed{2}$	5
5	Бардина	1	2	$\boxed{6}$	9	5	2	1	2	$\boxed{3}$	7
6	Иванов	2	3	$\boxed{3}$	7	4	3	3	9	$\boxed{5}$	12
	Сумма		17	$\boxed{36}$	51			8	20	$\boxed{31}$	

В графе «№ таблицы» указаны номера таблиц выигрышей (и строчек затрат), которые игрок имеет в соответствующих партиях (так, Парамонов в пятой партии имеет таблицу 5, а в шестой — 6, т. е. таблицы, которые имели в первой партии Бардина и Иванов).

В таблицы я поместил ваши оценки только до той цены, которая была установлена, так как остальные оценки фактически не влияли на ход игры. По данным таблиц могу сказать, что некоторые из вас применили весьма хитрую тактику, по-видимому, согласованную. Посмотрите, в V и VI партиях Парамонов, Горохов, Бардина и Иванов явно объединились (как говорят, образовали коалицию) и в какой-то степени диктуют рост цены».

Таблицы
возможностей игроков в V и VI партиях

№ п/п	Игроки	Цена											
		№ таблицы	Партия V				№ таблицы	Партия VI				
			1	2	$\boxed{3}$	Выигрыш		1	2	3	$\boxed{4}$	Выигрыш
1	Парамонов	5	1	1	$\boxed{2}$	5	6	1	1	1	$\boxed{3}$	7
2	Полунин	6	1	1	$\boxed{2}$	3	1	3	3	3	$\boxed{1}$	4
3	Горохов	1	1	1	$\boxed{9}$	14	2	1	1	1	$\boxed{7}$	18
4	Коренев	2	1	1	$\boxed{8}$	9	3	4	4	4	$\boxed{8}$	24
5	Бардина	3	3	7	$\boxed{9}$	17	4	1	1	1	$\boxed{8}$	26
6	Иванов	4	1	1	$\boxed{1}$	2	5	1	1	1	$\boxed{9}$	28
	Сумма		8	12	$\boxed{31}$			11	11	11	$\boxed{36}$	

§ 6. КТО ПОБЕДИЛ?

«Ну что же, пора подводить итоги. Подсчитайте каждый сумму баллов, полученных за все 6 партий. Что получилось: Парамонов — 47, Полунин — 42, Горохов — 66, Коренев — 54, Бардина — 65, Иванов — 50. Итак, в игре победил Горохов Петр. Теперь нам нужно ответить на два вопроса. Первый: выгодно ли в игре сообщать искаженные оценки возможностей, другими словами, помогает ли ложь победить в этой игре? Для ответа оценим степень искажения истинных возможностей каждым игроком. Так, например, Полунин в первой игре получил задание собрать 4 кг. Посмотрите таблицу выигрышей Полунина в первой партии. По цене в 2 балла задание 4 кг обеспечивает максимальный выигрыш, т. е. Полунин сообщил истинную оценку своих возможностей и искажение информации равно 0. Во второй партии таблица выигрышей, которая была у Полунина, будет уже у Парамонова, который при цене в 2 балла имеет задание собрать 6 кг. Однако истинная оценка при цене в 2 балла равна 4 кг, как мы убедились в первой партии. Следовательно, искажение информации Парамоновым равно в этой партии 2 кг. Определите самостоятельно искажение информации в каждой партии как модуль разности полученного задания и самого выгодного задания при установленной цене макулатуры, а также суммарное искажение информации каждым за все 6 партий. Что получилось? Так, у Парамонова 16 кг, у Полунина 19 кг, у Горохова 1 кг, у Коренева 14 кг, у Бардиной 6 кг и у Иванова 17 кг. А теперь построим график зависимости числа выигранных баллов от степени искажения информации (рис. 4). Как видите, картина в общем получается довольно ясная: чем меньше игрок искажает информацию о своих возможностях, тем больше он выигрывает. Что можно сказать о таком механизме?»

«Хороший механизм, — сказала Ира. — Говори правду, иначе проиграешь». — «А как насчет суммарных затрат на сбор макулатуры?» — спросил Иванов. «Это второй вопрос, на который нам нужно ответить.

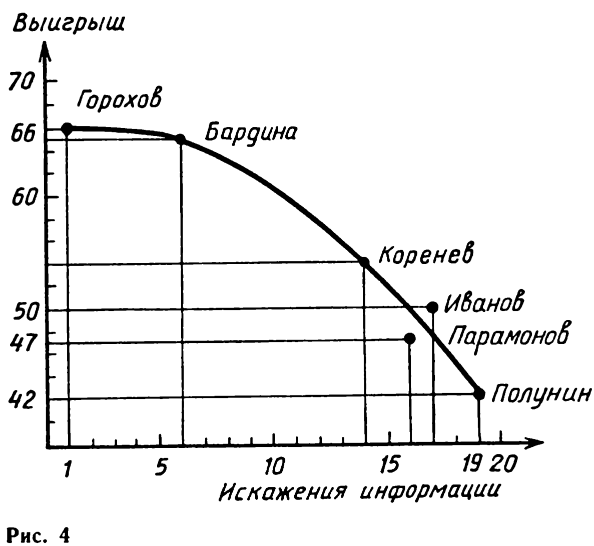


Рис. 4

Во-первых, определим минимум суммарных затрат на сбор того количества макулатуры, которое вы собрали в каждой партии. В первой партии вы собрали 33 кг, во второй — 32 кг, в третьей — 36 кг, в четвертой и пятой — по 31 кг, и в шестой — снова 36 кг. Чтобы не терять времени, не будем решать задачу минимизации суммарных затрат для функций затрат, которые вы себе записали. Пока вы пили чай, я решил эту задачу и путем перебора получил, что минимальные затраты на сбор 31 кг равны 24 баллам, на сбор 32 кг — 26 баллам, на сбор 33 кг — 27 баллам и, наконец, на сбор 36 кг равны 33 баллам.

Теперь осталось сравнить, насколько затраты в каждой партии больше минимальных. Зная задание и функции затрат каждого игрока, легко определить суммарные затраты в каждой партии. Полунин и Иванов, займитесь этим, а мы пока определим искажение информации всеми игроками в каждой партии». Ребята занялись подсчетом и минут через 10 получили следующую таблицу:

№ партии	1	2	3	4	5	6
Искажение информации (баллы)	0	11	2	21	23	16
Отношение минимальных затрат к фактическим	1	$\frac{26}{33}$	$\frac{33}{35}$	$\frac{24}{33}$	$\frac{24}{43}$	$\frac{33}{38}$

Владимир Николаевич начертил еще один график и показал его ребятам. «Смотрите, если полученную таблицу изобразить графически, как показано на рисунке 5, и провести кривую, то сразу напрашивается качественный вывод: чем меньше искажение информации, тем меньше и суммарные затраты на сбор макулатуры (больше эффективность механизма). Вот вам и экспериментальное подтверждение хороших свойств механизма Иванова. Безусловно, для обоснованной оценки шести партий мало, но если остались сомнения, то можно уже самостоятельно провести столько партий, сколько потребуется». — «Сомнений не осталось, — объявил Полунин, — во всяком случае у меня, завтра начинается сбор макулатуры, проведем его по-

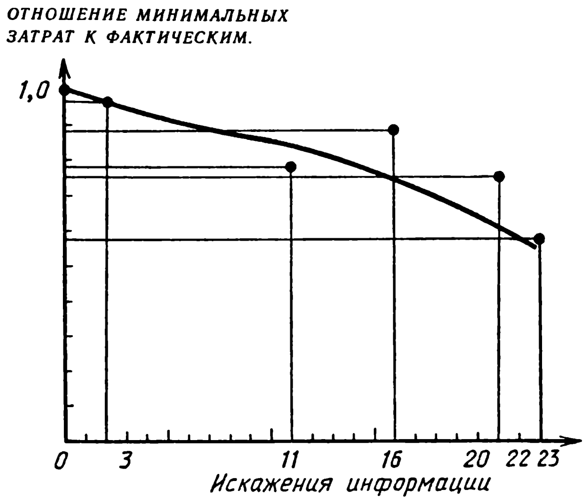


Рис. 5

новому». — «А у меня и не было сомнений, — добавил Иванов, — но я думаю, что предварительно следует провести такую деловую игру в классе, тогда ребята сразу уяснят, в чем тут дело». — «Правильно, Алеша, — закончил беседу Владимир Николаевич, — проведение деловой игры существенно облегчает внедрение любого нового способа управления, любого нового механизма. Желаю успеха».

§ 7. ЗАБОТЫ ГЕНЕРАЛЬНОГО ДИРЕКТОРА

Прошел месяц. Механизм сбора макулатуры вошел в жизнь класса. Однажды ребята снова собрались у Иры, и Владимир Николаевич поинтересовался: «Как там твой механизм, Алеша?» — «Все в порядке, — ответил Иванов, — только я не понимаю, что мы с ним так долго возились. Разве нельзя было сразу попробовать? Даже если бы не получилось, невелика беда!» — «Беда-то в данном случае невелика, — ответил Владимир Николаевич, — но в управлении экономикой, производством, обществом метод проб и ошибок, который ты предлагаешь, слишком дорогое удовольствие и потери могут измеряться миллионами и более рублей. Но даже в нашем случае не считайте, что зря потеряли время. Механизм Иванова еще пригодится вам. Каждому из вас в будущем не раз придется организовывать проведение самых различных мероприятий. Механизм, который мы так детально исследовали, может помочь не только в сборе макулатуры. У него много профессий. Если у вас есть время, я расскажу о некоторых из них. Представьте себе, что Олег Петрович Полунин — директор крупного объединения. Объединению нужно выпустить продукцию, скажем, на 30 млн. рублей. В объединение входит пять предприятий. Как распределить плановое задание между этими предприятиями, учитывая, что предприятия могут иметь разную мощность, различное оборудование, в общем разные возможности по выпуску продукции? Улавливаете аналогию со сбором макулатуры?» — «Ну это очевидно, — сказал Полунин. — Выпуск продукции — это сбор макулатуры. А вот какие здесь стимулы и что такое в данном случае цена макулатуры?» — «Это совсем просто, — включился Иванов. — Цена — это цена продукции, стимулы — это объем реализованной продукции, а разность стимулов и затрат — это, по-моему, называется прибылью». — «Правильно, Алеша, ты, оказывается, крупный экономист, но вот загвоздка — цену макулатуры ты имел право устанавливать сам, а цену продукции директор объединения не может изменять произвольно, это контролирует Госкомцен (Государственный комитет по ценам)». — «А что может изменять директор объединения?» — спросила Оля Басова. «На этот вопрос трудно ответить однозначно. Дело в том, что сейчас в нашей стране идет коренная перестройка всего хозяйственного механизма и испытываются разные варианты взаимоотношений государства с объединениями и предприятий, входящих в объединение, с дирекцией объединения на основе хозяйственного расчета. Суть в том, что объединение, выпустив и реализовав продукцию на 30 млн. рублей (объем реализации P в рублях равен произведению цены Ц продукции на выпуск M в натуральном измерении, например в штуках, килограммах и т. д., т. е. $P = Ц \cdot M$), получает прибыль $П = ЦМ - Z$, где Z — суммарные затраты предприятий объединения на выпуск продукции. Из этой прибыли объединение производит отчисления в государственный бюджет, рассчитывается с банком за кредит, а также формирует по установленным нормативам фонды развития производства, науки и техники, фонд материального поощрения и фонд социального развития. Давайте ограничим наше исследование только одним фондом материального поощрения, который равен:

$$\text{ФМП} = a(\text{ЦМ} - Z),$$

где a — установленный норматив отчислений. Теперь необходимо распределить этот фонд между предприятиями объединения, и вот здесь, Олег, тебе, как генеральному директору, даны все права, думай и предлагай любой механизм». — «А что тут думать? — удивился Полунин. — Отдать каждому предприятию свою долю фонда, которую он заработал:

$$\text{ФМП}_i = a(\text{Ц}x_i - z_i),$$

где x_i — выпуск i-го предприятия, а z_i — его затраты. Это справедливо». — «Действительно, — согласился Владимир Николаевич, — на первый взгляд это справедливо. Однако посмотрим глубже. Вспомним линейную модель, она нам очень помогла в анализе механизма сбора макулатуры. Заметьте, что если $z_i = \frac{1}{2r_i}x_i^2$, то для предприятия i самый выгодный план (с точки зрения величины фонда материального поощрения) будет равен $\text{Ц}r_i$, а сумма выгодных планов всех предприятий объединения равна $\text{Ц}\sum_i r_i = \text{ЦН}$, где через Н я обозначил $\sum_i r_i$. Теперь представьте себе, что ЦН оказалось меньше, чем М. Что произойдет? Ну-ка, Ира, проведи анализ этой ситуации». — «Итак, — бойко начала Ира, — Полунин, как генеральный директор, должен распределить план объединения на выпуск продукции в количестве М. Но так как $\text{М} > \text{ЦН}$, то какое-то предприятие (а может, и не одно) получит план более высокий, чем ему хочется (а ему хочется получить $\text{Ц}r_i$). Директор этого предприятия, естественно, будет недоволен, поскольку уменьшается фонд материального поощрения его предприятия». — «Мало сказать — недоволен, — прервал Владимир Николаевич, — директор постарается не допустить, чтобы ему дали такой план. Он будет звонить Полунину, жаловаться на перебои в снабжении, на старое оборудование, на необходимость реконструкции цеха, на нехватку рабочих и т. д. Другими словами, налицо несогласованность интересов, а это, как мы уже обсуждали, явный признак плохого механизма. Думай, Полунин, думай. Вы, ребята, тоже думайте, все-таки генеральный директор — ваш друг». Ребята затихли. «Придумала! — закричала вдруг Ира. — Полунину нужно, как и при сборе макулатуры, назначить свою цену продукции, которая будет внутренней ценой, т. е. только для предприятий объединения. Если эту цену определять так же, как и цену макулатуры, и распределять общий фонд материального стимулирования пропорционально уже не реальной прибыли, а прибыли, определенной на основе этой цены, то, мне кажется, все будет в порядке». — «Молодец, Ира, — похвалил Владимир Николаевич, — ты повторила изобретение внутренних цен и внутреннего хозрасчета.

Однако проверим эту идею на линейной модели. Если внутренняя цена $\lambda = \frac{\text{М}}{\sum\limits_i r_i} = \frac{\text{М}}{\text{Н}}$, то внутренняя прибыль i-го предприятия составит:

$$\text{П}_i^{\text{вн}} = \lambda x_i - z_i.$$

Если Полунин не забыл принципа открытого управления, то он назначит каждому предприятию план $x_i = \lambda s_i$, где s_i — оценка возможностей i-го предприятия, сообщенная его директором. В этом случае внутренняя прибыль

$$\text{П}_i^{\text{вн}} = \lambda^2 s_i\left(1 - \frac{s_i}{2r_i}\right).$$

Теперь Полунин должен распределить фонд материального поощрения прямо пропорционально величине внутренней прибыли. Тогда предприятие получит:

$$\text{ФМП}_i = \frac{\text{П}_i^{\text{вн}}}{\sum\limits_j \text{П}_j^{\text{вн}}} \cdot \text{ФМП} =$$

$$\frac{s_i\left(1 - \frac{s_i}{2r_i}\right)}{\sum\limits_j s_j\left(1 - \frac{s_j}{2r_j}\right)} (\text{Ц}R - Z) \cdot a.$$

Имеет ли смысл директору i-го предприятия в данном случае скрывать свои резервы и жаловаться генеральному директору на трудную жизнь? Легко проверить, что нет. Действительно, обозначим $s_i\left(1-\frac{s_i}{2r_i}\right)$ через w_i, а $\sum\limits_{j\neq i} w_j$ через B_i. Тогда выражение для ФМП$_i$ можно записать более просто:

$$\text{ФМП}_i = \frac{w_i}{w_i+B_i}\,\text{ФМП} = \left(1-\frac{B_i}{w_i+B_i}\right)\text{ФМП}.$$

Очевидно, что, чем больше w_i, тем больше и ФМП$_i$. Максимум величины $w_i = s_i\left(1-\frac{s_i}{2r_i}\right)$ мы с вами уже находили. Он достигается при $s_i = r_i$, т. е. при объективном раскрытии директором всех возможностей предприятия. Обратите внимание, ребята, что при этом план объединения будет оптимальным по затратам, а значит, прибыль $\text{П} = cR - Z$ и $\text{ФМП} = a\text{П}$ объединения будут максимальными». — «А если у меня в объединении имеется монополист?» — спросил Полунин. «В данном случае монополист не страшен. А почему, предлагаю вам подумать и объяснить самостоятельно, — ответил Владимир Николаевич, — а я лучше расскажу о другой профессии нашего механизма».

§ 8. КАК РАБОТАТЬ БЫСТРЕЕ?

«Представим себе, что Ира, нет — Ирина Владимировна — директор научно-исследовательского института. Вашему институту, Ирина Владимировна, поручается разработка нового прибора, крайне нужного народному хозяйству. Просьба сделать его в максимально сжатые сроки, скажем за 1 год. Справитесь?» «Нужно посоветоваться с нашими специалистами», — отвечает Ирина Владимировна и собирает ведущих специалистов — начальника отдела по разработке принципов действия нового прибора Ивана Ивановича, начальника конструкторского бюро Ивана Кузьмича и начальника опытного производства Ивана Петровича. «Ваши предложения?» — спрашивает Ирина Владимировна, объяснив суть задания. «На разработку принципиальной схемы потребуется не менее 6 месяцев», — сказал Иван Иванович. «Мне столько же на разработку конструкции», — добавил Иван Кузьмич. «Опытное производство перегружено, но за 8 месяцев справимся, — заверил Иван Петрович. Что будешь делать, Ирина Владимировна?» — «Во-первых, нужны дополнительные стимулы, — подумав, ответила Ира, — например, я объявлю, что за каждый месяц сокращения сроков выполнения работ отдел получает премию, т. е. вместо цены макулатуры появляется цена времени сокращения работ. А дальше все понятно. Каждый начальник сообщает, какое сокращение срока работ может обеспечить отдел при премии, скажем, 100 р. за месяц сокращения, 200 р. и т. д. В общем все точно так, как в механизме сбора макулатуры, только вместо 150 кг макулатуры речь пойдет о 8 месяцах сокращения сроков работ». — «Отлично, вот вам еще одна профессия нашего механизма — организатор труда научных сотрудников и специалистов.

В общем механизмы открытого управления — удивительные механизмы, я бы сказал: это механизмы будущего, и о них можно говорить долго. Но на сегодня хватит». — «Владимир Николаевич, — прощаясь, не выдержал Иванов, — а какие еще бывают механизмы?» — «Самые разные, — ответил Владимир Николаевич, — конкурсные, многоканальные, прогрессивные, приоритетные, но об этом в другой раз. До свидания, ребята!»

Глава IV

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЕСУРСОВ, ИЛИ КАК БОРОТЬСЯ С ИСКУССТВЕННЫМ ДЕФИЦИТОМ

§ 1. СПРАВЕДЛИВО, НО НЕ ЭФФЕКТИВНО

Папа, ты обещал ребятам рассказать о других организационных механизмах». — «Обещал, значит, расскажу. Пусть приходят». На следующий день, когда ребята собрались, Владимир Николаевич неожиданно спросил: «Кто скажет, что такое дефицит?» — «Это недостаток чего-либо», — ответила Оля. «А почему недостаток» — снова спросил Владимир Николаевич. «Мало выпускают», — ответил Полунин. «По сравнению с чем мало?» — «По сравнению с тем, сколько просят потребители». — «А может быть, потребители просят больше, чем надо?» — «А зачем просить больше, чем надо? — задал встречный вопрос Кирилл. — От жадности что ли?» — «Да нет, — ответил Владимир Николаевич, — не от жадности, а по необходимости. Чтобы разобраться с этими вопросами, рассмотрим простую ситуацию. Предположим, что ты, Олег, начальник управления по снабжению металлом. К тебе поступают заявки от разных предприятий-потребителей. По этим заявкам требуется 200 тыс. тонн металла определенного вида, а тебе известно, что металла такого вида будет выпущено в этом году только 180 тыс. тонн. Что ты будешь делать?» — «А нельзя еще дополнительно выпустить этого металла?» — спросил Олег. «Нет, нельзя. Все металлургические предприятия работают с полной нагрузкой». — «Тогда я каждому потребителю дам немного меньше, а именно меньше на 10 %. Другого выхода у меня нет». — «Можешь записать эту процедуру распределения металла на языке математики?» — спросил Владимир Николаевич. «Могу, — ответил Олег. — Сначала введем обозначения: заявку потребителя i обозначим через s_i, тогда сумма всех заявок равна $\sum_{i=1}^{n} s_i$, где n — число потребителей». — «Эту величину называют спросом или, точнее, заявленным спросом», — заметил Владимир Николаевич. «Обозначим величину спроса на металл через S, а имеющееся количество металла через R. Разница между S и R $\Delta = S - R$ есть величина децифита, а отношение $\delta = \frac{\Delta}{S}$ — величина относительного дефицита. В нашем случае относительный дефицит составляет $\frac{20}{200} = 0{,}1$. Следовательно, все заявки надо уменьшить на δs_i. Таким образом, потребитель i получает вместо s_i меньшую величину x_i:

$$x_i = s_i - \delta s_i = s_i(1 - \delta) = s_i\left(1 - \frac{S - R}{S}\right) = \frac{s_i}{S} R.$$

Другими словами, имеющийся металл я распределяю прямо пропорционально заявкам потребителей. Это справедливо». — «Правильно, этот принцип так и называется — принцип пропорционального распределения ресурсов. Он действительно в определенном смысле справедлив, прост в применении. Но вот эффективен ли он?» — «Нет, конечно, — вступил в разговор Иванов. — Полунин считает, что потребители одинаково страдают от нехватки металла, а на самом-то деле это не так. Один завод выпускает танки или самолеты, а другой — кастрюли. Ясно, что их нельзя ставить в одинаковые условия». — «Посмотрела бы я, как ты будешь варить суп без кастрюль», — фыркнула Оля. «Ребята, не спорить, — вмешался Владимир Николаевич. — Мысль Иванова ясна. Безусловно, потери, которые понесет народное хозяйство от неполного обеспечения металлом разных потребителей, не одинаковы. Здесь спорить нечего. Но дело даже не в этом. Поставьте себя на место директора завода, которому нужен металл, и попробуйте решить, сколько металла надо указать в заявке, если ему нужно 30 тыс. тонн и он знает, что Полунин распределяет металл по принципу пропорционального распределения». Ребята задумались. «Если я закажу 30 тыс. тонн, — начала рассуждать Ира, — то получу 27 тыс. тонн, так как Полунин дает на 10 % меньше. Следовательно, чтобы получить 30 тыс. тонн, я должна заказать около 34 тыс. тонн». — «Правильно, и, как видите, жадность здесь ни при чем: Ирой руководят интересы дела, поскольку заводу нужно иметь 30 тыс. тонн металла». — «Это что же получается? — вмешался Полунин. — Если все директора будут такие умные, как Ира, то спрос будет уже не 200, а примерно 220 тыс. тонн. Но тогда дефицит увеличится до $\frac{40}{180} \cdot 100\ \% = 22\ \%$ и мне придется давать металла уже на 22 % меньше заявленного количества». — «А я увеличу заявку на 22 %, — тут же вставила Ира, — да и все директора тоже». — «А я... — начал Полунин и остановился. — В общем получается замкнутый круг — спрос растет и растет. Этак у меня через два-три года будут требовать уже не 200 тыс. тонн, а 500 тыс. тонн. Новый металлургический комбинат придется строить». — «Вполне возможно, — согласился Владимир Николаевич, — хотя на самом деле нехватка ресурса может быть и весьма небольшой. В этом-то и состоит главная опасность распределения ресурсов пропорционально заявке или по принципу «Больше просишь — больше получаешь». Небольшой дефицит рождает большой искусственный дефицит». — «Неужели такой принцип применяется в экономике? — удивилась Оля. — Это же никуда не годится». — «К сожалению, да, и довольно часто, — ответил Владимир Николаевич. — Вспомните, как естественно пришел Полунин к принципу пропорционального распределения. Принцип предоставляется разумным и справедливым. Однако справедливым — это да, но не эффективным. Несколько лет назад к нам приехали специалисты по автоматизации управления, которые разрабатывали АСУ (автоматизированные системы управления). В таких системах электронная вычислительная машина (ЭВМ) берет на себя ряд задач принятия решений, разрабатывая для руководителя (в теории принятия решений руководителя называют ЛПР — лицом, принимающим решения) готовые варианты. Эти специалисты автоматизировали процедуру распределения материальных ресурсов. К их удивлению, после автоматизации резко увеличился спрос на ресурсы. Как ты думаешь, Кирилл, почему так произошло?» Кирилл задумался. «Я думаю, —

глубокомысленно начал он, — я думаю, что это произошло потому, что в системе снабжения применялся принцип пропорционального распределения ресурсов». — «А почему ты так думаешь?» — «Потому что Вы только что говорили об этом принципе», — ответил Кирилл. «В находчивости тебе не откажешь, — улыбнулся Владимир Николаевич. — Действительно, после детального разговора выяснилось, что в ЭВМ была заложена процедура пропорционального распределения ресурсов. И если опытный руководитель, распределяя ресурсы, в определенной степени компенсировал недостатки этой процедуры, хорошо зная потребителей, то ЭВМ, не имея такого опыта и таких знаний, естественно, действовала строго в соответствии с заложенной программой. Потребители сразу почувствовали, что принцип «Больше просишь — больше получаешь» стал строгим правилом, и отрицательная тенденция завышения спроса не замедлила проявиться». — «Так что же, поступать наоборот: кто больше просит, тому меньше давать?» — спросил Петр. Ребята засмеялись. «Ничего смешного, —ответил Владимир Николаевич. — Как ни парадоксально на первый взгляд, но именно так кратко можно выразить суть разработанного нами вместе с болгарскими учеными нового принципа распределения ресурсов.

Это было несколько лет назад. Наш институт вместе с Институтом технической кибернетики Болгарской академии наук участвовал в работе по созданию автоматизированной системы распределения водных ресурсов в НРБ. Проблема, которая нас заинтересовала и о которой нам сказали болгарские ученые, и была как раз связана с тенденцией завышения спроса на воду потребителями. Как вы уже, по-видимому, догадались, причина этого явления в применяемом на практике принципе пропорционального распределения водных ресурсов в случае дефицита. Ясно было, что если не отменить принцип «Больше просишь — больше получаешь», то не исключить и тенденции завышения спроса. Вот мы и предложили распределять водные ресурсы в условиях дефицита не пропорционально заявке, а пропорционально эффективности использования ресурса, что в содержательной форме действительно можно сформулировать в виде принципа «Больше просишь — меньше получаешь». Этот принцип получил название принципа обратных приоритетов, поскольку ресурс распределяется в определенном смысле обратно пропорционально заявке. Но об этом в другой раз. А пока вы, ребята, попробуйте самостоятельно довести эту идею до конца и записать принцип обратных приоритетов в виде математических формул, применяя обозначения, которые мы ввели для описания принципа пропорционального распределения».

§ 2. ПРИНЦИП ОБРАТНЫХ ПРИОРИТЕТОВ

Возвращаясь домой, Кирилл продолжал размышлять об этом парадоксальном принципе: «Больше просишь — меньше получаешь». Владимир Николаевич сказал, что это, по сути дела, принцип распределения ресурса по эффективности его использования. Это понятно. Если, например, два завода выпускают одну и ту же продукцию и в одинаковом количестве, но при этом второй завод заказывает в два раза больше ресурса, необходимого для выпуска продукции, чем первый, то ясно, что у второго завода эффективность использования ресурса в два раза ниже. Таким образом, эффективность получается в результате деления объема выпускаемой заводом продукции (скажем, в рублях) на величину заказанного ресурса.

Придя домой, он взял ручку и записал: A_1 — объем продукции, выпускаемой первым заводом, s_1 — величина заказа ресурса первым заводом, q_1 — эффективность использования ресурса первым заводом. Эта эффективность равна:

$$q_1 = \frac{A_1}{s_1}.$$

Аналогично для второго завода:

$$q_2 = \frac{A_2}{s_2}.$$

Теперь можно записать математические выражения распределения ресурса в зависимости от эффективности его использования: «Больше эффективность — больше получаешь ресурса». И Кирилл написал две формулы распределения ресурса, которое прямо пропорционально эффективностям q_1 и q_2:

$$x_1 = \frac{q_1}{q_1 + q_2} R = \frac{\frac{A_1}{s_1}}{\frac{A_1}{s_1} + \frac{A_2}{s_2}} R,$$

$$x_2 = \frac{q_2}{q_1 + q_2} R = \frac{\frac{A_2}{s_2}}{\frac{A_1}{s_1} + \frac{A_2}{s_2}} R.$$

«Получаем, чем больше s_1, тем меньше x_1. Однако в этом случае каждый завод будет просить как можно меньше, чтобы получить больше. Что-то тут не так, — засомневался Кирилл и позвонил Полунину. — Ерунда какая-то у меня получается. Олег, чем меньше я буду просить ресурса, тем больше мне его будут давать. Прошу 2 т — дают 5; прошу 1 — дают 10». — «А зачем давать больше, чем ты просишь?» — резонно спросил Олег. «Действительно, зачем? Как я сам не сообразил? Нужно давать по эффективности, но не больше, чем заказано». Кирилл записал формулы распределения ресурса по-другому:

$$x_1 = \min\left(s_1;\ \frac{\frac{A_1}{s_1}}{\frac{A_1}{s_1} + \frac{A_2}{s_2}} R\right),$$

$$x_2 = \min\left(s_2;\ \frac{\frac{A_2}{s_2}}{\frac{A_1}{s_1} + \frac{A_2}{s_2}} R\right). \qquad (4.2.1)$$

«Теперь понятно, — рассуждал он, — заказывать мало невыгодно и много заказывать невыгодно. А сколько же заказывать?» Он решил изобразить график зависимости x_1 от s_1. «Сначала при малых s_1 я буду получать столько, сколько заказываю, т. е. $x_1 = s_1$ (рис. 6). Затем после некоторой точки s_1^* я буду получать

$$x_1 = \frac{\frac{A_1}{s_1}}{\frac{A_1}{s_1} + \frac{A_2}{s_2}} R.$$

s_1^* — это такая точка, в которой

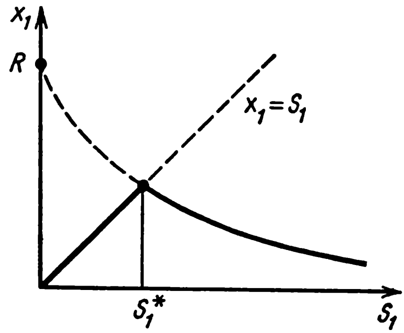


Рис. 6

$$s_1 = \frac{\frac{A_1}{s_1}}{\frac{A_1}{s_1} + \frac{A_2}{s_2}} R, \qquad (4.2.2)$$

что легко увидеть из рисунка. Можно ли из этого уравнения определить наилучшую величину заявки? Вряд ли, поскольку в уравнение входит заявка второго завода s_2, которую я не знаю. — Кирилл задумался. — Что же делать?» Он вспомнил, что такие задачи, в которых выигрыш (а в данном случае количество получаемого ресурса) определяется не только собственной заявкой, а и заявками других заводов, Владимир Николаевич называл игровыми и что в таких задачах каждый завод, чтобы принять решение о величине заявки (это, кажется, называется стратегией), должен принять определенные предположения о действиях других заводов. «Так, значит, я должен что-то предположить о величине заявки другого завода. Как зависит моя наилучшая заявка от заявки s_2 другого завода? — Кирилл посмотрел на выражение (4.2.2) и заметил, что, чем меньше s_2, тем меньше s_1. — Итак, самый плохой случай для меня, если второй завод закажет мало. Тогда и мне нужно заказывать мало. Что же такое получается: если директор другого завода будет рассуждать так же, как я, то мы оба закажем мало, хотя могли бы получить больше? Или директор другого завода закажет и получит столько, сколько ему нужно, поскольку я закажу мало? Ничего себе, теория игр! Кому нужна такая теория?!» Он пошел к Ире Бардиной и поделился с ней своими сомнениями. «Послушай, Кирилл, — сказала Ира. — Почему ты считаешь, что самое плохое для твоего завода, если второй завод закажет мало ресурса? По-моему, наоборот, это хорошо для тебя, поскольку ты можешь заказать и получить ресурсы в размере $R - s_2$, что при малой величине s_2 может быть вполне достаточным для твоего завода». — «А как же с формулами (4.2.1)? — не сдавался Кирилл. — По ним так не получается». — «Так эти формулы действуют, как сказал папа, только в условиях дефицита, т. е. если $s_1 + s_2 > R$. Если же $s_1 + s_2 \leqslant R$, то каждый завод получает столько ресурса, сколько он заказал. Таким образом, если ты заказал s_1, то при любом заказе второго завода, не большем чем $R - s_1$, ты получаешь s_1, а при $s_2 > R - s_1$ получаешь по формулам (4.2.1). Так что заказывая s_1, ты гарантированно получаешь не менее

$$\min\left(s_1;\ \frac{\frac{A_1}{s_1}}{\frac{A_1}{s_1}+\frac{A_2}{R-s_1}}R\right). \tag{4.2.3}$$

Нам нужно найти максимум этого выражения. Заметь, Кирилл, что с увеличением s_1 величина

$$\frac{\frac{A_1}{s_1}}{\frac{A_1}{s_1}+\frac{A_2}{R-s_1}}\cdot R$$

уменьшается от R (при $s_1 = 0$) до 0 (при $s_1 = R$). Поэтому максимум выражения (4.2.3) достигается при величине заказа, удовлетворяющей уравнению

$$s_1 = \frac{\frac{A_1}{s_1}}{\frac{A_1}{s_1}+\frac{A_2}{R-s_1}}\cdot R,$$

или

$$(R - s_1)^2 = \frac{A_2}{A_1}s_1^2».$$

Решив это уравнение, ребята получили:

$$s_1^* = \frac{\sqrt{A_1}}{\sqrt{A_1}+\sqrt{A_2}}R. \tag{4.2.4}$$

«Интересно, а если директор второго завода будет рассуждать так же, как я, то что он закажет?» — спросил Кирилл. «Нужно просто твой завод считать вторым, а другой — первым, т. е. заменить в формуле (4.2.4) единицу на двойку и наоборот. Смотри!» — и Ирина написала выражение для заказа второго завода:

$$s_2^* = \frac{\sqrt{A_2}}{\sqrt{A_1} + \sqrt{A_2}} \cdot R.$$

«Так, значит, вместе мы заказываем ровно R единиц ресурса? — удивился Кирилл. — А не смогу ли я получить больше, если буду знать, что второй завод заказывает s_2^*?» — «Нет, не можешь. В этом легко убедиться. Теперь тебе известна заявка второго завода. Подставь ее в формулу (4.2.2) и реши полученное уравнение. Впрочем, решать и не нужно, просто нужно убедиться, что заявка s_1^* является его решением». Раздался звонок. «Это папа пришел, — сказала Ира. — Давай ему покажем, что у нас получилось». — «Ну что же, молодцы, — похвалил Владимир Николаевич. — Я не ожидал, что вам удастся получить оптимальные заявки, т. е. заявки, обеспечивающие максимальный гарантированный результат. А вы справились. Более того, подметили важное свойство полученного решения игры, связанное с определенной устойчивостью этого решения. Действительно, если второй завод будет придерживаться заявки s_2^*, то тебе, Кирилл, самое выгодное заказать именно s_1^* (ни больше ни меньше), и наоборот: если ты заказываешь s_1^*, то второму заводу предпочтительнее всего заказать s_2^*. Такая пара стратегий, или ситуация игры, называется равновесием Нэша или точкой Нэша. Равновесие Нэша не менее популярная ситуация, применяемая в качестве решения игры, чем совокупность гарантирующих стратегий. В данном случае вам повезло: каждая из стратегий, составляющих точку Нэша, является в то же время гарантирующей стратегией соответствующего завода. Вообще говоря, это бывает в теории игр не часто. Так, если число игроков (заводов) больше двух, то стратегия

$$s_i^* = \frac{\sqrt{A_i}}{\sum_{j=1}^{n} \sqrt{A_j}} \cdot R \qquad (4.2.5)$$

уже не будет гарантирующей для i-го игрока, однако ситуация $s^* = (s_1^*, s_2^*, ..., s_n^*)$, где каждая s_i^* определяется выражением (4.2.5), является точкой Нэша. Ира, можешь это доказать?» — «Попробую. Мне нужно доказать, что если все игроки, кроме i-го, заказывают количество ресурса s_i^*, определяемое выражением (4.2.5), то i-му игроку лучше всего заказывать также s_i^* (если он хочет получить как можно больше ресурса). Правильно, папа?» — «Да, правильно. Продолжай». — «А дальше и так ясно. Если i-й игрок закажет меньше, то меньше и получит, поскольку дефицита не будет, а если он закажет больше, то будет дефицит, и, значит, он также получит меньше в силу принципа «Больше просишь — меньше получаешь», который действует в условиях дефицита». — «Хорошо, а теперь ты, Кирилл, попробуй показать, что стратегия s_1^* не дает максимума гарантированного результата, если число игроков больше 2». — «Владимир Николаевич, — взмолился Кирилл, —это для меня слишком сложно, я же все-таки будущий хирург, а не математик». — «Ты просто не хочешь думать. Ну ладно, давай вместе. Пусть у нас три игрока. В каком случае первый игрок получает меньше всего ресурса? Во-первых, должен быть дефицит, а во-вторых, должны быть игроки с высокой эффективностью использования ресурса. Ясно, что если второй игрок закажет много ресурса, а третий — мало, то оба эти условия будут выполнены и первый игрок получит мало. Вот смотрите на примере.

Пусть $A_1 = A_2 = A_3 = 100$, $R = 60$, а заявки игроков $s_2 = 60$, $s_3 = 1$. Очевидно, что при любом s_1 мы имеем случай дефицита. Заметьте, что по формуле (4.2.5) первый игрок должен заказать $s_1^* = 20$ и получить столько же. Однако на самом деле он получает

$$x_1 = \min\left(20; \frac{5}{5 + \frac{5}{3} + 100} \cdot 60 \right) \approx 3,$$

т. е. гораздо меньше. Так что стратегия s_1^* не является гарантирующей». — «Извините, Владимир Николаевич, — прервал Кирилл, — что-то здесь не так. Смотрите, первый игрок получает около трех единиц ресурса, второй, я только что подсчитал, около одной единицы, а третий также одну единицу, т. е. всего 5 единиц ресурса. Что же это получается: ресурса не хватает и в то же время он остается? Непорядок!» — «Правильно подметил, Кирилл, это весьма существенный недостаток принципа обратных приоритетов в той форме, которую мы рассматривали. Возможны случаи, когда ресурс остается, хотя его не хватает. Но этот недостаток легко устранить». — «Я знаю как, — прервала Владимира Николаевича Ира. — Нужно остаток разделить между теми, кто получил меньше, чем заказал». — «Правильно. Такая форма принципа обратных приоритетов получила название многошагового принципа обратных приоритетов, так как ресурс распределяется в несколько шагов (итераций). Многошаговый принцип обратных приоритетов можно представить в простой математической формулировке, если ввести параметр γ, равный количеству ресурса, который дается на единицу эффективности. В этом случае на q_i единиц эффективности дается γq_i единиц ресурса. Задача распределения ресурса в условиях дефицита сводится к определению γ, такого, что каждый потребитель i получает

$$x_i = \min\left(s_i;\ \gamma \frac{A_i}{s_i}\right),\ i = 1,\ 2,\ \ldots,\ n, \qquad (4.2.6)$$

единиц ресурса, причем γ выбирается таким, что

$$\sum_{i=1}^{n} x_i = \sum_{i=1}^{n} \min\left(s_i;\ \gamma \frac{A_i}{s_i}\right) = R, \qquad (4.2.7)$$

т. е. весь ресурс распределен. Вот это и есть окончательная формулировка принципа обратных приоритетов. А теперь вам задание, ребята.

Упражнение 1. Докажите, что в случаях (4.2.6), (4.2.7) ситуация (4.2.5) является и равновесием Нэша, и совокупностью гарантирующих стратегий для всех игроков».

«Попробуем, — сказал Кирилл. — Но у меня вопрос: если потребители будут заказывать ресурсы по формуле (4.2.5) и получать столько же, то зачем вообще система заявок? Центр, распределяющий ресурс, может и без всяких заявок определить по формуле (4.2.5), сколько ресурса дать каждому потребителю». — «Дело в том, Кирилл, что мы для упрощения выводов приняли, что потребители хотят получить как можно больше ресурса. На самом деле это не так. Излишний ресурс нужно хранить, за него нужно платить (предприятия, например, штрафуются за сверхнормативные запасы ресурсов). Таким образом, для каждого потребителя существует некоторая оптимальная величина ресурса m_i, больше которой ему не нужно. Я думаю вам понятно, что в условиях действия принципа обратных приоритетов ни один потребитель не будет заказывать больше чем m_i. Поэтому если s_i^*, определяемое формулой (4.2.5), больше m_i, то потребитель закажет m_i и в общем случае ситуация равновесия будет определяться уже более сложными выражениями, во всяком случае будет зависеть от величин m_i, которые Центру не известны. Так что без заявок не обойтись.

Давайте рассмотрим простой пример с тремя потребителями. Пусть $A_1 = 100$, $A_2 = 100$, $A_3 = 100$, $R = 60$; $m_1 = 10$, $m_2 = 30$, $m_3 = 30$.

По формулам (4.2.5) мы получаем:

$$x_i^* = s_i^* = 20, \quad i = 1, 2, 3.$$

Но первому потребителю 20 единиц ресурса не нужно. Поэтому он закажет и, конечно, получит 10 единиц. Так что ситуация равновесия будет совсем другой:

$$x_1^* = s_1^* = 10,$$
$$x_2^* = s_2^* = 25,$$
$$x_3^* = s_3^* = 25».$$

«Папа, — вступила в разговор Ира, — ты нас убедил, что принцип обратных приоритетов очень хороший принцип распределения ресурсов. Но может быть, есть еще более лучший?» — «Что-то сегодня вы задаете много умных вопросов. Безусловно, механизмы распределения ресурсов, основанные на принципах обратных приоритетов, не дают оптимального распределения ресурсов во всех случаях. Однако они надежны и при соответствующем выборе коэффициентов A_i, характеризующих объем продукции или эффект от использования ресурсов, дают вполне хорошие результаты. Во всяком случае принцип обратных приоритетов лучше принципа пропорционального распределения».

§ 3. МЕХАНИЗМЫ ОПТИМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСА

Напомним кое-что о задаче распределения ресурса. Итак, в распоряжении Центра имеется R единиц ресурса, который он должен распределить между n потребителями. От использования ресурса в количестве x_i потребитель i получает эффект $\varphi_i(x_i)$. Задача Центра заключается в распределении ресурса R так, чтобы суммарный эффект

$$\Phi(x) = \sum_{i=1}^{n} \varphi_i(x_i) \tag{4.3.1}$$

был максимален при условии

$$\sum_{i=1}^{n} x_i = R. \tag{4.3.2}$$

Как уже было сказано, это задача математического программирования. Как ее решить? Нам известно понятие производной функции, которую будем обозначать $\xi = \varphi'(x)$. Вспомним, как в главе III ребята решали задачу минимизации затрат на сбор макулатуры. Сначала они рассматривали задачу для случая двух учеников. Попробуем и мы поступить так же. Если всего имеются два потребителя, то нужно максимизировать

$$\varphi_1(x_1) + \varphi_2(x_2) \tag{4.3.3}$$

при условии, что $x_1 + x_2 = R$, или $x_2 = R - x_1$. Подставляя $R - x_1$ вместо x_2 в выражение (4.3.3), мы получим задачу определения максимума функции одной переменной x_1:

$$\Phi(x_1) = \varphi_1(x_1) + \varphi_2(R - x_1).$$

Мы знаем, что в точке максимума производная равна 0. Берем производную по x_1 и получаем:

$$\Phi'(x_1) = \varphi_1'(x_1) - \varphi_2'(R - x_1) = 0.$$

Из этого уравнения следует, что если (x_1^*, x_2^*) — оптимальное распределение ресурсов, то

$$\varphi_1'(x_1^*) = \varphi_2'(x_2^*). \tag{4.3.4}$$

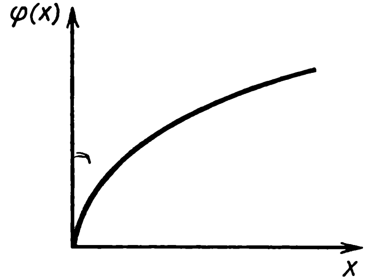


Рис. 7

Мы рассуждали не везде корректно. Равенство нулю производной только необходимое условие максимума, и то, если максимум достигается не на границе множества $0 \leqslant x_1 \leqslant R$. Однако если функции φ_1 и φ_2 выглядят так, как показано на рисунке 7, или, говоря более строго, производные $\xi_1(x_1)$ и $\xi_2(x_2)$ являются убывающими (такие функции эффекта называют вогнутыми), то все в порядке. Конечно, если уравнение (4.3.4) имеет решение в области $0 \leqslant x_1^* \leqslant R$.

Как теперь перейти к решению задачи с n потребителями? Будем рассуждать так. Если $x^* = (x_1^*, x_2^*, \ldots, x_n^*)$ — оптимальное решение, то, каких бы двух потребителей i и j мы не взяли, ресурс $(x_i^* + x_j^*)$ должен быть распределен между ними оптимально. А это значит, что для любой пары i, j потребителей должно выполняться условие (4.3.4), т. е. для всех потребителей в оптимальном решении производные равны одному и тому же числу:

$$\varphi_i'(x_i^*) = \lambda, \; i = 1, 2, \ldots, n. \qquad (4.3.5)$$

Таким образом, если нам удалось распределить ресурс так, что выполняется условие (4.3.5), то это распределение обеспечивает максимум суммарного эффекта. Условие (4.3.5) имеет понятный физический (точнее, экономический) смысл. Действительно, если какому-либо потребителю i добавить малое количество ресурса δ, то приращение эффекта приближенно равно $\delta\varphi_i'(x_i^*)$ (если ресурс отнять, то будет уменьшение эффекта). Теперь понятно, что если $\varphi_i'(x_i^*) > \varphi_j'(x_j^*)$, то, отняв малую величину δ у потребителя j и добавив ее потребителю i, мы увеличим суммарный эффект на величину $\delta[\varphi_i'(x_i^*) - \varphi_j'(x_j^*)] > 0$. Поскольку для оптимального решения увеличение эффекта невозможно, то для него должно выполняться условие (4.3.5). Чтобы понять, как пользоваться условием (4.3.5) для оптимального распределения ресурса, попробуем решить задачу с конкретными функциями $\varphi_i(x_i) = \sqrt{r_i x_i}$.

Во-первых, найдем производные функций $\varphi_i(x_i)$:

$$\varphi_i' = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{r_i}{x_i}},\ i = 1,\ 2,\ \ldots,\ n.$$

Приравнивая все производные одному и тому же числу λ, получаем:

$$\frac{1}{2}\sqrt{\frac{r_i}{x_i}} = \lambda,$$

или

$$x_i = \frac{r_i}{4\lambda^2}.$$

Теперь нужно определить число λ. Мы знаем, что общее количество ресурса равно R. Из уравнения

$$\sum_{i=1}^{n} \frac{r_i}{4\lambda^2} = R$$

находим:

$$\lambda = \frac{1}{2\sqrt{R}} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^{n} r_i}.$$

Окончательно оптимальное распределение ресурсов будет иметь вид:

$$x_i^* = \frac{r_i}{\sum_{j=1}^{n} r_j} \cdot R,\ i = 1,\ 2,\ \ldots,\ n. \qquad (4.3.6)$$

Теперь, подставляя вместо r_i сообщаемые потребителями оценки σ_i коэффициентов эффективности r_i, мы получим оптимальную процедуру распределения ресурса:

$$x_i^0(\sigma) = \frac{\sigma_i}{\sum_{i=1}^{n} \sigma_j} R,\ i = 1,\ 2,\ \ldots,\ n. \qquad (4.3.7)$$

Действительно, любая процедура распределения ресурса пропорционально оценкам эффективности σ_i является, как говорят, прогрессивной. При таких процедурах потребителям выгодно сообщать достоверные оценки эффективности, т. е. невыгодно обманывать, конечно, только при достаточно сильном наказании (штрафах) за невыполнение обещаний, другими словами, за получение эффекта $\sqrt{r_i x_i}$, меньшего, чем обещанный $\sqrt{\sigma_i x_i}$. В противном случае потребители, стремясь получить больше ресурса, будут завышать оценку эффекта.

Итак, Центр, распределяющий ресурс, получит достоверную информацию и, подставляя истинные оценки r_i в формулы (4.3.7), определит оптимальное распределение ресурса.

Еще раз подчеркнем роль системы контроля. Если штрафы за несоответствие обещаемого и реального эффекта недостаточны, то применение прогрессивных процедур приводит к тенденции обещать больше, чем можешь. Давайте посмотрим, какое распределение ресурсов будет при процедуре оптимального распределения, если штрафы слабые. Сначала определим разность Δ_i между обещанным (точнее, планируемым) эффектом $\sqrt{\sigma_i x_i}$ и реально полученным $\sqrt{r_i x_i}$: $\Delta i = \sqrt{\sigma_i x_i} - \sqrt{r_i x_i} > 0$, если $\sigma_i > r_i$. Если теперь принять, что за каждую единицу невыполнения плана по эффекту потребитель штрафуется на величину α, то величина штрафа будет равна $\alpha\Delta_i = \alpha(\sqrt{\sigma_i} - \sqrt{r_i}) \times \sqrt{x_i}$. Целевую функцию потребителя с учетом величины штрафа теперь запишем в виде $f_i = \sqrt{r_i x_i} - \alpha(\sqrt{\sigma_i x_i} - \sqrt{r_i x_i})$, если $\sigma_i > r_i$. Подставив в эту функцию вместо x_i процедуру оптимального распределения $x_i^0 = \frac{\sigma_i}{\sum_j \sigma_j} R = \sigma_i q$, где $q = R\left(\sum_{j=1}^{n} \sigma_j\right)^{-1}$, получим:

$$f_i = [(1+\alpha)\sqrt{r_i \sigma_i} - \alpha\sigma_i]\sqrt{q}\,. \qquad (4.3.8)$$

Очевидно, потребитель сообщит оценку σ_i, такую, что его эффект с учетом штрафов будет максимальным. Значит, нужно определить максимум по σ_i выражения (4.3.8). График функции f_i изображен на рисунке 8. Из рисунка видно, что в точке максимума производная функции f_i по σ_i равна нулю. Найдя производную и приравняв ее нулю, получим уравнение

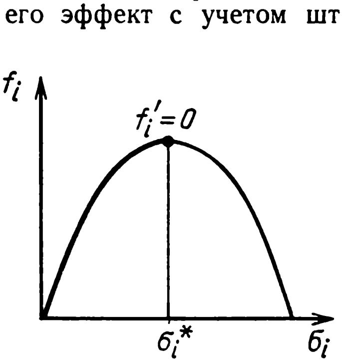


Рис. 8

$$(1+\alpha)\sqrt{\frac{r_i}{\sigma_i}} = 2\alpha,$$

решив которое найдем оптимальную заявку потребителя:

$$\sigma_i^* = r_i\left(\frac{1+\alpha}{2\alpha}\right)^2. \qquad (4.3.9)$$

Поскольку штраф берется только если $\sigma_i^* > r_i$, то выражение (4.3.9) справедливо только в случае $(1+\alpha) \geqslant 2\alpha$, или $\alpha \leqslant 1$. В случае $\alpha > 1$, очевидно, потребитель сообщит оценку $\sigma_i^* = r_i$. Таким образом, можно сказать, что если $\alpha > 1$, то мы имеем дело со случаем сильных штрафов, а если $\alpha \leqslant 1$ — со случаем слабых штрафов. Подставив оптимальные заявки (4.3.9) потребителей в процедуру (4.3.7), получим распределение ресурсов при слабых штрафах:

$$x_i^* = \left(\frac{\sigma_i^*}{\sum\limits_j \sigma_j^*}\right) \cdot R = \frac{r_i}{\sum\limits_j r_j} \cdot R, \; i = 1,\, 2,\, \ldots,\, n.$$

Неожиданный результат, не правда ли? Полученное распределение оказалось в точности таким же, как при сильных штрафах, т. е. оптимальным, несмотря на искажение информации потребителями! Все дело в том, что все потребители завышают оценки эффективности в одно и то же число раз, что, естественно, не меняет распределения ресурсов. Только небольшое замечание. Нужно иметь в виду, что величина q в выражении (4.3.8) тоже зависит от σ_i, и в принципе при определении производной это надо учесть. Однако при большом числе потребителей влияние оценки σ_i отдельного потребителя на величину q очень слабое и им можно пренебречь (как мы и сделали). Но при малом числе потребителей так делать нельзя. Естествен вопрос: для каких функций $\varphi_i(x_i,\ r_i)$, кроме рассмотренной, этот результат остается справедливым, т. е. все потребители завышают оценки эффективности в одно и то же число раз? Оказывается, это так, если, например, функции $\varphi_i(x_i)$ имеют вид степенных функций $r_i^{1-\beta}x_i^{\beta}$, где $0 < \beta < 1$.

Упражнение 2. Определите оптимальные оценки потребителей для случая слабых штрафов, если функции эффекта имеют вид $r_i^{1-\beta} \cdot x_i^{\beta}$, $i = 1,\, 2,\, \ldots,\, n$, где $0 < \beta < 1$. Остается ли оптимальным распределение ресурса по процедуре (4.3.7) при этих оценках? Определите ограничения на величину α, при которых справедлив случай слабых штрафов.

Глава V

КОНКУРСНЫЕ МЕХАНИЗМЫ

§ 1. КОНКУРЕНЦИЯ И СОРЕВНОВАНИЕ. КОНКУРС

Вы наверняка неоднократно слышали высказывания о том, что конкуренция заставляет капиталистов ускорять научно-технический прогресс, выпускать продукции больше, с меньшими затратами и лучшего качества. Нам тоже нужен прогресс, нужна продукция хорошая и дешевая. Может, нам тоже ввести «здоровую» конкуренцию? Давайте сначала уточним, что такое конкуренция. По определению конкуренция — это соперничество в чем-либо. В капиталистическом обществе конкуренция — борьба частных производителей за более выгодные условия производства и сбыта товаров. Поскольку в социалистическом обществе нет частной собственности, то у нас вроде бы и не может быть конкуренции. Вы можете возразить и сказать, что дело не в формальных определениях, а в использовании механизма конкуренции в наших условиях как особого вида соревнования за выпуск более дешевой и качественной продукции. Это другой разговор. Такое соревнование у нас есть, оно называется социалистическим соревнованием.

Социализм не все в механизме конкуренции может взять на вооружение. Так, например, жесткая, бескомпромиссная борьба, а зачастую и «игра без правил» по принципу «Чем хуже конкуренту, тем лучше мне» нас никак не может устроить. Как вы прекрасно знаете, один из принципов социалистического соревнования — это товарищеская взаимопомощь. Нет ли здесь противоречия? С одной стороны, вы должны бороться за победу, а с другой — помогать сопернику. Противоречие на первый взгляд действительно есть.

Но попробуем разобраться глубже. Для начала рассмотрим несколько примеров.

Пусть вы работаете на субботнике по уборке территории, соревнуясь за то, чтобы быстро и качественно убрать отведенный вам участок. Ваш класс первым закончил работу. Что вы будете делать? Только честно! «Если честно — уйдем домой, — скажете вы, — дел у всех хватает». А если перед субботником вам объявят, что уходят все классы одновременно, то вы поможете другим, чтобы быстрее закончить работу? Как видите, при соответствующей организации соревнования соперничество не противоречит взаимопомощи.

Другой пример. Пусть при поощрении победителя соревнования учитывается, насколько сильных соперников он победил. Естественно, победить сильных почетнее, чем победить слабых. В этих условиях заинтересованы ли вы помочь отстающим, подтянуть их? «Бесспорно, —ответите вы, — но не до такого уровня, чтобы они вас обогнали». Согласен, тем не менее факт помощи слабым не вызывает в данном случае сомнений.

Теперь предположим, что при определении победителей в соревновании мы будем специально учитывать работу по помощи другим (например, наставничество, т. е. когда опытный рабочий помогает новичку). Будете вы помогать? Конечно.

Наконец, рассмотрим такую ситуацию. Пусть у всех соревнующихся есть общая цель, достижение которой требует эффективной работы всех, причем результат общей работы важнее личной победы. Например, выполнение заводом плана зависит от эффективной работы всех служб. Невыполнение плана грозит потерей премии. Так что лучше: помочь другим, с тем чтобы завод выполнил план и все, включая вас, получили премию (пусть вы и не заняли первого места) или занять первое место самому (не помогая другим), но не получить премии, так как завод не выполнил план? Я уже не говорю о такой нашей общей цели, как рост благосостояния нашего народа и моральный долг каждого всемерно содействовать этому росту. Как видим, факторов, побуждающих к взаимопомощи, достаточно, нужно только уметь правильно организовать соревнование.

В этой главе мы рассмотрим особый вид социалистического соревнования, который будем называть конкурсным механизмом. Посмотрим в энциклопедии что такое конкурс. Конкурс — это соревнование, имеющее целью выявить лучших из числа участников (конкурсы на лучшее сочинение школьников, на лучшее решение научных, технических или художественных задач, на разработку научных тем, технических и архитектурных проектов, на создание памятников и т. п.). Конкурсные механизмы в управлении экономикой мы будем понимать в более узком смысле — как особый вид процедур планирования. Мы рассмотрим конкурсные механизмы на примере уже известной вам задачи распределения ресурсов.

Пусть для примера речь идет о распределении капитальных вложений между предприятиями отрасли при разработке перспективного плана развития отрасли. Каждое предприятие получает некоторую базовую величину капитальных вложений (например, на уровне предыдущей пятилетки). Обозначим эту базовую величину через C. Для того чтобы получить больше средств, предприятие должно обосновать, какой эффект будет получен в народном хозяйстве от использования этих средств. Распределение капитальных вложений на конкурсной основе означает, что в первую очередь дополнительные средства (больше базовой величины C) получают предприятия, у которых высокая эффективность использования капитальных вложений. С понятием эффективности использования ресурса мы уже встречались при описании принципа обратных приоритетов. Напомним, что это такое. Сначала мы определили эффект $\varphi_i(x_i)$, который ожидает получить предприятие от использования ресурса в количестве x_i, а затем определили эффективность $\xi_i = \frac{\varphi_i(x_i)}{x_i}$ как эффект на единицу ресурса (на 1 р. капиталовложений). В принципе обратных приоритетов, как вы помните, мы распределяли ресурс прямо пропорционально эффективностям ξ_i. В конкурсном механизме принцип распределения ресурса другой: ресурс в требуемом количестве получают только победители конкурса. Если число победителей задано и равно m, то победителями становятся m предприятий с наибольшими оценками эффективности.

Итак, каждое предприятие — участник конкурса сообщает организаторам конкурса (это может быть планово-экономическое управление министерства) две величины: средства s_i, требуемые для проведения мероприятий по повышению эффективности производства и оценку ξ_i ожидаемой эффективности от этих мероприятий. Это может быть: освоение новой технологии, реконструкция предприятия, строительство нового цеха и т. п. Ожидаемый эффект w_i от проекта i-го предприятия определяется как произведение эффективности на величину требуемых средств, т. е.

$$w_i = \xi_i \cdot s_i. \tag{5.1.1}$$

Присвоим предприятиям номера в порядке убывания ξ_i так, что

$$\xi_1 \geqslant \xi_2 \geqslant \xi_3 \geqslant \ldots \geqslant \xi_m \geqslant \xi_{m+1} \geqslant \ldots \geqslant \xi_n. \tag{5.2.1}$$

Победителями объявляются первые m предприятий. В случае если $\xi_m = \xi_{m+1}$, то привлекаются дополнительные критерии для однозначного выбора победителей. Победители получают задание на разработку проекта и соответственно требуемое количество ресурса s_i. Далее победители должны реализовать намеченные мероприятия и дать народному хозяйству обещанный эффект в виде новой качественной продукции, новой современной технологии либо нового цеха. Предвижу ваши сомнения в эффективности такого механизма: сначала я наобещаю золотые горы, стану победителем, получу средства, а потом пройдет время, как-нибудь оправдаюсь, мол, извините, не получилось. Сомнения обоснованные, и можно привести немало примеров, когда так и было. Многие руководители и сегодня придерживаются принципа, который можно назвать принципом Ходжи Насреддина. Помните, он пообещал шаху научить ишака говорить лет за десять? Рассуждал Ходжа очень просто: за это время либо ишак умрет, либо шах.

Сегодняшний руководитель в соответствии с принципом Ходжи Насреддина может рассуждать аналогично, ведь мероприятия рассчитаны на 5 лет. За это время можно придумать сотню объективных причин, оправдывающих невыполнение обещаний. Поэтому для эффективности конкурсных механизмов необходима действенная система контроля (для проектов, требующих большого времени, должна быть поэтапная система контроля). Заметим, что реальная величина эффекта, которую руководитель действительно рассчитывает получить, если ему выделят средства в размере s_i, равна $\varphi_i(s_i)$. Разность $\xi_i s_i - \varphi_i(s_i)$ определяет ту самую величину сознательного завышения эффекта, проще говоря, тот обман, на который руководитель может сознательно пойти для того, чтобы победить в конкурсе и получить средства, необходимые для развития предприятия.

Действенность системы контроля будем определять величиной штрафов

$$\varkappa_i = \alpha(\xi_i s_i - \varphi_i(s_i)), \ \alpha > 0,$$

при недостижении обещанного эффекта, т. е. в случае, если полученный эффект $\varphi_i(s_i)$ меньше, чем планируемый $\xi_i s_i$. Что понимать под величиной штрафа? На этом стоит остановиться подробнее.

Во-первых, это можно понимать в чисто моральном аспекте, как угрызения совести руководителя, вынужденного давать необоснованные обещания. Проще всего, конечно, считать, что руководитель, как честный человек, никогда не пойдет на сообщение завышенного эффекта, и никаких проблем. Однако все не так просто. Представьте себе, что этот руководитель вы и вам очень нужны средства на строительство нового цеха. Значит, необходимо победить в конкурсе, для чего придется немного покривить душой, пообещать больший эффект, чем вы сами реально ожидаете (например, пообещать построить цех за 1 год, что нереально). Как же вам поступить? Не поступаться моральными принципами и лишить завод возможности ускоренного развития или пойти на сделку с совестью во имя интересов дела?

Вы, конечно, понимаете, что, возможно, на другом заводе эти средства дадут еще больший эффект в народном хозяйстве. Однако, рассуждаете вы, а что, если директор другого завода дал завышенную оценку эффективности, чтобы получить средства? Почему ваш завод должен страдать от этого?

Во-вторых, это могут быть реальные экономические санкции, например, предприятие компенсирует недополученный эффект из своих средств (либо часть этого эффекта). Мы будем рассматривать экономические санкции только за недостижение планируемого эффекта. В этом случае величина α определяет долю от потерь народного хозяйства, которую предприятие обязано компенсировать. Так, если ожидаемый эффект составляет 2 млн. рублей, а после реализации проекта оказалось, что реальный эффект составляет всего 1 млн. рублей, то при $\alpha = 0,5$ предприятие выплачивает штраф в размере 0,5 млн. рублей, т. е. компенсирует 50 % потерь народного хозяйства. Если $\alpha = 1$, то предприятие компенсирует все 100 % потерь.

Чтобы завершить описание конкурсного механизма, осталось описать систему стимулирования предприятий, побуждающую их участвовать в конкурсе. Предположим, что часть народнохозяйственного эффекта остается у предприятия. Если обозначить эту часть через $\mu < 1$, то целевую функцию предприятия можно записать в виде

$$\mu\varphi_i(s_i) - \alpha[\xi_i s_i - \varphi_i(s_i)]. \qquad (5.1.3)$$

Здесь учтены обе составляющие: часть эффекта, которую получает предприятие, и штрафы, которые оно выплачивает.

Следует иметь в виду, что штрафы выплачиваются, только если $\xi_i \cdot s_i > \varphi_i(s_i)$. В противном случае штрафы равны 0 и целевая функция равна просто $\mu\varphi_i(s_i)$. Вот теперь описание конкурсного механизма завершено, можно переходить к его исследованию.

§ 2. АНАЛИЗ КОНКУРСНОГО МЕХАНИЗМА

Провести анализ конкурсного механизма — это значит ответить на три вопроса:

а) Какие предприятия будут победителями конкурса?

б) Какую оценку эффективности сообщит каждое предприятие?

в) Какое количество ресурса получит каждый победитель?

Мы будем отвечать на эти вопросы в обратном порядке. Заметим, во-первых, что победа в конкурсе зависит только от оценки эффективности ξ_i и не зависит от величины заказываемого ресурса s_i. Поэтому, естественно, предприятие закажет количество ресурса

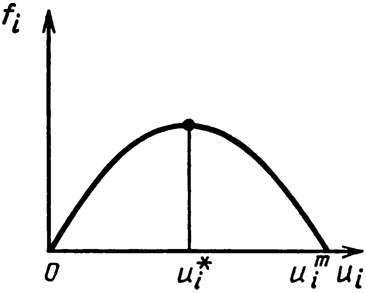


Рис. 9

такое, чтобы в случае его победы значение целевой функции (5.1.3) было максимальным при заявленной эффективности ξ_i.

Для того чтобы дальнейшие выводы были не очень сложными, возьмем какую-либо конкретную функцию эффекта, например:

$$\varphi_i(s_i) = \sqrt{r_i s_i}\,. \tag{5.2.1}$$

Тогда целевая функция предприятия примет вид:

$$f_i = \mu\sqrt{r_i s_i} - \alpha[\,\xi_i s_i - \sqrt{r_i s_i}\,]. \tag{5.2.2}$$

Найдем ее максимальное значение. Это можно сделать, используя понятие производной, а можно произвести замену переменных. Обозначим $\sqrt{s_i}$ через u_i и определим максимум функции

$$\mu\sqrt{r_i}u_i - \alpha[\,\xi_i u_i^2 - \sqrt{r_i}u_i] = [(\mu+\alpha)\sqrt{r_i} - \alpha\xi_i u_i]\,u_i.$$

Это парабола, ветви которой направлены вниз. Функция равна нулю (рис. 9) в точках $u_0 = 0$ и

$$u_i^m = \frac{(\mu+\alpha)\sqrt{r_i}}{\alpha\xi_i}\,.$$

Как известно, точка максимума параболы лежит на середине отрезка $[0, u_i^m]$. Следовательно, максимум достигается в точке

$$u_i^* = \frac{(\mu+\alpha)\sqrt{r_i}}{2\alpha\xi_i}\,,$$

и соответственно оптимальная заявка на ресурс равна

$$s_i^* = \frac{(\mu+\alpha)^2}{4\alpha^2\xi_i^2}\cdot r_i. \tag{5.2.3}$$

Упражнение 1. Если вы знакомы с понятием производной, получите выражение (5.2.3) путем дифференцирования (5.2.2), учитывая, что в точке максимума производная равна 0.

Исследуем выражение (5.2.3). Во-первых, выражение (5.2.3) справедливо только при недостижении запланированного эффекта, т. е. когда предприятие выплачивает штрафы.

Давайте разберемся, при какой заявке на ресурс ожидаемый эффект будет больше, чем фактический, т. е.

$$\xi_i s_i > \varphi_i(s_i) = \sqrt{r_i s_i}\ .$$

Возведя в квадрат и сократив на s_i, получим:

$$s_i > \frac{r_i}{\xi_i^2}\ . \tag{5.2.4}$$

Подставляя вместо s_i оптимальную заявку s_i^*, получаем после сокращения на $\frac{r_i}{\xi_i^2}$

$$\frac{(\mu + \alpha)^2}{4\alpha^2} > 1,$$

или $(\mu + \alpha) > 2\alpha$, $\mu > \alpha$.

Итак, формула (5.2.3) справедлива только при слабых штрафах, т. е. при $\alpha < \mu$. Если $\alpha \geqslant \mu$, то завышать заявку на ресурс предприятию невыгодно. А поскольку занижать заявку на ресурс также невыгодно, то при $\alpha \geqslant \mu$ предприятие сообщает заявку на ресурс

$$s_i^* = \frac{r_i}{\xi_i^2}\ . \tag{5.2.5}$$

Оба случая (5.2.3) и (5.2.5) можно записать одной формулой

$$s_i^* = \frac{r_i}{\xi_i^2} \max\left[\left(\frac{(\mu + \alpha)}{2\alpha}\right)^2 ;\ 1\right] = \varkappa \frac{r_i}{\xi_i^2}\ , \tag{5.2.6}$$

где

$$\varkappa = \max\left[\left(\frac{\mu + \alpha}{2\alpha}\right)^2 ;\ 1\right].$$

Ответ на третий вопрос получен. Каждое предприятие сообщает заявку на ресурс, определяемую формулой (5.2.6), где ξ_i — оценка эффективности.

Для ответа на первые два вопроса определим значение целевой функции предприятия при сообщении эффективности ξ_i и заявки на ресурс s_i^*. Если $\alpha < \mu$, то

$$f_i = (\mu + \alpha)\sqrt{r_i s_i^*} - \alpha \xi_i s_i^* = \frac{(\mu + \alpha)^2}{2\alpha\xi_i} r_i - \frac{(\mu + \alpha)^2}{4\alpha\xi_i} r_i = \frac{(\mu + \alpha)^2}{4\alpha\xi_i}\, r_i.$$

Если $\alpha \geqslant \mu$, то

$$f_i = \mu\sqrt{r_i s_i^*} = \mu \frac{r_i}{\xi_i}.$$

Упражнение 2. Докажите, что если $\alpha < \mu$, то

$$\frac{(\mu + \alpha)^2}{4\alpha} > \mu.$$

Оба выражения можно представить в виде одной формулы

$$f_i = \frac{r_i}{\xi_i} \max(\alpha\varkappa;\ \mu) = \frac{r_i}{\xi_i}\gamma, \tag{5.2.7}$$

где $\gamma = \max(\alpha\varkappa;\ \mu)$.

Заметим теперь, что предприятие, не вошедшее в число победителей конкурса, получает ресурс в количестве C, что обеспечивает ему доход $\Delta_i = \mu\sqrt{r_i C}$. Очевидно, что для заинтересованности предприятия участвовать в конкурсе необходимо, чтобы его доход (5.2.7) в случае победы был не менее Δ_i, т. е.

$$\gamma \frac{r_i}{\xi_i} \geqslant \Delta_i,$$

или

$$\xi_i \leqslant \gamma \frac{r_i}{\Delta i} = \frac{\gamma}{\mu}\sqrt{\frac{r_i}{C}} = v_i. \tag{5.2.8}$$

Условие (5.2.8) определяет максимальную эффективность, которую будет сообщать предприятие. Пусть $r_1 \geqslant r_2 \geqslant \ldots \geqslant r_n$ (предприятие с меньшим номером имеет больший (не меньший) коэффициент r_i). Тогда $v_1 \geqslant v_2 \geqslant \ldots \geqslant v_n$. Отсюда получаем, что так как число победителей равно m, то для того, чтобы войти в число победителей (в случае, если $v_m = v_{m+1}$, будем считать, что предприятие m становится победителем в результате учета дополнительных критериев, как уже отмечалось выше), первым m предприятиям достаточно сообщить эффективность

$$v_{m+1} \leqslant \xi_i \leqslant v_i, \quad i = 1, 2, \ldots, m.$$

Итак, множество победителей определено — это первые m предприятий с наибольшими значениями коэффициентов r_i (можно сказать с наибольшими возможностями по эффективному использованию полученных средств).

Последний вопрос: какие же оценки эффективностей сообщат победители? Анализ выражения (5.2.7) убеждает в том, что, чем меньше ξ_i, тем больше значение дохода f_i. Следовательно, каждое предприятие-победитель будет стремиться сообщить наименьшую оценку, позволяющую ему в то же время оставаться победителем. Эта наименьшая оценка для всех победителей не что иное, как v_{m+1}.

Можно представить себе следующий сценарий проведения конкурса. Сначала все участники сообщают оценки эффективностей $\xi_i = v_i$. Это, можно сказать, предварительный этап выявления «силы» претендентов. Сразу выявляются победители, сообщившие наибольшие оценки, а также «сила» v_{m+1} наиболее близкого к победителям побежденного. На втором этапе победители уточняют оценки эффективности (уменьшают их до $\xi_i^* = v_{m+1}$), одновременно увеличивая запрос на ресурс.

Итак, ответы на все три вопроса получены. Победителями будут m предприятий с наибольшими коэффициентами r_i (т. е. первые m предприятий), победители сообщают одинаковые оценки эффективностей, равные $\xi_i^* = v_{m+1}$, и заказывают количество ресурса, определяемое выражением

$$s_i^* = \frac{\varkappa r_i}{v_{m+1}^2}. \qquad (5.2.9)$$

§ 3. ОПТИМАЛЬНОСТЬ КОНКУРСНОГО МЕХАНИЗМА

Попробуем теперь ответить на вопросы: насколько эффективен конкурсный механизм для распределения ресурсов? Позволяет ли он получить оптимальное распределение ресурсов или хотя бы близкое к оптимальному? Посмотрим сначала, сколько ресурса Q_m получили все победители вместе. Для этого нужно взять сумму всех s_i^* (см. выражение 5.2.9) для первых m предприятий:

$$Q_m = \frac{\varkappa}{v_{m+1}^2} \sum_{i=1}^{m} r_i.$$

А теперь такой вопрос: если у вас имеется ресурс в количесте Q_m, то как его распределить между m предприятиями-победителями оптимальным образом, т. е. так, чтобы суммарный эффект

$$\Phi = \sum_{i=1}^{m} \sqrt{r_i x_i}$$

был максимальным? Эту задачу мы решали в предыдущей главе. Напомним, что оптимальное распределение выглядит так:

$$x_i^0 = \frac{r_i}{\sum\limits_{j=1}^{m} r_j} Q_m,$$

или после подстановки величины $Q_m = \frac{\varkappa}{v_{m+1}^2} \cdot \sum\limits_{j=1}^{m} r_j$ получим:

$$x_i^0 = \frac{\varkappa}{v_{m+1}^2} \cdot r_i, \; i = 1, 2, \ldots, m,$$

что в точности совпадает с заявками s_i^* предприятий победителей (сравните с выражением (5.2.9)). Таким образом, конкурсный механизм обеспечивает оптимальное распределение ресурсов между победителями! Это весьма важное свойство конкурсных механизмов. Однако остается ли оно справедливым для функций эффекта, отличных от конкретного вида $\sqrt{r_i x_i}$, который мы исследуем? Оказывается, свойство оптимальности сохраняется для любых вогнутых функций $\varphi_i(x_i)$, т. е. таких функций, что отрезок, соединяющий любые две точки графика функций, лежит ниже графика (рис. 10). Для того чтобы это показать, определим оптимальную заявку на ресурс для предприятия-победителя в случае произволь-

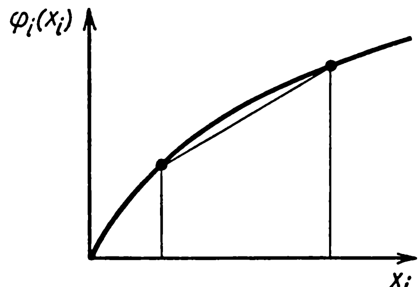


Рис. 10

ных (вогнутых) функций эффекта. Для этого необходимо найти максимальное значение дохода:

$$f_i = (\mu + \alpha)\varphi_i(s_i) - \alpha\xi_i s_i.$$

Если максимум достигается в некоторой точке i, то в этой точке производная $f_i' = 0$. Взяв производную и приравняв ее нулю, мы получим уравнение для определения заявки на ресурс:

$$\varphi_i'(s_i^*) = \frac{\alpha}{\mu + \alpha}\xi_i. \qquad (5.3.1)$$

Здесь следует одно замечание. Мы предполагаем штрафы за недостижение обещанного эффекта слабыми, так что $\varphi_i(s_i^*) < \xi_i s_i^*$. Определив из уравнения (5.3.1) оптимальную заявку s_i^* (она, очевидно, будет зависеть от оценки эффективности ξ_i) и подставив ее в выражение для дохода f_i, мы получим доход предприятия-победителя в зависимости от сообщаемой оценки ξ_i.

Упражнение 3. Покажите, что доход предприятия-победителя уменьшается с ростом оценки эффективности ξ_i.

Поскольку доход предприятия-победителя уменьшается с ростом ξ_i (что следует из упражнения), то, как и в рассмотренном нами случае, для каждого предприятия существует некоторая максимальная оценка эффективности v_i и сообщение ξ_i, выше v_i не выгодно. Это такая оценка, при которой доход предприятия в случае победы в конкурсе будет равен $\mu\varphi_i(C)$. Отсюда следует, что победителями конкурса будут m предприятий с наибольшими значениями v_i, причем все они сообщат одинаковые по величине оценки эффективности $\xi_i = v_{m+1}$ (мы по-прежнему считаем, что $v_1 \geqslant v_2 \geqslant \ldots \geqslant v_n$). Посмотрим теперь на условие (5.3.1). Если все $\xi_i = v_{m+1}$ для $i = 1, 2, \ldots, m$, то для всех победителей

$$\varphi_i'(s_i^*) = \frac{\alpha}{\mu + \alpha}\cdot v_{m+1}, \qquad (5.3.2)$$

т. е. производные функции эффекта равны между собой для всех предприятий-победителей. В главе IV мы определяли оптимальное распределение ресурсов. Как раз условие равенства производных и было нами получено как свойство оптимального распределения.

Таким образом, вывод об оптимальности конкурсных механизмов остается справедливым для довольно общего случая. Однако все эти выводы получены при предположении слабых штрафов. А что будет, если штрафы настолько велики, что предприятие никогда не сообщит заявку на ресурс, при которой планируемый эффект $\xi_i s_i$ превышает ожидаемый $\varphi_i(s_i)$? В этом случае оптимальная заявка на ресурс будет определяться из уравнения

$$\varphi_i(s_i) = \xi_i s_i,$$

или

$$\frac{\varphi_i(s_i)}{s_i} = \xi_i \qquad (5.3.3)$$

(подумайте и объясните почему).

Вывод о том, что все предприятия — победители конкурса будут сообщать одинаковые оценки $\xi_i = v_{m+1}$, по-прежнему остается справедливым (почему?). Таким образом, можно утверждать, что распределение ресурса Q_m между победителями будет таким, что ожидаемая эффективность использования ресурса

$$\frac{\varphi_i(s_i^*)}{s_i^*} = v_{m+1}, \qquad (5.3.4)$$

т. е. будет одинаковой для всех предприятий-победителей. Следует ли отсюда, что распределение ресурса $\{s_i^*\}$ будет оптимальным? В общем случае нет! Однако если из условия (5.3.4) всегда следует условие (5.3.2) (т. е. из равенства эффективностей следует равенство производных), то все в порядке. В частности, это справедливо для степенных функций эффекта $\varphi_i(x_i) = (r_i x_i)^\beta$, $\beta < 1$.

Действительно, производная

$$\varphi_i' = \beta r_i^\beta x_i^{\beta-1} = \beta \frac{(r_i x_i)^\beta}{x_i} = \beta \frac{\varphi_i(x_i)}{x_i} = \beta \xi_i.$$

Таким образом, производная в β раз больше эффективности (фактически меньше, так как $\beta < 1$) для любого предприятия-победителя. А значит, при равенстве эффективностей равны и производные. Тем не менее нетрудно привести примеры, когда из равенства эффективностей не следует равенство производных. Достаточно, например, взять степенные функции с разными показателями степени. Получается несколько парадоксальный результат: с ростом «силы штрафов» (т. е. величины α) эффективность конкурсного механизма может уменьшиться. С другой стороны, безусловно положительным является уменьшение разности между планируемым $\xi_i s_i$ и фактическим $\varphi_i(s_i)$ эффектом с ростом α.

Упражнение 4. Докажите последнее утверждение для случая

$$\varphi_i(x_i) = \sqrt{r_i x_i}\,, \; i = 1,\ 2,\ \ldots,\ n.$$

Упражнение 5. Пусть $\varphi_i(x_i) = \frac{a_i x_i}{x_i + b_i}$, $i = 1$, 2, ..., n. В каких случаях конкурсный механизм обеспечит оптимальное распределение ресурсов среди победителей при сильных штрафах?

§ 4. ПРИНЦИП АУКЦИОНА

До сих пор мы рассматривали конкурсный механизм, при котором каждый из m победителей получал то количество ресурса, какое он заказывал. А как быть, если у организаторов конкурса имеется только ограниченное количество ресурса Q (именно так обычно и бывает на практике)? Напрашивается мысль не фиксировать число победителей, а давать ресурс в порядке убывания эффективностей, насколько его хватит. Такой вариант конкурсного механизма получил название «аукцион». Аналогия с обычным аукционом здесь довольно очевидная — ресурс получает в первую очередь тот, кто заявляет о большей эффективности его использования. Интересно отметить, что механизм аукциона можно применять и в том случае, когда базовая величина ресурса $C = 0$, т. е. когда предприятия, не вошедшие в число победителей, ресурс не получают вообще.

Заметим, что при фиксированном числе победителей $m < n$ конкурсный механизм в случае $C = 0$ ни к чему хорошему не приводит. Действительно, если $C = 0$, то $v_i = \infty$ (см. выражение 5.2.8). Следовательно, каждое предприятие будет бороться за победу, увеличивая сообщаемую оценку эффективности до бесконечности и соответственно уменьшая заявку на ресурс до 0, как это следует из выражения (5.2.6). В конце концов получится парадоксальная ситуация — все предприятия будут обещать огромную эффективность, требуя мизерное количество ресурса. Конечно, в действительности до этого дело не дойдет, поскольку при малых величинах ресурса практические функции эффекта вряд ли имеют вид $\sqrt{r_i x_i}$. Тем не менее возникновение эффекта «больших эффективностей» при малых заявках вполне возможно, если число победителей фиксировано, а базовая величина ресурса близка к 0 (или равна 0).

В механизме аукциона этой опасности нет, поскольку число победителей может быть любым. Более того, все предприятия могут быть победителями. Ограничимся исследованием механизма аукциона для случая $C = 0$ как наиболее интересного. Сначала уточним, как происходит процедура аукциона. Она происходит в несколько этапов. На каждом этапе каждое предприятие сообщает оценку эффективности ξ_i и заявку на ресурс $s_i = \varkappa \frac{r_i}{\xi_i^2}$ (см. выражение 5.2.6). Затем предприятия получают ресурс в очередности убывания эффективностей, пока хватает ресурса. Понятно, что предприятия, сообщившие высокие оценки эффективности, получают ресурс в полном объеме, сообщившие низкие оценки не получают ресурса, а одно или несколько предприятий со средними оценками могут получить ресурс не в полном объеме. Процедура заканчивается, если после очередного этапа ни одно предприятие не меняет ни оценок эффективности, ни заявляемого количества ресурса. Покажем, что если процедура закончена, то все предприятия сообщили одинаковые оценки эффективности, каждое предприятие получило заявленное количество ресурса в полном объеме, причем весь ресурс распределен. Действительно, чтобы предприятию было выгодно заказывать большее количество ресурса, оно должно уменьшить сообщаемую оценку. Однако при уменьшении оценки больше ресурса ему получить не удается (объясните почему).

Если же хотя бы у двух предприятий разные оценки эффективности, то предприятие с большей оценкой может ее немного уменьшить и получить при этом большее количество ресурса за счет второго предприятия. Наконец, очевидно, процедура не заканчивается, если не весь ресурс распределен. Итак, конец процедуры аукциона характеризуется единой оценкой эффективности ξ^* для всех предприятий и количеством ресурса, заявляемым и получаемым каждым предприятием:

$$s_i^* = \varkappa \frac{r_i}{(\xi^*)^2}.$$

При этом весь ресурс Q распределен, т. е.

$$\sum_{i=1}^{n} s_i^* = \frac{\varkappa}{(\xi^*)^2} \sum_{i=1}^{n} r_i = Q. \qquad (5.4.1)$$

Из условия (5.4.1) сразу определяем единую оценку эффективности:

$$\xi^* = \sqrt{\frac{\varkappa}{Q} \sum_{i=1}^{n} r_i}, \qquad (5.4.2)$$

а также количество ресурса, заявляемое и получаемое каждым предприятием:

$$s_i^* = \frac{r_i}{\sum\limits_{i=1}^{n} r_j} Q. \qquad (5.4.3)$$

Таким образом, механизм аукциона позволяет получить оптимальное распределение ресурса между всеми предприятиями. Напоминаем, что для произвольных функций эффекта этот вывод справедлив только в случае слабых штрафов.

§ 5. КОНКУРСНЫЕ МЕХАНИЗМЫ И МЕХАНИЗМЫ ОТКРЫТОГО УПРАВЛЕНИЯ

Мы убедились, что конкурсные механизмы весьма успешно решают задачу распределения ресурсов. В предыдущих главах мы познакомились с другими механизмами, которые также успешно решают самые разные задачи (распределение поручений, выпуск продукции, разработка нового прибора и т. п.). Это механизмы открытого управления. Нельзя ли и в задаче распределения ресурса применить механизмы открытого управления? Как бы это сделать, чтобы получить оптимальное распределение ресурса? И наконец, нет ли связи между конкурсными механизмами и механизмами открытого управления? Обсуждением этих вопросов мы сейчас и займемся.

По-прежнему будем вести рассуждение на примере конкретных функций эффекта $\varphi_i(x_i) = \sqrt{r_i x_i}$, $i = 1, 2, \ldots, n$. Как вы помните, в механизмах открытого управления каждый активный элемент системы (в нашем случае это — предприятие) сообщает Центру (организатору конкурса) информацию о функции эффекта. В данном случае в качестве такой информации может выступать оценка σ_i параметра r_i функции эффекта. Получив оценку σ_i, Центр уже может оценить ожидаемый эффект $\sqrt{\sigma_i x_i}$ от использования ресурса в количестве x_i предприятием i. Основной особенностью механизмов открытого управления, обеспечивающей достоверность получаемой Центром информации, является учет Центром интересов предприятий. Другими словами, Центр должен дать каждому предприятию количество ресурса, обеспечивающее максимум функции предпочтения $\sqrt{\sigma_i x_i}$. Однако Центр не может этого сделать, поскольку функция $\sqrt{\sigma_i x_i}$ — возрастающая функция от x_i. Как же нам поступить?

Вспомните, что в конкурсном механизме Центр планировал предприятиям еще одну величину — эффект от использования ресурса, определяемый как произведение эффективности ξ_i на количество ресурса x_i. Поступим так же и в данном случае. Пусть Центр определяет некоторый норматив эффективности (общий для всех предприятий) и тем самым планирует предприятиям эффект в размере ξx_i. Если реальный эффект будет меньше, чем планируемый, то предприятие штрафуется на величину

$$\alpha(\xi x_i - \sqrt{r_i x_i}),$$

где $\alpha > 0$ — коэффициент штрафа. Теперь ситуация меняется. С учетом штрафов функция предпочтения предприятия будет иметь следующий вид:

$$\mu\sqrt{x_i \sigma_i} - \alpha(\xi x_i - \sqrt{x_i \sigma_i}).$$

В данном случае уже существует вполне определенное количество ресурса s_i, обеспечивающее максимум функции предпочтения.

Если вернуться к § 2 и посмотреть выражение (5.2.6), то по аналогии можно сразу написать:

$$s_i = \frac{\sigma_i}{\xi^2}\cdot \varkappa, \text{ где } \varkappa = \max\left[\ \left(\frac{\mu+\alpha}{2\alpha}\right)^2;\ 1\right]. \qquad (5.5.4)$$

Осталось определить норматив эффективности ξ. Это легко сделать, поскольку количество ресурса у Центра ограничено. Из условия

$$\sum_{i=1}^{n} s_i = \sum_{i=1}^{n} \frac{\sigma_i}{\xi^2} \cdot \varkappa = Q$$

получаем:

$$\xi = \sqrt{\frac{\varkappa \sum_i \sigma_i}{Q}}, \tag{5.5.5}$$

$$s_i = \frac{\sigma_i}{\sum_j \sigma_j} Q. \tag{5.5.6}$$

Посмотрим, что за механизм мы получили. Во-первых, при достаточно большом числе предприятий оценка отдельного предприятия σ_i слабо влияет на общий для всех норматив эффективности ξ. Поэтому разумно принять, что предприятия при сообщении своей оценки σ_i, не учитывают этого слабого влияния. Помните, при обсуждении механизма сбора макулатуры в классе мы уже обсуждали гипотезу слабого влияния, связанную с отсутствием монополистов. В данном случае отсутствие монополистов означает отсутствие предприятий, у которых эффективность использования ресурса во много раз выше, чем у всех остальных, вместе взятых. Полагая, что это так, мы можем смело принять гипотезу слабого влияния. А в этом случае полученный механизм является механизмом открытого управления, поскольку Центр максимально учитывает интересы каждого преприятия, давая ему количество ресурса, обеспечивающее максимум функции предпочтения.

Как вы знаете, механизмы открытого управления побуждают (делают выгодным) к сообщению достоверной информации. Поэтому все предприятия сообщают истинные оценки $\sigma_i^* = r_i$. Распределение ресурсов в этом случае будет следующим:

$$s_i^* = \frac{r_i}{\sum_j r_j} \cdot Q, \tag{5.5.7}$$

а норматив эффективности

$$\xi^* = \sqrt{\frac{\varkappa \sum_j r_j}{Q}}. \tag{5.5.8}$$

Сравним (5.6.4), (5.6.5) с выражениями (5.4.2), (5.4.3), определяющими единую оценку эффективности и распределения ресурса после окончания процедуры аукциона. Полное совпадение! Таким образом, полученный механизм открытого управления полностью эквивалентен механизму аукциона.

Попробуем теперь построить механизм открытого управления, эквивалентный конкурсному механизму, описанному в § 2 и 3. Поступим сначала чисто формально. Возьмем и подставим во все формулы, определяющие победителей, оценки их эффективностей и заявляемое количество ресурса, вместо коэффициентов r_i те оценки σ_i, которые сообщают предприятия Центру. После подстановки σ_i вместо r_i в выражение (5.2.8) получим:

$$v_i = \frac{\gamma}{\mu}\sqrt{\frac{\sigma_i}{C}}. \tag{5.5.9}$$

Очевидно, победителями будут m предприятий с наибольшими значениями v_i (если $v_1 \geqslant v_2 \geqslant \ldots \geqslant v_n$, то это первые m предприятий). Далее, Центр должен установить норматив эффективности для победителей на уровне

$$\xi = v_{m+1}$$

и дать каждому предприятию-победителю количество ресурса

$$s_i = \frac{\varkappa\sigma_i}{v_{m+1}^2}$$

(остальные предприятия получают ресурс в количестве C). Механизм распределения ресурса описан полностью. Является ли он механизмом открытого управления? Давайте разбираться.

Во-первых, все победители получают при установленном нормативе $\xi = v_{m+1}$ количество ресурса, максимизирующее их функцию предпочтения. Следовательно, все победители сообщат истинные оценки $\sigma_i^* = r_i$. Это — свойство механизма открытого управления. Что касается остальных предприятий, то нетрудно показать, что при нормативе $\xi = v_{m+1}$ им невыгодно быть победителями. Действительно, чтобы попасть в число победителей, предприятие должно сообщить оценку $\sigma_i > r_i$. Однако при этом Центр установит норматив эффективности

$$\xi \geqslant v_{m+1}$$

(объясните почему). При таком высоком нормативе предприятия с номерами $i = m+1, m+2, ..., n$ ничего не выигрывают, побеждая в конкурсе. Таким образом, полученный механизм действительно является механизмом открытого управления.

Может возникнуть вопрос: если действительно такая тесная связь между конкурсными механизмами и механизмами открытого управления, то зачем вообще конкурсные механизмы? Будем всегда применять механизмы открытого управления, они все-таки проще — предприятия сообщили информацию о функциях эффекта, Центр распределил ресурс, и все в порядке. Все это так. Но в механизмах открытого управления Центру нужна информация о всей функции эффекта, т. е. величине эффекта при различных возможных количествах получаемого ресурса. Получить полное описание функции эффекта для предприятия довольно сложная задача. Гораздо проще, конечно, на каждом этапе конкурсного механизма оценивать эффект в одной точке — при том количестве ресурса, которое предприятие указывает в заявке. Таким образом, задача описания всей функции эффекта в механизме открытого управления заменяется на задачу оценки функции эффекта в некоторых точках. Если говорить более точно, то на каждом этапе конкурсного механизма, рассматриваемого нами, предприятие должно определять количество заказываемого ресурса при выбранной оценке эффективности его использования.

Применения конкурсных механизмов разнообразны. Так, в Народной Республике Болгарии проводится национальный конкурс предложений по созданию мелких и средних предприятий, конкурс по закупке лицензий, национальный конкурс предложений по распределению кредитов на капитальные вложения по реализации встречных планов хозяйственных организаций и т. п. Начато применение конкурсных механизмов и в нашей стране в приборостроении, радиопромышленности и других отраслях.

§ 6. ДЕЛОВЫЕ ИГРЫ «КОНКУРС»

Исследования конкурсных механизмов, которые мы провели в предыдущих параграфах, можно назвать аналитическими. Применяя математику, делая логические выводы, мы пытались предсказать, как будет проходить конкурсная процедура, кто будет победителем, какую информацию будут сообщать участники конкурса. Однако будут ли реальные участники реального конкурса вести себя так, как следует из наших логических рассуждений, — это еще вопрос. Конечно, полный ответ на него может дать только практика организации и проведения конкурсов. Однако повысить уверенность в том, что сделанные нами выводы достаточно надежны, может помочь проведение деловой игры «Конкурс». Такую игру вы можете провести вместе с товарищами. Более того, вы можете сами придумать самые разнообразные конкурсные механизмы и проверить в деловой игре. Можно даже объявить конкурс на лучший конкурсный механизм. Мы рассмотрим несколько простых деловых игр «Конкурс», а дальше все в ваших руках — творите, выдумывайте, пробуйте.

Формальное описание игры фактически повторяет описание задачи распределения ресурса. Каждый игрок перед началом игры получает таблицу, в которой указаны величины эффекта при различных количествах ресурса. Пример такой таблицы приведен ниже.

Таблица
значений функций эффекта игрока № 1

x	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\varphi(x)$	10	14	17	20	22	25	27	29	30

Далее ведущий игры (организатор конкурса) рассказывает о ее правилах. Сообщает имеющееся у него количество ресурса Q, величину базового ресурса C, а также коэффициенты μ отчислений от эффекта в доход игрока и α — штрафов за недостижение обещанного эффекта. Каждая партия игры состоит из трех этапов. На первом этапе каждый игрок, анализируя таблицу значений функции эффекта и результаты предыдущих партий, определяет оценку эффективности ξ_i и величину ресурса s_i. Эти данные игрок заносит в специальную таблицу партий игры, которую передает ведущему.

Таблица партий игрока №

№ партии	Оценка эффективности	Заявка	Ресурс	Эффект	Штрафы	Доход
1	5	5	5	22	1,5	9,5
2	4	7				

Пусть, например, сыграна одна партия и игрок должен определить оценки ξ и s во второй партии. Как он может рассуждать? «В первой партии я сообщил оценку эффективности $\xi = 5$ и стал победителем. При этом я получил заказанное количество ресурса $s = 5$. Эффект равен 22. Так как $\alpha = \mu = 0{,}5$, то мой доход (11 минус штрафы $0{,}5(25 - 22) = 1{,}5$) равен 9,5. Попробую сообщить оценку поменьше, скажем $\xi = 4$ (можно договориться сообщать только целые числа для упрощения вычисления). При этом я могу увеличить заявку на ресурс до $s = 7$. Если я останусь победителем, то получу 7 единиц ресурса, эффект от которого равен 27. Поскольку планируемый эффект равен $\xi \cdot s = 4 \cdot 8 = 28$, то штрафы составят $0{,}5\ (28—27) = 0{,}5$. Таким образом, если я останусь победителем, то мой доход составит $0{,}5 \cdot 27 - 0{,}5 = 13$, что больше, чем в первой партии. Есть, конечно, риск не попасть в число победителей (тогда я получу базовое количество ресурса $s = 1$ и мой доход составит $0{,}5 \cdot 10 = 5$), но кто не рискует, тот не побеждает».

Другой игрок, более осторожный, может рассуждать иначе: «Давай-ка я оставлю прежнюю оценку (сообщать меньшую оценку рискованно, можно не попасть в число победителей), но попробую увеличить заявку на ресурс. Если я закажу $s = 6$, то эффект составит 25 единиц, штрафы $0{,}5(30 - 25) = 2{,}5$, а мой доход $12{,}5 - 2{,}5 = 10$, все-таки больше, чем в первой партии».

Наконец, очень осторожный игрок может сообщить более высокую оценку, чем в первой партии, скажем $\xi = 6$, снизив заявку на ресурс до $s = 4$. И он тоже по-своему прав, рассуждая так: «Игроки, не вошедшие в число победителей, будут, по-видимому, повышать свои оценки эффективности, поэтому если я оставлю свою оценку прежней, то, вероятно, проиграю. Чтобы с большей гарантией остаться победителем, пожалуй, следует увеличить оценку эффективности. Я, конечно, получу меньше, чем в первой партии (проверьте самостоятельно, что игрок в этом случае получит доход 8), но это лучше, чем проиграть и получить только 5 единиц».

Как видите, все игроки по-своему правы. Игра покажет, чья тактика более эффективна. После получения информации от всех игроков ведущий приступает ко второму этапу. Он определяет победителей (либо заданное число игроков с наибольшими оценками, либо как в механизме аукциона, либо любым другим способом, какой вы хотите проверить в игре) и сообщает количество ресурса, получаемое каждым игроком. Наконец, на третьем этапе игроки вычисляют эффект, штрафы и свой доход в данной партии. Все эти данные игрок заносит в свою таблицу партий, и начинается следующая партия.

При проведении игр с разными таблицами эффекта важно обеспечить равные возможности для всех игроков. Эту проблему мы уже обсуждали в игре «Сбор макулатуры», при проведении которой после определенного числа партий игроки менялись таблицами. Этот прием вполне применим и в играх «Конкурс».

После проведения игры важно обсудить ее результаты. Главные вопросы, на которые игра должна дать ответ, — это, во-первых, будут ли сближаться с развитием игры оценки эффективности игроков-победителей, и, во-вторых, если да, то как быстро это сближение произойдет (в-третьей, седьмой или пятнадцатой партии). Теория утверждает, что оценки эффективностей игроков-победителей будут просто равны между собой. Игра должна либо подтвердить, либо опровергнуть этот теоретический результат.

Накопив материалы по многим играм и обработав их, вы можете написать научную статью об экспериментальном исследовании конкурсных механизмов методом деловых игр. Это вполне серьезно. Дело в том, что обоснованные выводы требуют проведения достаточно большого числа деловых игр, причем с различным контингентом участников (ученые, руководители, учащиеся школ, студенты, мужчины, женщины, пенсионеры, военные и т. п.), что, как вы понимаете, довольно сложно. Так, например, сегодня фактически нет достаточного числа деловых игр, проведенных со школьниками. Здесь результаты игр, проведенных вами, могли бы очень помочь. Причем речь идет не только об игре «Конкурс». Несложно проверить на деловой игре и принцип обратных приоритетов, и принцип оптимального распределения ресурса, и вообще любой механизм распределения ресурса, который вы можете придумать. Конструирование деловых игр, отражающих различные стороны нашего хозяйственного механизма, — увлекательное и полезное занятие. Вы могли бы создать в школе библиотеку деловых игр, а затем и деловые игры на вычислительных машинах. Изучение основ управления экономикой в форме деловой игры — более увлекательное занятие, чем изучение их по книге.

Глава VI

СТИМУЛИРОВАНИЕ И СОРЕВНОВАНИЕ

§ 1. СТИМУЛИРОВАНИЕ РОСТА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА

В предыдущей главе мы рассмотрели конкурсные механизмы как особую форму организации социалистического соревнования. При этой форме организации соревнования участники борются за право получения от Центра того или иного количества ресурсов, право разработки проекта и т. д. Таким образом, конкурсный механизм мы определили как механизм организации соревнования на этапе разработки плана. Социалистическое соревнование происходит и на этапе реализации плана, здесь участники стремятся выполнить план с меньшими затратами, с лучшим качеством, перевыполнить нормы и т. п. Безусловно, соревнования на том и на другом этапе тесно связаны друг с другом, как связаны процесс формирования плана и процесс его выполнения. Мы ограничимся исследованием простых моделей, описывающих бригаду рабочих, выполняющих однотипные работы (например, токарей). Нас будет интересовать следующая задача.

Пусть начальник цеха имеет право израсходовать определенную сумму (например, 100 р.) на стимулирование роста производительности труда. Он может эту сумму распределить между рабочими по итогам работы пропорционально величине перевыполнения нормы выработки. Тот, кто больше перевыполнил норму, тот пропорционально больше и получит премию. Но можно поступить и иначе: организовать соревнование за перевыполнение нормы. Тогда рабочий, показавший лучшие результаты, занимает первое место и получает 60 р. премии, рабочий, показавший вторые результаты, занимает второе место и получает 40 р. премии. Как поступить, чтобы рост производительности труда в целом по цеху был наибольшим? На этот вопрос ответить непросто. Здесь без математического исследования не обойтись. Давайте построим простую модель бригады, аналогичную той, какую мы построили в главе I для предприятия. С помощью этой модели и попытаемся ответить на поставленный вопрос.

Итак, пусть имеется бригада из n рабочих. Обозначим через y_i перевыполнение нормы (в процентах) i-м рабочим. Тогда средний рост производительности труда определяется как $y_{\text{ср}} = \frac{1}{n}\sum_i^n y_i$. Перевыполнение нормы на величину y_i, естественно, требует от рабочего дополнительных усилий (физических, умственных). Ясно, что, чем больше перевыполнение, т. е. чем больше y_i, тем больше и эти дополнительные усилия. В нашей математической модели бригады величину усилий будем обозначать через $\varphi_i(y_i)$. Чтобы сказать, как конкретно выглядит эта функция для конкретного рабочего или для рабочих данной квалификации и данной процессии, необходимо провести специальные исследования. Так, например, можно провести наблюдения за работой разных бригад в разных условиях оплаты и по результатам этих наблюдений установить вид функции усилий. Можно провести экспертный опрос рабочих для выяснения поведения этой функции. Ну об этом мы еще поговорим позже, а сейчас отмечу только, что функция усилий с математической точки зрения является неубывающей функцией величины y_i, причем $\varphi_i(0) = 0$, что отражает очевидный факт: если норму не перевыполнять, то и дополнительных усилий не потребуется. Возможный вид функции усилий показан на рисунке 11. На рисунке 11, *а* приведена линейная функция; здесь величина b определяет максимально возможную производительность станков, на которых работают рабочие. На рисунке 11, *б* приведен пример нелинейной функции, где b определяется уже ограничениями на физические возможности рабочего (усилия резко возрастают при приближении к b). Поскольку у нас нет возможности провести исследования, чтобы построить функцию усилий, то нам остается выбрать какую-либо подходящую функцию и предположить, что именно она и определяет величину усилий для рабочих какой-либо профессии.

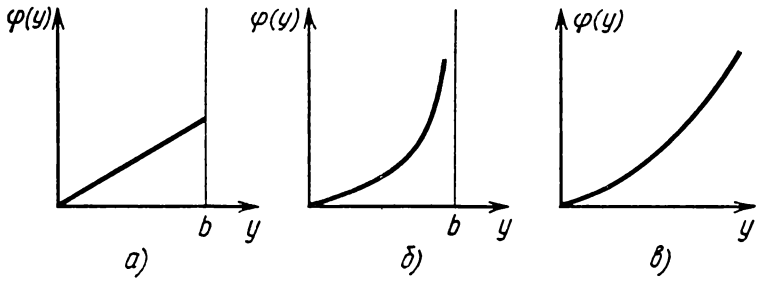


Рис. 11

Наиболее простой и удобной для вычислений является парабола (рис. 11, *в*) $\varphi(y) = \frac{1}{2r} y^2$, где коэффициент r характеризует уровень квалификации рабочего (чем больше r, тем выше уровень квалификации, т. е. с тем меньшими усилиями выполняет рабочий заданную работу). Итак, примем, что функция усилий i-го рабочего бригады имеет вид:

$$\varphi(y) = \frac{1}{2r} y^2, \tag{6.1.1}$$

где r — уровень квалификации рабочего.

Теперь о стимулировании. Основными стимулами к росту производительности труда являются моральное и материальное поощрения. К сожалению, мы весьма мало знаем о количественном влиянии моральных стимулов на рост эффективности производства (знаем, что они влияют и весьма значительно, но этого мало для математического исследования). Поэтому ограничимся исследованием влияния материального поощрения, а конкретно премии за рост производительности труда. Пусть увеличение производительности труда i-го рабочего на 1 % поощряется премией α рублей. Тогда при росте производительности труда на y процентов рабочий получает премию αy, а его дополнительные усилия составляет $\frac{1}{2r} y^2$.

Как вы думаете, какой рост производительности труда будет у рабочего в этом случае? Будем рассуждать так: с одной стороны, чем больше рост производительности, тем больше величина премии, но, с другой стороны, растут и его усилия (он больше устает, больше тратит сил). Естественно принять, что рабочий соизмеряет величину премии с величиной усилий. Проще всего взять разность премии и усилий, умножив усилия на некоторый коэффициент γ, чтобы измерять их также в рублях. Скажем, если 10 единиц усилий рабочий приравняет к 5 р. премии, то $\gamma = 0{,}5$. В этом случае интересы рабочего будут описываться функцией

$$\varphi(y) = \alpha y - \frac{\gamma}{2r} y^2. \tag{6.1.2}$$

А дальше можно определить, какое перевыполнение нормы выгодно рабочему, если действительно его поведение определяется стремлением к увеличению разности премии и усилий.

Помните нашу беседу о сборе макулатуры? Там мы тоже описывали поведение ученика моделью «затраты — стимулы» и тоже брали параболу для описания величины затрат (усилий). Вспомните ответ. Максимум разности стимулов и усилий будет в том случае, если рост производительности составит

$$y^* = \frac{\alpha r}{\gamma}. \tag{6.1.3}$$

Упражнение 1. Проверьте правильность формулы (6.1.3).

Мы связали рост производительности труда с тремя факторами: величиной премии α за каждый процент роста производительности труда, уровнем r квалификации рабочего и некоторым коэффициентом γ, соизмеряющим премию и усилия. Наш вывод таков: чем больше α, чем выше квалификация рабочего r и чем меньше он ценит свои усилия по сравнению с заработком, тем большего роста производительности труда следует ожидать. В качественном плане вывод представляется достаточно убедительным. Более того, мы получили линейную зависимость роста производительности труда от премии. Вот этот факт уже не столь убедителен, и для применения такой модели на практике необходима проверка. Кстати, мы вовремя вспомнили беседу о сборе макулатуры, где мы фактически провели проверку применимости линейной модели на основе ответов самих учеников. Такая процедура вполне возможна и для бригады рабочих.

А сейчас примем, что линейная модель (6.1.3) влияния стимулов на производительность вполне адекватно описывает ситуацию в бригаде, и продолжим наше исследование. Для упрощения формальных вычислений обозначим $\frac{r_i}{\gamma}$ через q_i. Тогда при премии α_i рост производительности труда i-го рабочего составит $\alpha_i q_i$, а средний рост производительности труда бригады равен:

$$y^*_{\text{ср}} = \frac{1}{n}\sum_j \alpha_j q_j.$$

Премия, полученная бригадой, составляет:

$$M = \sum_j \alpha_j^2 q_j.$$

Вот теперь мы готовы к строго математической постановке задачи стимулирования роста эффективности производства (в данном случае это рост производительности труда, но это может быть и рост качества). Вопрос можно поставить следующим образом: нельзя ли при той же самой сумме выплаченной премии (М) обеспечить больший рост производительности труда? Вы что-нибудь слышали о бригадных формах оплаты труда? Одной из таких форм является распределение полученной премии самими рабочими бригады на основе так называемых коэффициентов трудового участия (сокращенно КТУ), которые определяют вклад каждого рабочего в результат всей бригады. Так вот, в нашей модели величина $\alpha_i y_i$ играет роль коэффициента трудового участия i-го рабочего.

Наша задача — выбрать коэффициенты α_i так, чтобы при заданной премии М рост производительности труда бригады был максимальным. В формальной записи нужно максимизировать

$$Y = \sum_j \alpha_j q_j \tag{6.1.4}$$

при ограничении

$$\sum_j \alpha_j^2 q_j = M. \tag{6.1.5}$$

Можете вы решить эту задачу? Вот вам подсказка: рассмотрите сначала случай бригады из двух человек.

В этом случае должны получить, что оптимальные величины α_1 и α_2 равны между собой, причем

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \sqrt{\frac{\mathrm{M}}{\mathrm{H}}}, \quad \mathrm{H} = q_1 + q_2.$$

А как же для произвольного n? Самое простое — применить методы доказательства от противного. Пусть $\{\alpha_i\}$, $i = 1, 2, ..., n$, оптимальное решение задачи, и пусть для рабочих i и j $\alpha_i \neq \alpha_j$. Эти двое рабочих получают премию $\alpha_i^2 q_i + \alpha_j^2 q_j$. Однако эту же премию $\alpha_i^2 q_i + \alpha_j^2 q_j$ можно распределить с бо́льшим ростом суммарной производительности труда рабочих i и j, если взять $\alpha_i' = \alpha_j' = \sqrt{\frac{\alpha_i^2 q_i + \alpha_j^2 q_j}{q_i + q_j}}$. Таким образом, исходное решение не является оптимальным, что противоречит предположению. Следовательно, оптимальные КТУ для бригады из n человек должны быть оптимальными и для бригады из двух человек.

Другой путь решения задачи — это метод математической индукции. Предположим, что для бригады из n человек оптимальные значения α равны между собой. Бригаду из $(n+1)$ человек будем рассматривать как две бригады: одна состоит из n человек, а другая — из одного рабочего (с номером 1). Для бригады из n человек, по предположению, оптимальные значения $\alpha_i = \alpha$, т. е. все α_i равны между собой. Тогда премия этой бригады из n человек составит $\sum_{i=2}^{n+1} \alpha_i^2 q_i = \alpha^2 \sum_{i=2}^{n+1} q_i = \alpha^2 Q_1$, $Q_1 = \sum_{i=2}^{n+1} q_i$, а рост производительности труда $\sum_{i=2}^{n+1} \alpha_i q_i = \alpha Q_1$. Будем рассматривать всю бригаду из n рабочих как неделимую единицу, т. е. как одного рабочего с коэффициентом q, равным Q_1. Теперь мы имеем ту же самую задачу, но только с двумя рабочими. Ее решение нам известно: $\alpha_1 = \alpha$. Следовательно, все α_i равны между собой.

Подведем итоги нашей дискуссии. Итак, полученное решение задачи показывает, что оптимальный способ определения КТУ — это определять его только по конечному результату, т. е. по величине y_i независимо от того, какая квалификация у рабочего, какой стаж работы и т. д. Эти характеристики лучше учитывать непосредственно в тарифной ставке. Напомним, что все эти выводы справедливы, если функции усилий $\varphi_i(y_i)$ имеют вид параболы. «А если это не так, то какая польза от всей этой математики?» — спросите вы. Во-первых, вывод о равенстве коэффициентов α_i в оптимальной процедуре определения КТУ оказывается справедливым для функций $\varphi_i(y_i)$ довольно общего вида:

$$\varphi_i(y_i) = q_i\varphi\left(\frac{y_i}{q_i}\right),$$

где φ — одинаковая для всех i выпуклая функция. Во-вторых, и это главное, какие бы ни были функции усилий, если нам удалось изучить их свойства, то мы можем сформулировать и решить соответствующую задачу построения оптимальной системы стимулирования в бригаде.

А теперь получим зависимость среднего роста производительности труда в бригаде от суммарной премии M. Эта зависимость нам потребуется в дальнейшем. Подставим $\alpha_i = \alpha$ для всех i в выражение (6.1.5), получаем:

$$\alpha = \sqrt{\frac{M}{Q}}, \quad Q = \sum_{i=1}^{n} q_i,$$

а затем, подставив эти значения α вместо α_i в выражение (6.1.4), определяем

$$y_{\text{ср}} = \frac{1}{n}\sqrt{MQ}\ .$$

Упражнение 2. Получите выражение для $y_{\text{ср}}$, если функции усилий имеют вид:

$$\varphi_i(y_i) = \frac{y_i^\beta}{\beta r_i^{\beta-1}}, \quad \beta > 1$$

(все γ примем равными 1).

§ 2. ПУСТЬ ПОБЕДИТ СИЛЬНЕЙШИЙ

В предыдущем параграфе мы оценили, какой средний рост производительности труда можно ожидать от бригады в условиях действия системы премирования рабочих за каждый процент роста производительности труда сверх нормы. Для случая, когда функции усилий рабочих можно описать параболами $\varphi_i(y_i) = \frac{1}{2q_i} y_i^2$, мы получили простое выражение для роста производительности труда

$$y_{\text{ср}}^{\text{ст}} = \frac{1}{n}\sqrt{MQ}, \tag{6.2.1}$$

где M — величина премии, а $Q = \sum\limits_i q_i$ характеризует суммарный уровень квалификации бригады.

Рассмотрим теперь другой механизм, приводящий к росту производительности труда, а именно механизм организации соревнования. Как бы вы организовали соревнование в бригаде? «Очень просто, — скажите вы, — пусть все принимают социалистические обязательства увеличить производительность труда на столько-то. Побеждает тот, кто принял самое большое обязательство и, конечно, выполнил его». А почему побеждает только один? «Пожалуйста, пусть будет несколько победителей. Какая разница?» А вот давайте и разберемся, какая разница. Пусть число победителей равно m (очевидно, что $1 \leqslant m \leqslant n - 1$, поскольку все победителями быть не могут). Тогда премия каждому победителю составит $\mu = \frac{M}{m}$ при заданной общей сумме премии. Разность премии и усилий для победителей равна:

$$f_i^{\text{п}} = \mu - \frac{1}{2q_i} y_i^2, \tag{6.2.2}$$

где y_i — величина перевыполнения норм i-м рабочим, принятая им в качестве социалистического обязательства. Будем считать, что если рабочий принял обязательство, то дело чести его выполнить. Рабочий, не попавший в число победителей, премии не получает ($\mu = 0$), и, очевидно, он не заинтересован в принятии напряженных обязательств по росту производительности труда, если он видит по обязательствам других, что победить ему вряд ли удается. Во всяком случае мы можем принять, что у рабочего, не вошедшего в число победителей, разность премии и усилий равна нулю (нет премии — нет усилий). Для чего нам это нужно? Для того, чтобы предсказать, какие обязательства примут рабочие, претендующие на победу.

Вот смотрите, я нарисовал график функции (6.2.2) (см. рис. 12). В точке $v_1 = \sqrt{2\mu q_1}$ разность премии и

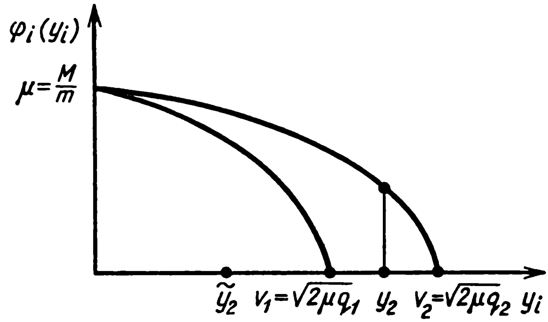


Рис. 12

усилий рабочего равна нулю. Попробуйте ответить, будет ли рабочий принимать обязательство перевыполнить норму больше чем на v_1 %. «Нет, конечно, — сразу ответите вы, — разность премии и усилий у него будет отрицательна. Лучше уж не быть победителем, тогда разность премии и усилий будет равна нулю».

«Хорошо, второй вопрос: как вы думаете, какой из двух рабочих, графики целевых функций которых изображены на рисунке 12, будет победителем? Вероятнее всего, второй, подумав, ответите вы. Например, если он примет обязательство перевыполнить норму на величину y_2, большую чем v_1, но меньшую чем v_2, то, во-первых, он уверенно победит (первому рабочему невыгодно брать такое напряженное обязательство), а, во-вторых, разность премии и усилий у него будет положительной, т. е. ему выгодно быть победителем. А если второй рабочий примет обязательство $\tilde{y}_2 < v_1$, сможет он победить? Вряд ли, ведь в этом случае первому имеет смысл принять обязательство y_1, большее чем y_2, но меньшее, чем v_1, и стать победителем самому. Поэтому, чтобы уверенно победить, второй рабочий должен принять обязательство, не меньшее чем v_1.

Теперь попробуем обобщить эти рассуждения на случай n рабочих и m победителей. Нарисуем несколько графиков (рис. 13). Предположим, что в бригаде 5 рабочих, а число победителей равно 3. Пусть, далее, первый рабочий имеет самый большой коэффициент q_i, за ним идет второй и т. д., т. е. $q_1 > q_2 > q_3 > q_4 > q_5$. Ясно, что победителями будут первые трое рабочих, а их обязательства будут не меньше v_4.

Действительно, во-первых, четвертый и пятый будут

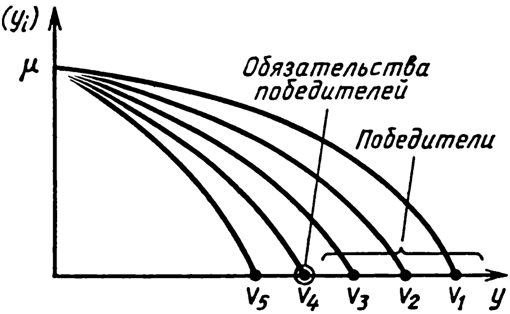


Рис. 13

бороться за победу, только если обязательства остальных меньше, чем соответственно v_4 и v_5. Поэтому если первые трое примут обязательства перевыполнить норму на v_4 % каждый, то они будут победителями. Принимать обязательства выше, чем v_4, им не имеет смысла, так как премия остается прежней, а усилия увеличиваются.

Какое же перевыполнение нормы обеспечит бригада из n человек, если число победителей равно m? Давайте рассуждать: если по-прежнему $q_1 > q_2 > \ldots > q_n$, то победят первые m рабочих, приняв обязательства не менее $y_i = v_{m+1} = \sqrt{2\mu q_{m+1}}$, $i = 1, 2, \ldots, m$. Таким образом, среднее перевыполнение нормы составит не менее

$$y_{\text{ср}}^{\text{ор}} = \frac{m}{n} v_{m+1} = \frac{m}{n}\sqrt{2\mu q_{m+1}} = \frac{1}{n}\sqrt{2Mmq_{m+1}}. \quad (6.2.3)$$

А если у двух рабочих коэффициенты q_i равны, например, $q_m = q_{m+1}$, тогда кто из них будет победителем? Вообще говоря, любой. На практике, помимо основных показателей (в нашем случае таким основным показателем является рост производительности труда), применяется целый ряд дополнительных (общественная работа, дисциплина и т. д.), по которым всегда можно определить победителя в случае равенства основных показателей. Так что формула (6.2.3) справедлива и в случае одинаковых коэффициентов q_i, лишь бы они были пронумерованы в порядке убывания, т. е. $q_1 \geqslant q_2 \geqslant q_3 \geqslant \geqslant \ldots \geqslant q_n$. Как видите, средний рост производительности зависит от числа победителей соревнования. Естественно, наша задача — обеспечить максимальный рост производительности труда. Для этого нужно взять такое число победителей, при котором величина mq_{m+1} максимальна.

Давайте рассмотрим различные возможные ситуации.

Ситуация 1. Бригада однородна, т. е. все q_i равны между собой. В этом случае $mq_{m+1} = mq$ и, очевидно, число победителей следует брать как можно большим, т. е. $m = n - 1$. Такой принцип организации соревнования, когда побеждают все, кроме одного, можно назвать принципом «Не быть последним». Как видите, этот принцип наиболее эффективен в случае однородной бригады. Рост производительности труда составит:

$$y_{\text{ср}}^{\text{сор}} = \frac{1}{n}\sqrt{2\text{M}(n-1)q}\,. \qquad (6.2.4)$$

Теперь мы подошли к решению вопроса: что лучше — стимулирование или соревнование? Для этого достаточно сравнить две величины: $y_{\text{ср}}^{\text{ст}}$ и $y_{\text{ср}}^{\text{сор}}$. Механизм соревнования эффективнее, если $y_{\text{ср}}^{\text{сор}} > y_{\text{ср}}^{\text{ст}}$ или если $\frac{1}{n}\sqrt{2\text{M}(n-1)\,q} > \frac{1}{n}\sqrt{\text{M}nq}$, что легко приводится к виду $2(n-1) > n$, или $n > 2$.

Итак, если бригада однородна и число ее членов больше 2, то механизм соревнования эффективнее механизма стимулирования. При больших n

$$\frac{y_{\text{ср}}^{\text{сор}}}{y_{\text{ср}}^{\text{ст}}} \approx \sqrt{2}\,,$$

т. е. механизм соревнования дает примерно на 40 % больший рост производительности труда, чем механизм стимулирования.

Ситуация 2. Пусть l_1 человек в бригаде имеют бóльшие значения $q_i = q_1$, а l_2 человек — меньшие $q_i = q_2$, где $q_2 < q_1$. Так, если принять все $\gamma_i = \gamma$, т. е. все рабочие примерно одинаково соизмеряют величину усилий с премией и, следовательно, q_i прямо пропорционально r_i, то это означает, что в бригаде l_1 квалифицированных рабочих и l_2 новичков. В этом случае, пока $m < l_1 - 1$, $q_{m+1} = q_1$, $mq_{m+1} = mq_1$ и с ростом m увеличивается. Однако при $m = l_1$ происходит уменьшение mq_{m+1} до величины $l_1 q_2 < (l_1 - 1)q_1$, если $q_1 > \frac{l_1}{l_1 - 1} q_2$ (будем

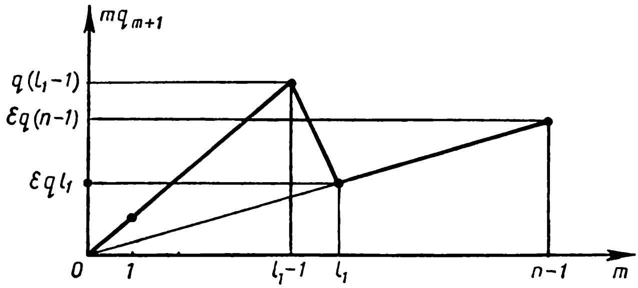


Рис. 14

считать, что это так). Затем с ростом m величина $mq_{m+1} = mq_2$ снова начинает расти. График зависимости mq_{m+1} показан на рисунке 14. Получается пила с двумя зубцами.

Здесь возможны два варианта эффективной организации соревнования. Если

$$q_1(l_1 - 1) > q_2(n - 1),$$

то оптимальное число победителей равно $l_1 - 1$, а средний рост производительности труда равен

$$\frac{1}{n}\sqrt{2Mq_1(l_1 - 1)}.$$

Если же $q_1(l_1 - 1) < q_2(n - 1)$, то оптимальное число побелителей равно $(n - 1)$, как и в случае однородной бригады, а средний рост производительности труда равен

$$\frac{1}{n}\sqrt{2Mq_2(n - 1)}.$$

Что же это получается? В первом случае новички вообще не участвуют в соревновании, соревнуются только опытные рабочие! А во втором рост производительности труда определяется только уровнем квалификации новичков (как будто в бригаде нет опытных рабочих). Получается, что нарушен принцип сравнимости соревнующихся, т. е. не созданы им равные условия для победы, поскольку безусловно новичкам трудно тягаться с опытными рабочими.

Попробуем найти выход из этой ситуации. Для этого организуем отдельное соревнование для опытных рабочих, выделив часть премии для поощрения победителей, и отдельное соревнование для новичков. Это не только справедливо, но и эффективно. Кстати, так и поступают на многих предприятиях при хорошей организации соревнования. Рассмотрим такой вариант более подробно.

Пусть для поощрения опытных рабочих выделена часть премии M_1, а для новичков — M_2. $M_1 + M_2 = M$. Тогда и в том и в другом случае мы имеем дело с однородными коллективами, а значит, можно применить формулу (6.2.4). Для квалифицированных рабочих рост производительности труда в целом равен

$$\sqrt{2M_1q_1(l_1-1)},$$

а для новичков

$$\sqrt{2M_2q_2(l_2-1)}.$$

Средний рост производительности труда в бригаде равен:

$$y_{\text{ср}}^{\text{сор}} = \frac{1}{n}\left[\sqrt{2M_1q_1(l_1-1)} + \sqrt{2M_2q_2(l_2-1)}\right]. \qquad (6.2.5)$$

Теперь подумайте, как лучше всего разделить сумму премий между опытными рабочими и новичками. Очевидно, так, чтобы средний рост производительности труда был максимальным. Для этого нужно найти максимум выражения (6.2.5) при ограничении $M_1 + M_2 = M$.

Упражнение 3. Определите, при каких значениях M_1 и M_2 выражение (6.2.5) достигает максимума, если $M_1 + M_2 = M$.

Если вы правильно выполнили упражнение, то получили, что самое лучшее — это разделить M прямо пропорционально числам $q_1(l_1 - 1)$ и $q_2(l_2 - 1)$, т. е.

$$M_1 = \frac{q_1(l_1-1)}{q_1(l_1-1)+q_2(l_2-1)}M,$$

$$M_2 = \frac{q_2(l_2-1)}{q_1(l_1-1)+q_2(l_2-1)}M.$$

При этом рост производительности труда составит:

$$y_{\text{ср}}^{\text{сор}} = \frac{1}{n}\sqrt{2M[q_1(l_1-1)+q_2(l_2-1)]}. \qquad (6.2.6)$$

Посмотрим, в каких случаях соревнование лучше, чем стимулирование. Сравнивая (6.2.6) и (6.2.1), получаем условие

$$2q_1(l_1 - 1) + 2q_2(l_2 - 1) > q_1 l_1 + q_2 l_2,$$

или

$$q_1 l_1 + q_2 l_2 > 2(q_1 + q_2).$$

Поделив обе части последнего неравенства на $q_1 + q_2$, получаем:

$$\frac{q_1}{q_1 + q_2} l_1 + \frac{q_2}{q_1 + q_2} l_2 > 2.$$

Поскольку $l_1 \geqslant 2$ и $l_2 \geqslant 2$, то это условие выполняется почти во всех случаях. Исключение составляет случай бригады из четырех человек ($l_1 = l_2 = 2$), когда и механизм стимулирования, и механизм соревнования дают одинаковые результаты.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что механизм соревнования является более эффективным, чем механизм стимулирования, естественно, при его хорошей организации. Что такое хорошая организация, следует из рассмотренных нами простых моделей. Необходимо разбить соревнующихся на однородные группы (больше двух человек в каждой группе), для каждой группы организовать отдельное соревнование, причем число победителей должно быть достаточно большим. Премиальный фонд при этом делится между группами пропорционально численности групп и их квалификации. Как видите, мы получили весьма конкретные рекомендации по организации соревнования. Конечно, опытный руководитель приходит к таким рекомендациям в результате накопления опыта большой практической работы по организации соревнования. Но заметьте: мы пришли к этим выводам, не пользуясь результатами практики и не имея никакого опыта. Воистину, «...наука сокращает нам опыты быстротекущей жизни»!

Упражнение 4. В бригаде 7 человек, уровни квалификации которых (т. е. коэффициенты q_i) приведены в таблице:

i	1	2	3	4	5	6	7
q_i	20	17	14	11	8	5	2

Определите оптимальное число победителей. Какой можно ожидать рост производительности труда при премии $M = 66$?

Упражнение 5 (трудное). Для функции усилий из упражнения 3 получите выражение для роста производительности труда в бригаде, состоящей из l_1 опытных рабочих и l_2 новичков. Проведите анализ способа организации соревнования отдельно по группе опытных рабочих и отдельно по группе новичков. Определите оптимальное распределение фонда премирования между этими группами. Что эффективнее — механизм соревнования или механизм стимулирования?

§ 3. ПАРАДОКС ДРУЖНОЙ БРИГАДЫ

Во всех предыдущих моделях каждый член бригады был, так сказать, сам по себе. Он соизмерял свои усилия со своей премией и решал, как ему работать. А если бригада действует по принципу «Один за всех — все за одного»? Такая бригада подобна хорошей, дружной семье. А разве в хорошей семье занимаются подсчетом, кто больше потрудился — отец, мать или вы? Конечно, нет! Каждый в меру своих сил и возможностей участвует в трудовых делах семьи. Недаром хорошую семью называют ячейкой коммунистического общества, поскольку в ней действует принцип «От каждого по способностям, каждому по потребностям» (естественно, в меру возможностей семейного бюджета). Сейчас немало таких дружных бригад, которые отказываются от определения коэффициентов трудового участия, а просто коллективно решают, кто что делает, и трудятся каждый в меру своих способностей. Представьте, что наша бригада и является такой. Какое решение она примет насчет перевыполнения нормы? «Ребята, — спрашивает бригадир, — будем перевыполнять норму?» — «А зачем? — дружно отвечает дружная бригада. — Премия-то остается одной и той же! И мы ее получим просто за выполнение нормы». Вот какой парадокс! Чем дружнее бригада, тем меньше перевыполнение нормы. Причина этого парадокса, я думаю, вам понятна. Здесь явно нарушен принцип оплаты по труду для бригады в целом. И выход тоже ясен: премия должна увеличиваться с ростом производительности труда бригады. Возьмем, например, такую зависимость премии бригады от роста производительности труда (среднего перевыполнения нормы):

$$M = M_0 + ay_{\text{ср}}. \qquad (6.3.1)$$

Здесь M_0 — премия за выполнение нормы, а a — премия за каждый процент перевыполнения нормы. Вот теперь ситуация меняется, поскольку бригада в целом заинтересована в росте производительности труда. А на какую величину, давайте определим.

Естественно, дружная бригада будет максимизировать разность коллективной премии и коллективных усилий. Коллективные усилия на обеспечение роста производительности труда на величину $y_{\text{ср}}$ равны:

$$\Phi = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{2q_i} y_i^2,$$

где $\sum_{i=1}^{n} y_i = ny_{\text{ср}}$. Вспомните линейную модель «затраты — стимулы» в главе о сборе макулатуры. Там было показано, что минимум усилий достигается при распределении заданий по росту производительности труда между членами бригады прямо пропорционально коэффициентам q_i (более квалифицированному рабочему бо́льшая нагрузка). Таким образом,

$$y_i = \frac{q_i}{Q} ny_{\text{ср}}, \text{ где } Q = \sum_{i=1}^{n} q_i,$$

и коллективные усилия всей бригады равны:

$$\Phi = \frac{1}{2Q}(ny_{\text{ср}})^2 \qquad (6.3.2)$$

(получите эту формулу самостоятельно).

Разность коллективной премии (6.3.1) и усилий (6.3.2) равна

$$M_0 + ay_{\text{ср}} - \frac{1}{2Q}(ny_{\text{ср}})^2. \qquad (6.3.3)$$

Максимум этой разности достигается при средней производительности

$$y_{\text{ср}} = \frac{aQ}{n^2} \qquad (6.3.4)$$

(получите эту формулу самостоятельно).

Глава VII

ПЕРЕСТРОЙКА ЭКОНОМИКИ И ПРОТИВОЗАТРАТНЫЕ МЕХАНИЗМЫ

§ 1. ЧТО ТАКОЕ ХОЗРАСЧЕТ?

В предыдущих главах были рассмотрены различные типы организационных механизмов — открытого управления, правильные, согласованные, прогрессивные, конкурсные и т. д. Можно сказать, вы уже стали немного разбираться в вопросах управления коллективом и ваших знаний достаточно, чтобы обсудить проблемы перестройки хозяйственного механизма, происходящей в стране. Хозяйственный механизм представляет собой сложную и взаимосвязанную совокупность механизмов функционирования самого различного вида. Разобраться во всех этих взаимосвязях непросто. Однако основные проблемы вполне можно рассмотреть на упрощенных моделях экономической системы.

Июньский Пленум ЦК КПСС ставит задачу создать на основе полного хозрасчета, самоокупаемости и самофинансирования современный хозяйственный механизм деятельности предприятия, обеспечивающий действенные внутренние стимулы для его развития, побуждающий работать на потребителя, всемерно экономить ресурсы, широко применять достижения науки и техники. Этот механизм должен теснейшим образом увязывать интересы предприятия с интересами народного хозяйства. Здесь вам, пожалуй, не совсем понятны слова «полный хозрасчет», «самоокупаемость» и «самофинансирование».

Что такое хозрасчет или хозяйственный расчет? Обратимся к Большой Советской Энциклопедии. Там сказано, что хозрасчет — это «метод ведения хозяйства и управления, сущность которого состоит в том, что каждое предприятие в денежной форме соизмеряет затраты на производство и результаты своей хозяйственной деятельности, покрывает свои расходы денежными доходами от реализации продукции и обеспечивает рентабельность производства». О рентабельности мы поговорим ниже, а так вроде все ясно. Если предприятие покрывает расходы доходами, то имеет место самоокупаемость. В противном случае государство вынуждено помогать предприятию сводить концы с концами, оказывая финансовую помощь.

Полный хозрасчет означает полную хозяйственную самостоятельность предприятия, учет всех затрат и всех статей дохода. Понятно, что полный хозрасчет означает и самофинансирование. При самофинансировании предприятие живет только за счет заработанных средств без помощи от государства. Поэтому самоокупаемость при самофинансировании — необходимое условие существования предприятия. «Что же это такое? — спросите вы. — Если нет самоокупаемости, предприятие разоряется?» Нет, ему помогает государство. Однако согласитесь, что предприятия, работающие неэффективно, т. е. не обеспечивающие самоокупаемости, обществу не нужны. Значит, нужно принимать меры: либо сменить директора, если причина в плохом руководстве, либо провести реконструкцию предприятия, переоборудовать его для выпуска другой продукции, если причина в отсутствии спроса на продукцию предприятия или в отсутствии нужного сырья для ее поизводства. Собственно, причина нерентабельности в условиях полного хозяйственного расчета может быть только одна — плохое руководство предприятием, поскольку хороший руководитель всегда может обеспечить эффективную работу предприятия в условиях хозяйственной самостоятельности.

Итак, с хозяйственным расчетом мы разобрались. Но хозрасчетных механизмов можно придумать много. Какой же из них нужен нашей экономике? В постановлении июньского Пленума ЦК КПСС на этот счет сказано предельно четко: «Радикальная реформа управления экономикой страны нацелена на... создание надежно действующего противозатратного механизма функционирования народного хозяйства, и прежде всего его основного звена — предприятия (объединения)». (Материалы Пленума Центрального Комитета КПСС, 25—26 июня 1987 г. — М.: Политиздат, 1987. — С. 84).

Что же такое противозатратность? Это такое свойство, при наличии которого хозяйственный механизм побуждает каждого на своем рабочем месте максимально повышать эффективность производства, давать продукции больше, лучшего качества, с меньшими затратами. Свойство противозатратности фактически означает, что хозяйственный механизм в полной мере реализует принцип оплаты по труду: тот, кто дает обществу продукции больше, лучшего качества и с меньшими затратами, тот и получает от общества больше и в материальном, и в моральном смысле. И наоборот, затратные тенденции в хозяйственном механизме — явный показатель нарушения принципа оплаты по труду.

В свою очередь реализация принципа оплаты по труду тесно связана с проблемой измерения общественно необходимых затрат труда (ОНЗТ). Действительно, предположим, что мы имеем достаточно точный механизм измерения ОНЗТ для каждой работы. Тогда проблема создания противозатратного механизма фактически решена. Если работник выполняет данную работу с затратами труда, равными ОНЗТ, то он гарантированно получает определенную заработную плату, если с меньшими затратами или лучшим качеством, то получает дополнительное премирование, а если с большими затратами или худшим качеством, то его заработная плата уменьшается. Очевидно, что каждый работник в этом случае будет заинтересован в уменьшении затрат труда и в повышении качества.

Таким образом, проблема измерения ОНЗТ, проблема оплаты по труду и проблема создания противозатратного механизма — это эквивалентные проблемы в том смысле, что решение одной из них дает и решение остальных. Действительно, предположим, что имеется прибор, который безошибочно измеряет общественно необходимые затраты труда любой работы. У прибора две стрелки. Одна показывает суммарные затраты на сырье, различные материалы, топливо, энергию, оборудование (учитывается, естественно, только часть стоимости оборудования, так называемая амортизация) и т. д. Все эти затраты будем для краткости называть материальными (более научно — это затраты овеществленного труда, т. е. прошлого труда, перешедшего в вещи). Вторая стрелка показывает, сколько рабочего времени расходуется на производство данной продукции или услуг. Если умножить это общественно необходимое рабочее время на среднюю заработную плату занятых в производственном процессе работников, то получим так называемые затраты живого труда. Мы их будем называть просто трудозатратами. Они определяют заработную плату всех работников, занятых в производстве. Итак, прибор точно определяет материальные затраты и трудозатраты на производство любой продукции. Вместе эти две величины дают себестоимость продукции.

Возьмем в качестве примера портного, который шьет модные платья и костюмы. Измерительный прибор, о котором шла речь, показывает, что на один костюм расходуется 100 р. материальных затрат. Сюда включаются затраты на материал, энергию, часть стоимости инструментов, оборудования (швейной машины), помещения, мебели и т. д. Кроме материальных затрат, портной должен затратить свой, или живой, труд. Тот же прибор показывает, что на один костюм портной должен потратить 25 ч рабочего времени. Как оценить эти затраты в деньгах? Это делает государство, определяя оплату каждого часа рабочего времени. Так, если для всех портных установлена оплата в размере 1 р. за час времени работы, то, умножая на 25, получим трудозатраты на пошив одного костюма — 25 р. После продажи костюма эти деньги составляют заработную плату портного. В результате живой труд портного, объединившись с овеществленным трудом, создает новую вещь — костюм, или, как говорят, создает новую стоимость. Эта стоимость равна сумме стоимости овеществленного труда и стоимости, созданной живым трудом. Так вот, живой труд обладает замечательной способностью — создавать стоимость больше, чем стоимость самого труда. Иначе развитие общества было бы невозможно. Поэтому вновь созданная стоимость (стоимость, созданная живым трудом) состоит из двух частей: стоимости живого труда, и так называемой прибавочной стоимости. Первая в нашей модели измеряется величиной трудозатрат, а вторая — величиной прибыли.

Итак, оценка стоимости продукции предприятия (в нашем примере с портным стоимость костюма) складывается из трех частей: материальных затрат, трудозатрат и прибыли; первая и вторая части вместе образуют себестоимость продукции. Сколько прибыли приходится на каждый рубль трудозатрат, решает само общество в зависимости от стоящих перед ним задач, состояния экономики, международной обстановки и т. д. Дело в том, что от величины прибыли зависит бюджет государства, а значит, расходы на развитие системы здравоохранения, образования, обороноспособности, расходы на социальное развитие и развитие производства. Обозначим через ρ величину прибыли на рубль трудозатрат. Этот важный показатель назовем рентабельностью. Такое название выбрано не случайно. В экономике есть близкое понятие рентабельности, это величина прибыли на рубль себестоимости (она так и называется рентабельностью, исчисленной к себестоимости). Есть рентабельность, исчисленная к производственным фондам, и еще ряд других рентабельностей. В общем рентабельность — это прибыль, приходящаяся на рубль определенного вида затрат (стоимости). В нашей модели нужна величина прибыли на рубль трудозатрат. Отсюда и название — рентабельность, исчисленная к трудозатратам, или просто рентабельность, поскольку других рентабельностей в модели не будет.

Обозначим материальные затраты на единицу продукции через s, трудозатраты через a, а прибыль через π (трудозатраты a будем называть также основной заработной платой, поскольку это деньги, возвращаемые работнику в виде заработной платы). Тогда оценкой стоимости произведенной продукции будет сумма

$$Ц = s + a + \pi.$$

Вот эту величину, измеряющую созданную стоимость, и назовем ценой продукции.

Вернемся к нашему портному. Определим себестоимость костюма. Она равна сумме материальных затрат (100 р.) и трудозатрат (25 р.), т. е. 125 р. Пусть государство установило для легкой промышленности норматив рентабельности 2. Это значит в нашей модели, что каждый рубль трудозатрат дает 2 р. прибыли. Тогда цену костюма легко определить:

$$Ц = 100 + 25 + 2 \cdot 25 = 175 \text{ р.}$$

Значит, после продажи (реализации) костюма портной получает выручку 175 р. После компенсации материальных затрат (100 р.) у него остается доход 75 р. Из них он получает 25 р. в виде заработной платы. Прибыль

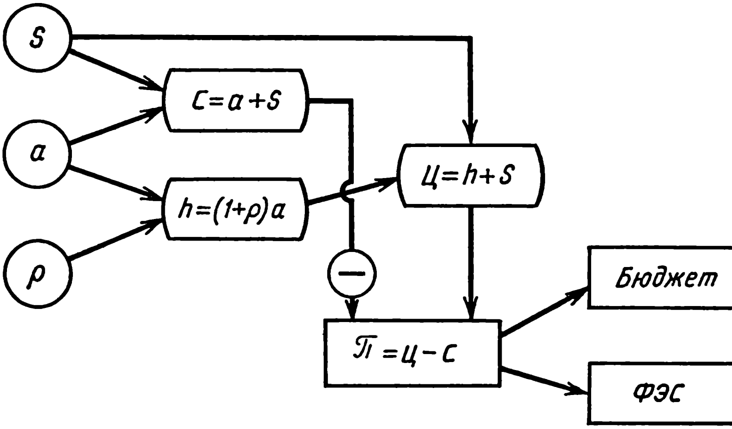


Рис. 15

же распределяется следующим образом. Часть ее идет в бюджет государства и централизованные фонды по определенным нормативам отчислений. Остаток образует фонды экономического стимулирования. Как видим, получается довольно ясная раскладка, которая приведена на рисунке 15. Давайте выпишем еще раз все связи между введенными понятиями:

$c = a + s$ — себестоимость,

$Ц = (1 + \rho)a + s$ — цена,

$\pi = Ц - c = \rho a$ — прибыль.

Таким образом, наличие идеального измерителя ОНЗТ любой работы позволяет точно измерить стоимость, а значит, и реализовать принцип оплаты по труду.

Однако вернемся к действительности. Такого прибора, который измерял бы точно общественно необходимые затраты труда, к сожалению, нет! Единственным измерительным прибором в нашем примере является сам портной. Чтобы общество оценило его труд, он должен сообщить трудоемкость костюма, т. е. число часов, необходимых для его пошива. Посмотрим, заинтересован ли портной быть точным измерительным прибором, т. е. указать именно те 25 ч, которые ему объективно необходимы. Представим себе его размышления. «Если я укажу честно 25 ч, — думает портной, — то цена костюма будет 175 р., а прибыль 50 р. Половину прибыли я должен отдать (пусть норматив отчисления от прибыли в государственный бюджет и централизованные фонды равен 50 %). Итак, у меня остается 25 р. заработной платы и 25 р. фондов экономического стимулирования (ФЭС). А если я сообщу не 25 ч, а 50, тогда цена костюма будет 250 р., покупатели найдутся. В этом случае я получу 50 р. заработной платы и 50 р. ФЭС. В прежнем варианте я за те же 50 ч сшил бы два костюма и получил бы после их продажи те же 50 р. заработной платы и 50 р. ФЭС! Зачем же мне надрываться? Решено, сообщаю трудоемкость 50 ч или трудозатраты 50 р. Общество признает эти трудозатраты общественно необходимыми, так как мои костюмы хотят иметь многие». Вот так может размышлять портной. У вас может возникнуть резонный вопрос: а почему бы в этом случае портному не сказать, что трудоемкость костюма еще больше, скажем не 50, а 70 ч? Деньги те же, а работы еще меньше. Это так, но цена костюма будет уже не 250, а 310 р. По такой цене его никто не купит.

Итак, подведем итоги. Портной как измерительный прибор в данном случае никуда не годится. Он заинтересован в завышении затрат на пошив костюма до тех пор, пока костюм будут покупать. Таким образом, описанный механизм определения цены толкает портного на завышение затрат и поэтому является затратным механизмом.

Покажем это математически для модели предприятия. Для этого нужно уточнить процедуру распределения прибыли. Как я уже говорил, часть ее идет в бюджет государства и централизованные фонды министерств и территориальных органов, а также на выплату процентов, если предприятие брало кредит в банке. Для нас важна другая часть — фонды экономического стимулирования. Их три: фонд развития производства, науки и техники, фонд социального развития и фонд материального поощрения. Все эти фонды образуются по определенным (стабильным) нормативам отчислений от прибыли. За счет первого фонда предприятие приобретает более совершенное оборудование, улучшает технологию, осваивает выпуск более качественной и дешевой продукции. Второй фонд предназначен для удовлетворения социальных потребностей работников. За его счет можно строить жилые дома, детский сад, дом отдыха, приобретать спортивный инвентарь и т. д.

Наконец, третий фонд материального поощрения выплачивается работникам в виде премий за успешную работу. Для нас в первую очередь интересен фонд материального поощрения (сокращенно ФМП), который вместе с фондом заработной платы (ФЗП) образует фонд оплаты труда (ФОТ). Если обозначить норматив отчислений от прибыли в ФМП через β, то величину фонда оплаты труда на единицу продукции можно представить в виде суммы:

$$\Phi_{\text{от}} = \Phi_{\text{зп}} + \Phi_{\text{мп}} = a + \beta\pi. \qquad (7.1.1)$$

Обратите внимание, что заработная плата составляет определенную долю $\alpha = \dfrac{1}{1+\rho}$ от дохода $h = (1 + \rho)a$. Поэтому выражение (7.1.1) можно еще записать так:

$$\Phi_{\text{от}} = \alpha h + \beta\pi = \alpha(1 + \rho)a + \beta\rho a. \qquad (7.1.2)$$

Если количество продукции, выпускаемой предприятием, скажем, за год, обозначить через M, то можно определить основные показатели его работы:

трудозатраты — $\text{А} = \text{М}\cdot a$,
материальные затраты — $S = \text{М}\cdot s$,
выручка (объем реализации) — $\text{Р} = \text{МЦ} = (1 + \rho)\text{А} + S$,
доход — $\text{Н} = \text{М}\cdot h = (1 + \rho)\text{А}$,
прибыль — $\text{П} = \text{М}\pi = \rho\text{А}$,
фонд оплаты труда — $\Phi_{\text{от}} = \alpha\text{Н} + \beta\text{П}$.

Одно маленькое замечание. Вообще говоря, величина $\text{Р} = \text{М}\cdot\text{Ц}$ определяет объем произведенной продукции и называется товарной продукцией. Мы предполагаем, что вся продукция реализована потребителям и оплачена ими. В этом случае объем товарной продукции совпадает с объемом реализованной. Аналогично разность товарной продукции и материальных затрат дает чистую продукцию, которая в нашем случае совпадает с доходом. Вот теперь можно уточнить, как понимать отмеченный выше «затратный характер» хозяйственного механизма. Для этого определим, чему равен фонд оплаты труда на одного работника (в среднем). Если обозначить через ω среднюю заработную плату, то число работников, занятых в производстве, составит

$$N = \frac{\text{А}}{\omega}.$$

Поделив фонд оплаты труда на N, получим:

$$\frac{1}{N}(\alpha Н + \beta П) = [\alpha(1 + \rho) + \beta\rho]\omega. \qquad (7.1.3)$$

Поскольку средняя заработная плата не меняется (для портного она составляла 1 р. в час или около 240 р. в месяц), а норматив рентабельности и нормативы отчислений также постоянны, то каждый работник получает одни и те же деньги независимо от того, как он работает! Это, естественно, может привести к желанию работать поменьше, а другими словами, к затратному механизму. А нам нужен противозатратный! Как его получить, об этом мы поговорим в следующем параграфе.

§ 2. ПОЛЕЗНЫЙ ЭФФЕКТ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Выражение (7.1.3) определяет оплату труда одного работника за определенный период времени. Если средняя заработная плата не меняется, то имеются два пути получения противозатратного механизма: либо увеличивать норматив рентабельности, либо увеличивать нормативы α и β при уменьшении затрат и росте качества. Мы рассмотрим первую возможность — будем увеличивать норматив рентабельности, если уменьшаются затраты и растет качество продукции.

Несколько слов о качестве. Вы, безусловно, представляете, что это такое. Слова «хорошее качество», «плохое качество» характеризуют, насколько хорошо сделана данная вещь и насколько она полезна для потребителя, т. е. характеризуют ее потребительную стоимость. Однако потребительная стоимость как способность продукции удовлетворять определенные потребности общества зависит не только от качества в обычном житейском смысле этого слова, но и от моды, погоды, степени дефицитности данной продукции, от наличия средств у потребителей и еще от многих, многих обстоятельств. Поэтому мы введем более общее понятие — полезный эффект, понимая под этим обобщающую денежную оценку полезности для потребителей данной продукции.

Итак, каждый продукт, произведенный для продажи (т. е. являющийся товаром), имеет стоимость и потребительную стоимость. Это основные (исходные) понятия политической экономии. Что такое стоимость и как ее измерять, мы обсудили в предыдущем параграфе. А вот как измерять потребительную стоимость? Здесь дело обстоит сложнее. Стоимость имеет по крайней мере единую меру — рабочее время. А как измерить полезность чистого воздуха, песен Высоцкого, видеомагнитофона или нового трактора? Что полезнее? И на сколько? Еще К. Маркс говорил, что различные потребительные стоимости несоизмеримы. Если я спрошу, чей труд полезнее: шахтера, учителя или портного, то ваш ответ, я думаю, будет однозначным. Обществу нужен и уголь, и знания, и хорошая одежда. Так что все эти работы мы обязаны признать одинаково полезными и нужными для общества. Однако массы потребительных стоимостей общество уже может и должно соизмерять. Так, если сегодня дефицит детских вещей, то повышается оценка потребительной стоимости (полезного эффекта) детской одежды (относительно, скажем, одежды для взрослых или обуви). Серьезное положение с чистотой воздуха и воды повышает полезный эффект от работ по охране окружающей среды и т. д. А если обратиться к вашей семье, то обнаружится, что маме, например, крайне необходимы сапоги, отцу — новый костюм, на тебе вообще все горит. А семейный бюджет ограничен, какой бы пост ни занимали мама и папа. Поэтому родители вынуждены давать денежную оценку полезности для семьи каждой вещи. Итак, измерителями полезного эффекта продукции выступают ее потребители.

Вот несколько примеров. Вы приходите в магазин и видите модную куртку. Еще не зная ее цены, вы решаете для себя: «Если цена не выше 100 р., то куплю». Это и есть денежная оценка полезного эффекта для вас этой куртки. Другой пример. Больнице выделили определенную сумму средств на приобретение медицинского оборудования. С учетом обеспеченности оборудованием различных отделений больницы и ограниченности выделенной суммы главный врач принимает решение приобрести новый рентгеновский аппарат, если он не дороже, скажем 2 тыс. рублей (цифра взята условно). Наконец, вернемся к портному. Портной знал, что дороже чем за 300 р. модный костюм не продаст. Во всех трех примерах определялась некоторая предельная (лимитная) денежная оценка полезности продукции. Смысл ее в том, что при цене выше лимитной продукция потребителю не нужна. Эта оценка часто так и называется — лимитная цена. Лимитную цену продукции в указанном выше смысле мы и примем в качестве денежной величины полезного эффекта, обозначив ее через l.

Итак, у нас имеются три оценки для единицы продукции: a, s и l. Первые две характеризуют затраты труда (живого и овеществленного), а третья — полезный эффект. Как мы договорились, для противозатратности механизма нужно, чтобы норматив рентабельности увеличивался при снижении затрат a и s и росте полезного эффекта l. В этом случае будет расти оплата труда каждого работника в единицу времени, что в свою очередь повысит заинтересованность работников снижать затраты и повышать качество продукции. Когда уменьшаются затраты труда (живого и овеществленного) или растет полезный эффект, то говорят, что повышается эффективность производства.

Понятие эффективности имеет смысл определить математически строго. Так же как рентабельность бывает разная, эффективность можно определять по-разному. Можно полезный эффект делить на себестоимость (это народнохозяйственная эффективность, определяющая полезный эффект на рубль затрат), можно делить на цену (это эффективность для потребителя, определяющая полезный эффект на каждый рубль потраченных им средств). Нас интересует эффективность работы предприятия. Определим ее как полезный эффект, созданный живым трудом работников предприятия, на единицу этого живого труда. Логично, но есть проблемы. Как определить полезный эффект, созданный живым трудом?

Дело в том, что часть полезного эффекта создана овеществленным трудом s и не является заслугой работников предприятия. Ясно, что эту часть нужно исключить при оценке работы предприятия. В противном случае возможно появление, образно говоря, «предприятий-спекулянтов», которые будут перепродавать чужой труд. Это не означает, что нужно отказаться от фирм-посредников, выполняющих функции обеспечения предприятий или населения необходимым оборудованием, материалами. Но оценка работы этих фирм должна учитывать полезный эффект их труда, а не полезный эффект оборудования и материалов. Самое простое — ввести некоторый норматив q полезного эффекта на рубль материальных затрат (назовем его нормативом эффективности материальных затрат). Скажем, если $q = 1{,}5$, то при покупке материалов и оборудования на 1000 р. предприятие как бы исключает из общественного богатства полезный эффект в размере 1500 р. Если при этом полезный эффект от продукции предприятия составляет 2000 р., то в итоге труд работников предприятия даст обществу увеличение полезного эффекта на 500 р. Я не утверждаю, что это единственный способ оценки эффективности труда работников предприятия. Вы сами можете подумать и предложить другие варианты, но мы остановимся на этом.

Итак, полезный эффект от труда работников предприятия (можно сказать, чистый полезный эффект) равен разности полезного эффекта l и материальных затрат s, умноженных на норматив эффективности q материальных затрат, т. е.

$$l_{\text{чист}} = l - qs.$$

Поделив $l_{\text{чист}}$ на трудозатраты a, получим эффективность Э:

$$\text{Э} = \frac{l - qs}{a}. \qquad (7.2.1)$$

Убедитесь сами, что с уменьшением a и s и увеличением l эффективность растет.

Теперь для обеспечения противозатратности механизма достаточно, чтобы норматив рентабельности увеличивался с ростом эффективности. Возьмем, например, такую зависимость (рис. 16):

$$\rho = \rho_0 + k(\text{Э} - \text{Э}_0). \qquad (7.2.2)$$

Здесь Э_0 — некоторая базовая эффективность продукции, а ρ_0 — базовое значение норматива рентабельности. Если взять $k > 0$, то механизм будет противозатратным, поскольку с ростом Э увеличивается и ρ.

Осталось определиться с нормативами отчислений в ФЗП и ФМП. Что касается норматива α отчислений в ФЗП, то, как было показано раньше, он равен $\frac{1}{1+\rho}$. Но теперь норматив рентабельности не являет-

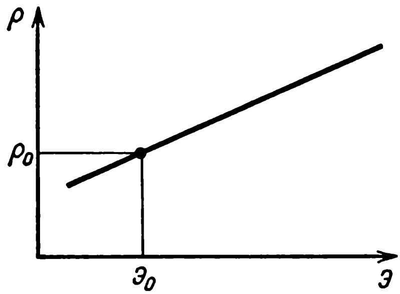


Рис. 16

ся постоянным, а растет с ростом эффективности. В то же время норматив α, как мы договорились, должен быть постоянным. Поступим следующим образом. Установим некоторый минимальный уровень рентабельности $\rho_{\min}$. Если продукция имеет рентабельность ниже $\rho_{\min}$, то она не должна выпускаться. С другой стороны, если рентабельность равна минимальной (или выше), то выпуск продукции должен обеспечивать работникам установленный уровень заработной платы. Это значит, что нормтив α должен быть не менее чем $\frac{1}{1+\rho_{\min}}$ (объясните почему). Вот мы и возьмем $\alpha =$ $= \frac{1}{1+\rho_{\min}}$.

Теперь о нормативе отчислений от прибыли в фонд материального поощрения. Ограничения на его величину связаны с необходимостью контролировать объем денежных средств, выплачиваемых работникам за труд, т. е. величину фонда оплаты труда по сравнению с объемом товаров, которые можно купить на эти деньги, и услуг. С чем это связано? Давайте разберемся! Фразу о том, что при социализме каждый отдает по способности, а получает по труду, вы безусловно слышали не раз. Но задумывались ли вы, что это значит — платить по труду? И сколько нужно платить по труду?

Вот рабочий получил заработную плату и премию. На эти деньги он должен купить продукты, одежду и еще многое другое, необходимое для удовлетворения потребностей семьи. Ясно, что все это должно быть в магазинах, причем в таком количестве, чтобы можно было спокойно прийти и купить именно то, что хочется. Я думаю, вы понимаете опасность для эконкмики ситуации, когда деньги есть, а купить нечего. У людей пропадает желание зарабатывать, что неминуемо приводит к ослаблению действия материальных стимулов и падению производительности труда.

Не менее неприятна обратная ситуация — товаров изобилие, но цены такие, что много не купишь. Вывод, который естественно следует из этих рассуждений, довольно очевиден: хорошо, когда товары в магазинах не залеживаются, их раскупают и в то же время всегда можно купить все необходимое. Другими словами, должен быть определенный баланс между денежными средствами населения и объемом товаров (естественно, хороших товаров) и услуг. Этот баланс во многом определяет, сколько нужно платить за труд — ни много, ни мало, а ровно столько, сколько нужно для обеспечения баланса.

Но как контролировать и обеспечивать сбалансирование спроса, определяемого денежными средствами населения, и предложения, определяемого объемом выпущенных товаров и услуг? Рассмотрим, например, такой вариант: введем ограничение на величину фонда оплаты труда в зависимости от объема произведенной чистой продукции. Действительно, на потребление идет определенная часть произведенной продукции, и поэтому на оплату труда логично направить также не более определенной части вновь произведенной продукции.

Итак, введем ограничение на оплату труда, определяющее максимальную долю фонда оплаты труда от объема чистой продукции. Обозначим эту максимальную долю через γ. Тогда ограничение на оплату можно записать так:

$$\Phi_{\text{от}} \leqslant \gamma H, \tag{7.2.3}$$

или после подстановки выражения для $\Phi_{\text{от}}$ и Н имеем:

$$\alpha(1+\rho)a + \beta\rho a \leqslant \gamma(1+\rho)a. \tag{7.2.4}$$

Поделив обе части неравенства на $(1+\rho)a$, получим:

$$\alpha + \beta\frac{\rho}{1+\rho} \leqslant \gamma. \tag{7.2.5}$$

Обратите внимание, что в это неравенство входит норматив рентабельности ρ, который нам заранее не известен. Нам могут быть заданы лишь границы возможных значений норматива рентабельности:

$$\rho_{\min} \leqslant \rho \leqslant \rho_{\max}. \qquad (7.2.6)$$

Для выполнения неравенства (7.2.5) при любых ρ из отрезка $[\rho_{\min}, \rho_{\max}]$ очевидно, достаточно, чтобы оно выполнялось при $\rho_{\max}$ (объясните почему). Подставляя в (7.2.5) значение $\alpha = \frac{1}{1+\rho_{\min}}$ и $\rho_{\max}$ вместо ρ, получаем следующее ограничение на выбор β:

$$\frac{1}{1+\rho_{\min}} + \beta\frac{\rho_{\max}}{1+\rho_{\max}} \leqslant \gamma,$$

или

$$\beta \leqslant \left(\gamma - \frac{1}{1+\rho_{\min}}\right)\left(1 + \frac{1}{\rho_{\max}}\right). \qquad (7.2.7)$$

С учетом этого ограничения величину β желательно брать побольше для усиления противозатратного эффекта. Теперь все готово для проектирования противозатратного механизма. С чего начнем? Сначала установим границы эффективностей $Э_{\min}$ и $Э_{\max}$, в пределах которых гарантируется противозатратность механизма и выполнение требований на оплату труда. Далее выберем коэффициент k. По формуле (7.2.2) можно определить границы рентабельности:

$$\rho_{\min} = \rho_0 + k(Э_{\min} - Э_0),$$
$$\rho_{\max} = \rho_0 + k(Э_{\max} - Э_0).$$

Теперь, зная $\rho_{\min}$, определяем α. Наконец, задаем еще один параметр — максимальную долю γ фонда оплаты труда от объема чистой продукции — и из условия (7.2.7) выбираем β. Выбор остальных нормативов отчислений от прибыли (в бюджет и централизованные фонды, фонд развития производства, науки и техники и фонд социального развития) производится уже несложно. Единственное, за чем нужно следить, — чтобы сумма всех фондов не превышала дохода.

У вас может создаться впечатление, что все очень просто и все проблемы решены. Проблемы только начинаются! Обсудить все их в этой книге не представляется возможным. Познакомимся с основными из них.

В дальнейшем, если не оговорено особо, будем считать, что количество продукции М, выпускаемой предприятием, при уменьшении затрат остается неизменным. Это предположение сделано для того, чтобы не усложнять математических выкладок.

§ 3. ХИТРЫЙ ПОРТНОЙ

Вернемся к нашему портному и построим для него противозатратный механизм. Зависимость рентабельности от эффективности возьмем в виде (7.2.2), где $\rho_0 = 1{,}0$, $Э_0 = 2$. Теперь нужно задать границы эффективности $Э_{min}$ и $Э_{max}$. Напомним, что в этих границах мы должны гарантировать противозатратность механизма и выполнение ограничений на оплату труда. Возьмем $Э_{min} = Э_0 = 2$, а $Э_{max} = 7$. Теперь выберем k. Для противозатратности достаточно взять любое положительное число, например $k = 0{,}1$. Определяем границы норматива рентабельности:

$$\rho_{min} = 1{,}0 + 0{,}1(Э_{min} - Э_0) = 1{,}0,$$

$$\rho_{max} = 1{,}0 + 0{,}1(Э_{max} - Э_0) = 1{,}5.$$

Норматив α определяется сразу:

$$\alpha = \frac{1}{1 + \rho_{min}} = 0{,}5.$$

Осталось определить норматив β. Для этого зададим коэффициент $\gamma = 0{,}6$ и из условия (7.2.7) получим:

$$\beta \leqslant (0{,}6 - 0{,}5)\cdot\left(1 + \frac{1}{1{,}5}\right) = \frac{0{,}1\cdot 5}{3} \approx 0{,}17.$$

Возьмем, например, $\beta = 0{,}15$. Определим фонд оплаты труда портного за 1 ч работы при трудоемкости 25 ч на 1 костюм, если лимитная цена костюма установлена 300 р. Итак, имеем $l = 300$, $a = 25$, $s = 100$. При нормативе эффективности материальных затрат $q = 2$ эффективность работы портного равна:

$$Э = \frac{l - qs}{a} = \frac{100}{25} = 4.$$

Рентабельность $\rho = 1 + 0{,}1\cdot(4 - 2) = 1{,}2$. Фонд оплаты труда при реализации одного костюма

$$\Phi_{\text{от}} = \alpha(1 + \rho)a + \beta\rho a = (0{,}5\cdot 2{,}2 + 0{,}15\cdot 1{,}2)\cdot 25 = \\ = 32 \text{ р.}$$

Оплата одного часа работы составляет 1 р. 28 к.

Проверим, действительно ли портному невыгодно увеличивать трудозатраты. Пусть он сообщил $a = 50$ р. Тогда эффективность его работы уменьшается до минимальной:

$$Э = \frac{100}{50} = 2.$$

Рентабельность также падает, $\rho = 1$. Фонд оплаты труда при реализации одного костюма составляет:

$$\Phi_{\text{от}} = (0{,}5\cdot 2 + 0{,}15\cdot 1)50 = 57 \text{ р. } 50 \text{ к.}$$

Как видим, хотя от продажи одного костюма портной получает больше, но за 1 ч работы оплата составляет 1 р. 15 к., т. е. уменьшается на 13 к. Таким образом, вроде бы портному выгодно снижать трудозатраты на 1 костюм, так же как и материальные затраты. Однако хитрый портной, увидев, что при трудозатратах $a = 50$ р. фонд оплаты труда увеличивается на 25 р. 50 к., сообразил, как увеличить свой заработок. Он пригласил принять участие в пошиве костюмов своего соседа Ивана Петровича. Тот, конечно, очень удивился, поскольку не имел никакого понятия, как шьют костюмы. «Не беспокойся, — объяснил ему портной, — тебе ничего и не надо делать, только расписывайся в ведомости и получай деньги». — «Я согласен, но в чем твой интерес?» — удивился сосед. Портной загадочно улыбнулся и промолчал. Давайте попробуем разобраться, почему портной заинтересован «раздувать штаты».

На костюм он по-прежнему тратит 25 ч, но указывает трудозатраты 50 р., добавляя 25 ч работы партнера (хотя тот ничего не делает). Благодаря этому фонд оплаты труда от продажи одного костюма составит 57 р. 50 к. После выплаты заработной платы соседу (25 р.) у портного остается 32 р. 50 к., что на 50 к. больше, чем когда он работал один. Таким образом, простым увеличением объема трудозатрат без увеличения объема труда портной добивается увеличения своей оплаты. Более того, портной может договориться с Иваном Петровичем, чтобы тот отдавал ему обратно часть полученных денег (поскольку Иван Петрович ничего не делает, то он может согласиться отдавать 50 % или даже больше полученных денег). Это, конечно, называется уже вполне определенно — финансовые махинации или просто жульничество. Однако возможность таких действий со стороны некоторых «деловых людей» или «современных Остапов Бендеров» исключать нельзя.

Как же бороться с такими явлениями? Можно, конечно, создать различного рода контролирующие органы (комитет народного контроля, группы народного контроля, ревизоры). Это и делается, и такие контролирующие механизмы безусловно существенно уменьшают возможность финансовых махинаций. Однако нарушения такого вида выявлять довольно трудно.

В первом случае, когда Иван Петрович получает заработную плату и ничего не делает, надо доказать, что он ничего не делает! А он может «изображать» бурную деятельность, например перекладывать готовые костюмы с полки на полку. Во втором случае контролерам еще сложнее: нужно доказать, что Иван Петрович, получив зарплату и расписавшись в ведомости, часть денег отдает портному (он же не будет делать это на виду у контролеров!).

Посмотрим, нет ли экономических методов борьбы с хитрым портным, нельзя ли сделать все эти хитрости невыгодными для него. Таким образом, мы опять подошли к проблеме построения механизма, воспитывающего честность. Я думаю, вы уже догадались, что нужно сделать. Правильно! Нужно усилить противозатратность, что в нашей модели означает увеличение коэффициента ρ. А вот насколько увеличить, мы разберемся в следующем параграфе.

В заключение лишь отметим, что построенный противозатратный механизм не защищен от махинаций нечестных людей и весьма терпим к лентяям. В этом его слабость. Поэтому механизм, противозатратный в рассмотренном выше смысле, так и будем называть — *слабо противозатратным.* А сейчас приступим к проектированию противозатратных механизмов, защищенных от мошенников и нетерпимых к лентяям.

§ 4. МЕХАНИЗМ ЗАМЕНЯЕТ РЕВИЗОРА

Итак, наша задача — построить такой механизм, чтобы коллектив не был заинтересован держать на работе лентяев или фиктивных работников. Пусть a_0 — основная заработная плата действительно работающих членов коллектива. Тогда разность $a - a_0$ — это «балласт», т. е. заработная плата людей, изображающих деятельность, но тем не менее получающих зарплату, а иногда и премию. Сюда могут входить и фиктивные работники, которые по ведомости получают зарплату, а в действительности получают только ее часть. Еще раз подчеркнем, что это, безусловно, незаконно, но мы должны допустить и такую возможность явного мошенничества.

Обозначим через θ долю заработной платы, получаемую этой категорией лиц. Если $\theta > 1$, то бездельник получает не только зарплату, но и премию. Если $\theta = 1$, то бездельник премии не получает, но зарплату ему начисляют. Если $\theta < 1$, то мошенник, который расписывается в получении всей зарплаты, часть ее $(1 - \theta)$ отдает другому мошеннику, который устроил его на эту работу. Найдем величину фонда оплаты труда действительно работающих:

$$\Phi^0_{\text{от}} = [\alpha(1 + \rho)a + \beta\rho a - \theta(a - a_0)]\,M. \qquad (7.4.1)$$

Наша задача — выяснить, при каких условиях основной состав будет не терпим к бездельникам и мошенникам. Тогда не потребуются никакие ревизоры и комиссии, коллектив сам наведет порядок. Для этого, очевидно, нужно, чтобы фонд оплаты труда основного состава уменьшался при росте трудозатрат за счет бездельников и мошенников. Подставим в выражение (7.4.1) значение ρ из формулы (7.2.2) и определим коэффициент при a. Для противозатратности в указанном выше смысле необходимо, чтобы этот коэффициент был отрицательным. Проверьте, что соответствующее условие имеет вид:

$$k > \frac{1}{\text{Э}_0}\left(\rho_0 - \frac{\theta - \alpha}{\alpha + \beta}\right). \qquad (7.4.2)$$

Выделим два случая. Если условие (7.4.2) выполняется для $\theta = 1$, то механизм назовем просто противозатратным. А если оно выполняется при $\theta = 0$, то сильно противозатратным. В чем отличие? Противозатратный механизм нетерпим к бездельникам. Другими словами, любой бездельник, получающий зарплату, снижает заработок основного состава. Однако на фиктивного работника при противозатратном механизме коллектив может смотреть сквозь пальцы, так как он не снижает их заработка. Для сильно противозатратного механизма любой фиктивный работник снижает заработок основного состава! Вот теперь посмотрим, как быть с хитрым портным. Если вы помните, параметры механизма были такие: $\rho_0 = 1$, $Э_0 = 2$, $\alpha = 0{,}5$, $\beta = 0{,}15$, $k = 0{,}1$. Посмотрим, является ли этот механизм противозатратным. Возьмем $\theta = 1$, подставим в неравенство (7.4.2) и проверим, выполняется ли оно:

$$0{,}1 < \frac{1}{2}\left(1 - \frac{0{,}5}{0{,}65}\right) = \frac{3}{26}.$$

Неравенство не выполняется. Значит, механизм не противозатратный. Понятно, что портному было выгодно взять на работу бездельника, получающего зарплату 25 р. за костюм.

Возьмем $k = 0{,}2$. Теперь неравенство (7.4.2) выполняется, и портному уже невыгодно, если Иван Петрович будет получать всю зарплату. Однако он может договориться, чтобы часть полученной зарплаты Иван Петрович отдавал ему (это уже мошенничество). Чтобы закрыть эту лазейку, нужно, чтобы неравенство (7.4.2) выполнялось при $\theta = 0$. Подставьте и проверьте, что для этого следует взять

$$k > \frac{1}{2}\left(1 + \frac{0{,}5}{0{,}65}\right) = \frac{23}{26} \approx 0{,}88.$$

Как видите, за хорошие свойства механизма нужно платить, так как с ростом k растет цена. Однако это окупается заинтересованностью работников в снижении затрат, что в свою очередь приведет и к снижению цены. Кроме того, облегчается работа ревизоров.

Одно замечание. Требование снижения цены при снижении затрат необходимо, поскольку оно защищает интересы потребителей. Из этого требования следуют вполне конкретные ограничения на выбор коэффициента k. Выведем их. Для этого запишем формулу цены:

$$Ц = (1 + \rho)a + s = (1 + \rho_0 - kЭ_0)a + k(l - qs) + s.$$

Чтобы цена уменьшалась при уменьшении a и s, нужно, чтобы k не было слишком большим. А именно

$$1 + \rho_0 - k Э_0 > 0, \quad 1 - kq > 0$$

или

$$k < \min\left(\frac{1 + \rho_0}{Э_0}; \ \frac{1}{q} \right). \tag{7.4.3}$$

Для нашего примера с портным $\frac{1+\rho_0}{Э_0} = 1$, $\frac{1}{q} = 0{,}5$. Значит, $k < 0{,}5$ и сильно противозатратного механизма не получается. Этот пример показывает, что построить механизм с требуемыми свойствами совсем не просто. Здесь без ЭВМ не обойтись.

Упражнение 1. Попробуйте все-таки обойтись без ЭВМ и получить сильно противозатратный механизм для нашего портного. Исходные данные возьмите следующие: $Э_0 = 2$, $\rho_0 = 0$, $Э_{\min} = 4$, $Э_{\max} = 7$, $\gamma = 0{,}6$.

Упражнение 2. Пусть $\rho_0 = 0$, $Э_0 = 1$, т. е. $\rho = k(Э - 1)$. Покажите, что в этом случае механизм всегда противозатратный. Проверьте, что условия сильной противозатратности для этого случая принимают вид:

$$k > \frac{\alpha}{\alpha + \beta}. \tag{7.4.4}$$

§ 5. ГЕРОЙ НАСТОЯЩИЙ И МНИМЫЙ

Речь пойдет о таком понятии, как «сверхплановая прибыль» или «сверхплановый доход». Дело в том, что все показатели, которые мы определяли в предыдущих параграфах (объем реализации, доход, прибыль, фонд заработной платы, фонды экономического стимулирования), были плановыми показателями. Они определялись на основе планируемых значений трудовых и материальных затрат. Реальные затраты могут быть выше планируемых, а могут быть и ниже. Если выше, то реальная (фактическая) прибыль будет ниже плановой и предприятие потеряет в фондах экономического стимулирования, поскольку государству оно обязано отдавать не меньше плановых величин. Если фактические затраты ниже планируемых, то появляется сверхплановая прибыль. Как ее распределить?

«А какая разница, — спросите вы, — плановая или сверхплановая? Распределять по тем же нормативам, и все дела!» Разница весьма существенная. Чтобы понять в чем тут дело, обозначим фактические затраты через $\hat{a}$ и $\hat{s}$ и выпишем выражение для фактической прибыли:

$$\hat{\Pi} = (\text{Ц} - \hat{a} - \hat{s})\text{М}. \qquad (7.5.1)$$

Легко видеть, что, чем выше цена и чем ниже фактические затраты $\hat{a}$ и $\hat{s}$, тем больше фактическая прибыль. Но цена-то определяется не фактическими затратами, а планируемыми, причем цена тем выше, чем больше планируемые затраты. Ловкий руководитель предприятия быстро сообразит, что планируемые затраты следует сделать как можно больше (чтобы цена была выше), а затем обеспечить повышенную прибыль при выпуске продукции с меньшими фактическими затратами. При этом предприятие демонстрирует рекордные цифры снижения себестоимости и роста производительности труда, руководитель ходит в героях. А на самом деле весь эффект получен за счет завышения цен. Честный руководитель, который учел резервы экономии в планируемых затратах, проиграет в величине фонда экономического стимулирования, к тому же ему труднее показать рекордные темпы снижения затрат (поскольку все резервы он включил в план). Хотя он-то и есть настоящий герой!

Как же отличить мнимого героя от настоящего? Или как сделать, чтобы честный руководитель выигрывал и экономически? Я думаю, вы уже догадались, что нужно сделать. Безусловно, отчисления в фонды экономического стимулирования от сверхплановой прибыли должны быть по меньшим нормативам, чем от плановой. А вот насколько меньше должны быть сверхплановые нормативы, чтобы ловчить было невыгодно? Для ответа на этот вопрос обозначим норматив отчислений от сверхплановой прибыли в фонд материального поощрения через $\hat{\beta}$ и выпишем выражение для фактической величины фонда материального поощрения:

$$\hat{\Phi}_{\text{мп}} = \beta\Pi + \hat{\beta}(\hat{\Pi} - \Pi) = \beta(\text{Ц} - a - s)\text{М} + \\ + \hat{\beta}(a - \hat{a} + s - \hat{s})\text{М}. \qquad (7.5.2)$$

Возьмем простую зависимость норматива рентабельности от эффективности (см. выражение (7.4.5) в упражнении 2 из § 4) и подставим $Ц = c + k(l - qs - a)$ в выражение (7.5.2). Проделав это, получим:

$$\hat{\Phi}_{мп} = [\beta k(l - a - qs) + \hat{\beta}(a - \hat{a} + s - \hat{s})M =$$
$$= [(\hat{\beta} - \beta k)a + (\hat{\beta} - \beta kq)s + \beta kl - \hat{\beta}(\hat{a} + \hat{s})M. \tag{7.5.3}$$

Для получения противозатратных свойств необходимо, чтобы коэффициенты при a и s были отрицательными. Отсюда получаем условие

$$\hat{\beta} < \beta k \tag{7.5.4}$$

(второе условие $\hat{\beta} < \beta qk$ следует из условия (7.5.4), так как $q \geqslant 1$). Так, например, если $k = 0{,}5$, то норматив отчислений от сверхплановой прибыли должен быть более чем в два раза меньше норматива отчислений от плановой прибыли.

Проведенные рассуждения справедливы при ряде предположений, о которых стоит упомянуть. Предполагается, во-первых, что фонд заработной платы определяется только на основе плановой величины чистой продукции, и, во-вторых, фактический выпуск в штуках независящим от планируемых затрат. Эти предположения достаточно естественны. Однако дело не в этом. Я не собираюсь детально и строго разбирать с вами все варианты формирования фактического фонда оплаты труда. Моя задача — показать принципиальную важность выделения плановой прибыли.

Если бы не было плановой экономики, не было плана по прибыли, то проблема построения противозатратного механизма стала бы трудно разрешимой! Конечно, остается еще один выход — договариваться о цене без всяких правил. Как договорились, так и будет! Фактически это вариант чисто рыночной экономики, а говорить о противозатратных свойствах рыночного механизма можно весьма условно. Действительно, если цена сама по себе, а затраты сами по себе, то предприятие заинтересовано в двух вещах. Во-первых, безусловно снижать затраты (и это хорошо!) и, во-вторых, продавать подороже (а это уже не очень хорошо). Я понимаю противозатратность как заинтересованность в снижении цены через снижение затрат! Или можно сказать по-другому: как заинтересованность в снижении затрат, приводящем неминуемо к снижению цены.

При таком понимании рыночный механизм или механизм чисто договорной цены нельзя назвать противозатратным. Конечно, если спрос на продукцию ограничен или имеются другие предприятия, выпускающие ту же продукцию (конкуренты), то предприятие вынуждено снижать цену, иначе продукцию трудно реализовать. Но в том-то и дело, что при рыночном механизме процессы снижения цены и снижения затрат действуют во многом независимо друг от друга. Снижение цены определяется колебаниями спроса и наличием конкурентов, величина затрат при этом определяет только нижнюю границу цены. Однако достаточно! Мы вторгаемся в обсуждение весьма дискуссионных проблем, и, пожалуй, не стоит заходить слишком далеко. Лучше обсудим еще одну модель хозрасчета.

§ 6. ВТОРАЯ МОДЕЛЬ ХОЗРАСЧЕТА

Рассмотренная выше модель функционирования предприятия основана на нормативном распределении прибыли. Это первая из двух моделей полного хозяйственного расчета и самофинансирования. Вторая модель отличается от первой тем, что источником формирования отчислений в бюджет, централизованные фонды и фонды экономического стимулирования является уже не прибыль, а доход, полученный после возмещения из выручки материальных затрат. Из дохода производятся отчисления в бюджет и расчет с вышестоящими органами, выплачиваются проценты за кредит, после чего образуется хозрасчетный доход. Единый фонд оплаты труда образуется как остаток хозрасчетного дохода предприятия после образования из него фондов: развития производства, науки и техники, социального развития, определяемых по нормативам к хозрасчетному доходу. Структура второй модели полного хозяйственного расчета изображена на рисунке 17. Рассмотрим, как строить сильные противозатратные механизмы для второй модели. Доход предприятия, как и в первой модели, равен:

$$H = (1 + \rho)aM. \qquad (7.6.1)$$

Но в данной модели понятие прибыли не используется.

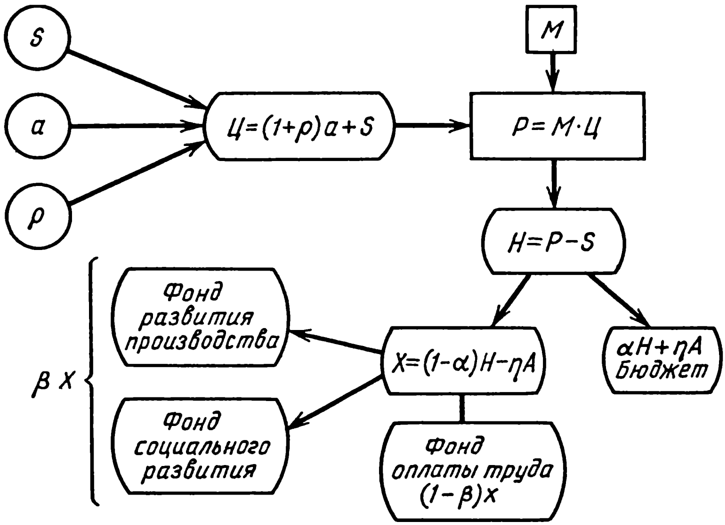


Рис. 17

Вместо прибыли появляется новое понятие — хозрасчетный доход:

$$X = H - Ф_б,$$

где $Ф_б$ — отчисления в бюджет и вышестоящие органы (выплату процентов за кредит мы для простоты не будем учитывать). Вопрос в том, как определять величину $Ф_б$.

Напрашивается простейший вариант — образовать $Ф_б$ по стабильным нормативам от дохода, т. е. $Ф_б = \alpha H$, где α — сумма нормативов отчислений в бюджет и вышестоящие органы. Хорошо это или плохо с позиций противозатратности? Если $Ф_б = \alpha H$, то хозрасчетный доход равен:

$$X = (1 - \alpha)H,$$

т. е. прямо пропорционален доходу. Если теперь образовать из хозрасчетного дохода все остальные фонды по стабильным нормативам, то остаток хозрасчетного дохода (единый фонд оплаты труда) составит:

$$Ф_{от} = X - \beta X = (1 - \alpha)(1 - \beta)H,$$

где β — сумма нормативов отчислений в фонд развития производства, науки и техники и фонд социального развития. Как видим, фонд оплаты труда также прямо пропорционален доходу. Что же произойдет с этим фондом, если трудозатраты уменьшатся?

В этом случае уменьшится цена (это — необходимое условие для любого механизма: при уменьшении затрат цена должна уменьшаться). Если выпуск продукции в штуках при этом остается прежним, то уменьшается и объем реализации. Но поскольку доход отличается от объема реализации (выручки) только на величину материальных затрат, то доход также уменьшается, что приводит к уменьшению и фонда оплаты труда. Налицо затратный механизм! Как же получить противозатратный механизм в этих условиях?

Здесь свою роль должна сыграть плата за трудовые ресурсы. Чем больше предприятие расходует трудовых ресурсов, тем больше оно должно отчислять в бюджет и вышестоящие органы. Расход трудовых ресурсов в нашей модели определяется величиной трудозатрат A. Вот мы и введем специальный норматив отчислений от объема трудозатрат. Обозначив этот норматив через η, определим общую величину отчислений в бюджет и вышестоящие органы:

$$\Phi_{б} = \alpha H + \eta A.$$

Хозрасчетный доход теперь равен:

$$X = H - \Phi_{б} = [(1 - \alpha)(1 + \rho) - \eta] a \cdot M. \quad (7.6.2)$$

Для сильной противозатратности механизма, очевидно, достаточно, чтобы хозрасчетный доход увеличивался при снижении затрат. Возьмем простую зависимость норматива рентабельности от эффективности:

$$\rho = k(Э - 1), \quad Э = \frac{l - qs}{a} \quad k > 0, \quad q > 1. \quad (7.6.3)$$

Подставляя (7.6.3) в (7.6.2), получим:

$$X = \{[(1 - \alpha)(1 - k) - \eta] a + k(1 - \alpha)(l - qs)\} M. \quad (7.6.4)$$

Для сильной противозатратности механизма нужно, чтобы коэффициенты при a и s были отрицательными. Что касается s, то здесь все ясно. Коэффициент при a равен $(1 - \alpha)(1 - k) - \eta$, и требование его отрицательности дает нам условие сильной противозатратности

$$\eta > (1-\alpha)(1-k). \qquad (7.6.5)$$

Смысл условия предельно ясен, плата за трудовые ресурсы должна быть ощутимой для предприятия. Введение платежей за материальные ресурсы еще более усилит противозатратный эффект, стимулируя экономию овеществленного труда и бережное отношение к охране природных богатств.

Однако вернемся к задаче проектирования сильно противозатратного механизма для второй модели. Нам необходимо учесть ограничения на оплату труда

$$\Phi_{\text{от}} < \gamma H.$$

Раскрывая выражения для фонда оплаты труда и объема чистой продукции и сокращая обе части полученного выражения на aM, получаем неравенство

$$(1-\beta)[(1-\alpha)(1+\rho)-\eta] \leqslant \gamma(1+\rho),$$

или

$$1-\alpha-\frac{\eta}{1+\rho} \leqslant \frac{\gamma}{1-\beta}. \qquad (7.6.6)$$

Наконец добавим ограничение на минимальный размер единого фонда оплаты труда $\Phi_{\text{от}} \geqslant aM$:

$$(1-\beta)[(1-\alpha)(1+\rho)-\eta] \geqslant 1. \qquad (7.6.7)$$

Если, как и ранее, заданы границы норматива рентабельности $[\rho_{\min}, \rho_{\max}]$, то для выполнения неравенств (7.6.6) и (7.6.7) при любых ρ достаточно, чтобы (7.6.6) выполнялось при $\rho = \rho_{\max}$, а (7.6.7) — при $\rho = \rho_{\min}$. Окончательно получаем следующую систему неравенств, определяющую область сильной противозатратности механизмов для второй модели с учетом ограничений на оплату труда:

$$\begin{gathered} \eta-(1-\alpha)(1-k)>0, \\ \frac{\gamma}{1-\beta}+\alpha+\frac{\eta}{1+\rho_{\max}} \geqslant 1, \\ (1-\beta)[(1-\alpha)(1+\rho_{\min})-\eta] \geqslant 1. \end{gathered} \qquad (7.6.8)$$

Можно приступать к проектированию. Однако вручную подбирать механизмы с требуемыми свойствами, как вы убедились, нелегко. Здесь не обойтись без ЭВМ. В Лаборатории активных систем Института проблем управления создана машинная система проектирования противозатратных механизмов. Задача человека — объяснить машине, какой механизм нужно построить (конечно, на понятном для нее языке), а все остальные расчеты машина делает автоматически. Мы не машины, поэтому упростим задачу, задав все параметры, кроме двух, например кроме η и α. Пусть определены границы возможных значений эффективности производства, скажем $Э_{min} = 3$, $Э_{max} = 7$. Если принять $k = 0{,}5$, то можно определить $\rho_{min} = 1$ и $\rho_{max} = 3$. Зададим также $\gamma = 0{,}3$ и $\beta = 0{,}7$. Подставляя все эти значения в систему (7.6.8), получим:

$$\begin{aligned} &\eta > 0{,}5(1 - \alpha), \\ &0{,}25\eta + \alpha \geqslant 0, \\ &2\alpha + \eta \leqslant -\frac{4}{3}. \end{aligned} \tag{7.6.9}$$

Система не имеет решения, так как третье неравенство не может выполняться для неотрицательных α и η. Так что еще раз приходится признать, что проектировать механизмы — занятие на простое. Попробуйте самостоятельно построить хотя бы один механизм при заданных границах эффективности (от $Э_{min} = 3$ до $Э_{max} = 7$). Остальные параметры можете выбирать произвольно. А я приведу пример механизма, который спроектирован ЭВМ.

Задание ей было дано сложное — спроектировать такой механизм, в котором коэффициент k имеет минимальную величину, а неравенство (7.6.5) выполняется с «запасом» в 0,1, т. е.

$$\eta \geqslant (1 - \alpha)(1 - k) + 0{,}1.$$

Кроме того, было заранее задано значение суммарного норматива отчислений в фонд развития производства, науки и техники и в фонд социального развития $\beta = 0{,}5$. Наконец, при условии минимальности коэффициента k норматив γ также следовало сделать возможно меньше. ЭВМ успешно справилась с заданием и предложила следующий проект механизма: $k = 0{,}7$, $\alpha = 0$, $\eta = 0{,}4$, $\beta = 0{,}5$, $\gamma = 0{,}47$.

У п р а ж н е н и е 4. Проверьте, что все условия (7.6.8) выполняются для найденных ЭВМ параметров.

§ 7. НУЖНЫ КОНКУРЕНТЫ

Мы весьма подробно разобрались, как проектировать противозатратные механизмы функционирования для одного предприятия. Путь, который мы выбрали для обеспечения противозатратности, — увеличивать норматив рентабельности при росте эффективности производства. При этом нормативы отчислений в фонды предприятия были фиксированными (стабильными). Можно поступить наоборот: увеличивать нормативы отчислений при росте эффективности, но зато сделать постоянным норматив рентабельности. Так, например, если взять

$$\alpha = k_1Э, \quad \beta = k_2(Э - 1),$$

то фонд оплаты труда будет равен для первой модели

$$Ф_{от} = [k_1Э(1 + \rho)a + k_2(Э - 1)\rho a]M = \\ = [k_1(1 + \rho)Э + k_2(Э - 1)\rho]aM.$$

Проверьте сами, что полученный механизм является сильно противозатратным при любых $k_1 \geqslant 0$, $k_2 \geqslant 0$. Аналогично можно рассмотреть такой вариант и для второй модели. Попробуйте самостоятельно построить области противозатратности для первой и второй моделей при учете ограничений на оплату труда (считая, что границы эффективности $Э_{min}$ и $Э_{max}$ заданы).

Можно, наконец, по-другому определять эффективность, например как отношение полезного эффекта к цене. Чем интересен такой вариант? А тем, что можно построить противозатратный механизм, не требующий от предприятия представления данных о планируемых затратах (это — его внутреннее дело), предприятие сразу сообщает цену продукции. На страницах книги мы приведем иллюстрацию этой идеи, а вы попробуйте ее развить самостоятельно.

Пусть нормативы α и β в первой модели прямо пропорциональны эффективности $Э = \frac{l}{Ц}$ в некоторой степени $p > 1$:

$$\alpha = k_1Э^p, \quad \beta = k_2Э^p.$$

Тогда фонд оплаты труда для первой модели составит:

$$Ф_{от} = [k_1Э^p(Ц - s) + k_2Э^p(Ц - c)]M, \quad (7.7.2)$$

где $p > 1$. Оказывается, что максимум фонда оплаты труда достигается, если отношение цены к $(k_1 s + k_2 c)$ равно вполне определенному числу:

$$\frac{Ц}{k_1 s + k_2 c} = \frac{p}{(k_1 + k_2)(p - 1)}. \qquad (7.7.3)$$

Подбирая параметр p и нормативы k_1 и k_2, можно это отношение сделать равным любому требуемому значению. Еще раз обращаем внимание, что это голая идея, требующая, конечно, детальной проработки.

Нас, однако, будет интересовать другой вопрос: а нельзя ли построить противозатратный механизм, в котором и норматив рентабельности, и нормативы отчислений постоянны, т. е. не зависят от эффективности? Как мы убедились выше, если предприятие является монопольным производителем продукции, то это невозможно. Значит, нужны конкуренты! Что же меняется, если имеются другие предприятия, выпускающие ту же продукцию? Все дело в том, что появляется возможность сравнивать предприятия друг с другом, организуя тем самым определенную конкурсность или соревнование между ними.

Пусть, например, имеются два предприятия, выпускающие одну и ту же продукцию. Обозначим затраты живого и овеществленного труда для первого предприятия через a_1 и s_1, а для второго соответственно через a_2 и s_2. Определим средние затраты:

$$a = \frac{a_1 + a_2}{2}, \quad s = \frac{s_1 + s_2}{2},$$

которые и примем за общественно необходимые затраты, на основе которых определяется цена:

$$Ц = (1 + \rho)a + s,$$

где ρ уже фиксированный норматив рентабельности (исчисленной к трудозатратам).

Для первой модели противозатратность обеспечивается за счет того, что при уменьшении затрат увеличивается прибыль. Проверим, как обстоит дело с прибылью в данном случае. Возьмем первое предприятие. Его прибыль равна (все рассуждения проведем для единицы продукции, считая, что количество не меняется при снижении затрат):

$$\begin{aligned}
П &= Ц - С_1 = \\
&= (1+\rho)\frac{a_1+a_2}{2} + \frac{s_1+s_2}{2} - a_1 - s_1 = \qquad (7.7.4)\\
&= (1+\rho-2)\frac{a_1}{2} - \frac{s_1}{2} + (1+\rho)\frac{a_2}{2} + \frac{s_2}{2}.
\end{aligned}$$

Легко видеть, что коэффициент при a_1 отрицателен, если $\rho < 1$, а коэффициент при s_1 отрицателен всегда. Следовательно, прибыль первого предприятия увеличивается при уменьшении его затрат и уменьшается при уменьшении затрат другого предприятия (в этом-то и проявляется соревновательный эффект). Теперь нетрудно подобрать стабильные нормативы отчислений так, чтобы при уменьшении затрат предприятия его фонд оплаты труда (полный, дополнительный или средний) увеличивался. Аналогичные рассуждения можно провести и для другого предприятия. Если рассмотреть вторую модель хозяйственного расчета, то здесь противозатратный эффект обеспечивается за счет роста хозрасчетного дохода при уменьшении затрат. Хозрасчетный доход в расчете на единицу продукции равен

$$(1-\alpha)(Ц - s_1) - \eta a_1,$$

где α — норматив отчислений в бюджет и вышестоящие органы от дохода, а η — норматив отчислений от трудозатрат.

Раскрывая это выражение, получим:

$$\begin{aligned}
&(1-\alpha)\left[(1+\rho)\frac{a_1+a_2}{2} + \frac{s_1+s_2}{2} - s_1\right] - \eta a_1 = \\
&= [(1-\alpha)(1+\rho) - 2\eta]\frac{a_1}{2} - (1-\alpha)\frac{s_1}{2} + \\
&\qquad + (1-\alpha)\left[(1+\rho)\frac{a_2}{2} + \frac{s_2}{2}\right]. \qquad (7.7.5)
\end{aligned}$$

Противозатратность по материальным затратам, очевидно, имеет место. Что касается трудозатрат, то для обеспечения противозатратных свойств механизма необходимо, чтобы выполнялось условие

$$(1-\alpha)(1+\rho) < 2\eta. \qquad (7.7.6)$$

Что произойдет, если одну и ту же продукцию выпускают уже не два предприятия, а больше? Очевидно, соревновательность усилится, а значит, должны усилиться и противозатратные свойства. Это действительно так. Попробуйте самостоятельно показать, что в случае числа предприятий $m \geqslant 2$ необходимые условия противозатратности для первой модели принимают вид:

$$\rho < m - 1, \tag{7.7.7}$$

а для второй модели:

$$(1 - \alpha)(1 + \rho) < m\eta. \tag{7.7.8}$$

Упражнение 3. Разработайте проект сильно противозатратного механизма для исходных данных: $m = 5$, $\gamma = 0{,}5$ — для первой и второй моделей.

Упражнение 4. Получите условие противозатратности (слабой, простой и сильной) для случая m предприятий для первой и второй моделей.

На страницах этой книги мы не коснулись многих вопросов, например таких, как проектирование механизмов снабжения, управления научными исследованиями и разработками, и многих других. Однако нельзя объять необъятное.

Заключение

Вот вы и подошли к концу книги. Если после ее прочтения вы стали лучше понимать сложности управления различными процессами в нашей жизни, научились видеть за поступками и действиями людей социальные и экономические механизмы, во многом определяющие их поступки и действия, то цель книги достигнута. А если вы еще и смогли разобраться в математических выкладках (а они, как вы убедились, иногда довольно сложные, хотя автор стремился к возможным упрощениям) и, более того, научились строить простые механизмы, то вам есть о чем поговорить, например, с директором завода и вы можете задать ему такие вопросы: «Как, дорогие товарищи, у вас идет перестройка? Обеспечили ли вы противозатратные свойства нового механизма? Сумели ли согласовать интересы каждого сотрудника с интересами коллектива и общества?»

Конечно, в беседах мы затронули только одну сторону проблемы проектирования механизмов с хорошими свойствами, но, пожалуй, самую важную, а именно каким должен быть организационный механизм, чтобы каждому на своем рабочем месте было выгодно быть честным, добросовестным, работать с полной отдачей. Есть, конечно, масса других не менее важных проблем, связанных с применением вычислительной техники и ЭВМ в нашей жизни. Чем может помочь математика и вычислительная техника в решении «человеческих» проблем? С ответом на этот и другие вопросы вы можете познакомиться в книгах, список которых приведен ниже. А автор этой книги благодарит вас за терпение и желает успешного завершения всех дел, за которые вы беретесь.

СОВЕТУЕМ ПРОЧИТАТЬ!

Глушков В. М., Валах В. Я. Что такое ОГАС? — М.: Наука, 1981.

Залманзон Л. А. Беседы об автоматике и кибернетике. — М.: Наука, 1981.

Кобринский А. Е., Кобринский Н. Е. Много ли человеку нужно? — М.: Молодая гвардия, 1972.

Моисеев Н. Н. Математика ставит эксперимент. — М.: Наука, 1979.

Опойцев В. И. И кому нужен этот компьютер? — М.: Детская литература, 1987.

Садовский Л. Е., Садовский А. Л. Математика и спорт. — М.: Наука, 1985.

Частиков А. П. От калькулятора до супер-ЭВМ. — М.: Знание, 1988.

Оглавление

Учебное издание

БУРКОВ ВЛАДИМИР НИКОЛАЕВИЧ

ЧЕЛОВЕК. УПРАВЛЕНИЕ. МАТЕМАТИКА

Зав. редакцией *Т. А. Бурмистрова*
Редактор *Л. М. Котова*
Младшие редакторы *М. В. Зарвирова, Л. И. Заседателева*
Художники *Б. Л. Николаев, С. Ф. Лухин, Е. П. Титков*
Художественный редактор *Е. Р. Дашук*
Технический редактор *Т. Е. Молозева*
Корректор *И. А. Корогодина*

ИБ № 12718

Сдано в набор 29.11.88. Подписано к печати 23.06.89. Формат 84 × × 108 1/32. Бум. кн.-журн. отеч. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 8,4. Усл. кр.-отт. 8,82. Уч.-изд. л. 7,62. Тираж 150 000 экз. Заказ 1709. Цена 30 к.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Просвещение» Госкомпечати СССР. 129846, Москва, 3-й проезд Марьиной рощи, 41.

Ярославский полиграфкомбинат Госкомпечати СССР. 150014, Ярославль, ул. Свободы, 97.

30 к.