

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЕВА»

МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННЫМИ СИСТЕМАМИ

*Утверждено Редакционно-издательским советом университета
в качестве научно-методических материалов*

САМАРА
Издательство СГАУ
2006

УДК 519.876 (075)

ББК У9(2)210я7

3-361



**Инновационная образовательная программа
"Развитие центра компетенции и подготовка
специалистов мирового уровня в области аэро-
космических и геоинформационных технологий"**

Составители: *В.Г. Засканов, Д.Ю. Иванов*

Рецензент д-р экон. наук, проф. А. И. Ладошкин

3-361 **Методы решения задач управления организационными системами:** научно-методические материалы / сост. *В.Г. Засканов, Д.Ю. Иванов.* – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2006. – 72 с. : ил.

В настоящих научно-методических материалах представлены результаты исследований по вопросам решения задач управления организационными системами. При этом дифференцированы следующие направления теории и практики управления производственно-экономическими системами: базовые модели и механизмы теории активных систем; модели и методы стимулирования при организации механизмов функционирования организационных систем; управление производственными системами; управление объектами сферы услуг; управление инвестиционными проектами. Научно – методические материалы адресованы научным работникам, специализирующимся в области управления социально – экономическими системами и экономико-математического моделирования, могут быть полезны руководителям и менеджерам фирм, студентам вузов.

УДК 519.876 (075)

ББК У9(2)210я7

© Самарский государственный
аэрокосмический университет, 2006

1. БАЗОВЫЕ МОДЕЛИ И МЕХАНИЗМЫ ТЕОРИИ АКТИВНЫХ СИСТЕМ

Одним из основных вопросов, определяющих качество механизма функционирования организационной системы, является выбор ее организационной иерархии.

В настоящее время считается общепризнанным, что вид организационной структуры оказывает огромное влияние на эффективность функционирования организации. Известно, что в крупных современных фирмах на содержание штата управленцев уходит до 40%-60% всего фонда оплаты труда. Поэтому вопросы разработки рациональных систем организационного управления являются весьма актуальными.

В реальных организациях возможности эксперимента со структурой управления очень ограничены, поэтому важное значение приобретают теоретические модели, которые позволяют выбрать эффективную организационную иерархию, а также обосновать необходимость и направление ее реформирования при изменении условий функционирования фирмы.

Исследованию формальных моделей формирования организационных иерархий посвящено большое количество работ как российских, так и зарубежных ученых [1, 5-15, 17]. Однако рассматриваемая проблема является настолько сложной и многогранной, что говорить о разработке прикладных методов формирования организационных структур пока рано.

В основу принятого в работе подхода положено разделение задачи организационного дизайна на три этапа: разработку технологии функционирования организации, выбор организационной структуры и построение механизмов управления. Такое разделение позволяет сконцентрировать внимание на втором этапе и сформулировать задачу формирования организационной структуры как задачу дискретной оптимизации – выбора из множества допустимых иерархий управления наилучшей.

Исследуемая формальная модель слабо зависит от содержательных интерпретаций, что позволяет использовать ее для решения широкого

класса задач – от формирования организационной структуры до проектирования сборочного производства.

В роли критерия качества, минимизируемого выбором иерархии, выступают ее затраты, складывающиеся из затрат составляющих ее менеджеров. В настоящее время удалось достаточно далеко продвинуться в исследовании, так называемых, «однородных» функций затрат менеджера, имеющих постоянную эластичность на масштаб и хорошо согласующихся с экспериментальными данными.

В частности, удалось показать, что при однородных функциях затрат в оптимальных иерархиях все менеджеры имеют примерно одинаковую норму управляемости (количество непосредственных подчиненных). Основным теоретическим результатом является нижняя оценка затрат оптимальной иерархии и конструктивные доказательства ее хорошего качества, позволяющие во многих важных с практической точки зрения случаях эффективно строить субоптимальные иерархии.

Аналитическое выражение для затрат оптимальной иерархии позволяет дать ответ на вопросы о том, как условия функционирования организации сказываются на виде и затратах организационной структуры, а также как она должна изменяться с изменением этих условий. На основе общих результатов легко формулировать и анализировать содержательные задачи формирования организационных иерархий.

1.1 Описание модели

В рамках описываемого подхода организационные иерархии моделируются направленными деревьями, листьям которых соответствуют рядовые сотрудники организации (исполнители), а остальным вершинам – менеджеры, управляющие исполнителями [5]. Менеджер – это руководитель подразделения, включая, возможно, его аппарат (секретарей, помощников).

Задача поиска оптимальной иерархии формулируется следующим образом [1]. Пусть задано множество исполнителей N и множество Ω допустимых иерархий, которые можно надстроить над этим множеством исполнителей. Каждой иерархии $H \in \Omega$ поставлено в соответствие неотрицательное число $C(H)$ – затраты на ее содержание. Необходимо найти допустимую иерархию с минимальными затратами, т.е. найти

$H^* \in \text{Arg min}_{H \in \Omega} C(H)$. Ниже считаем, что допустимыми являются любые деревья, которые можно надстроить над множеством исполнителей N .

Когда количество исполнителей мало, оптимальную иерархию можно найти полным перебором (понятно, что в общем случае это единственный способ решения). Однако обычно допустимых иерархий настолько много, что задать функцию затрат перечислением ее значений для всех иерархий невозможно. Тогда функция затрат определяется аналитическим выражением или алгоритмом, которые зависят от структурных параметров иерархии – количества менеджеров, числа их подчиненных, выполняемых менеджерами задач и т.п.

Введем ряд определений. Назовем *группой исполнителей* любое непустое подмножество множества исполнителей. Для любого менеджера t иерархии H можно определить *подчиненную группу исполнителей* $s_H(t)$ – группу исполнителей, для которых он является начальником в иерархии H (напрямую или опосредованно, через других подчиненных ему менеджеров). Будем также говорить, что менеджер t *управляет* группой исполнителей $s_H(t)$. Каждый исполнитель управляет «группой», состоящей из него самого.

Часто можно считать, что затраты на содержание иерархии складываются из затрат на содержание входящих в нее менеджеров, то есть $C(H) = \sum_{m \in H} c(m, H)$. Функция $c(m, H)$ *затрат менеджера* говорит, сколько стоит содержание менеджера t в рамках иерархии H .

Функция затрат менеджера называется *секционной* [5], если она зависит только от групп исполнителей, которыми управляют его непосредственные подчиненные. Секционную функцию затрат можно записать в виде $c(m, H) = c(s_1, \dots, s_r)$, где s_1, \dots, s_r – группы исполнителей, управляемые r непосредственными подчиненными менеджера t .

Задание секционной функции затрат менеджера в общем случае сводится к прямому перечислению ее значений для всех возможных наборов групп, что довольно сложно из-за огромного количества таких наборов. Чтобы иметь возможность представить ее в компактной форме, необходимо каждой группе исполнителей или набору групп поставить в соответствие одну или несколько числовых характеристик, и положить функцию затрат зависящей уже от этих характеристик. Про-

ще всего это сделать, введя меру на множестве исполнителей. Каждому исполнителю $w \in N$ ставится в соответствие положительное число $\mu(w)$ – его *мера*. Мерой группы исполнителей называется суммарная мера исполнителей, входящих в группу. Считаем, что затраты менеджера можно записать в виде функции r переменных: $c(s_1, \dots, s_r) = c(\mu_1, \dots, \mu_r)$, где μ_1, \dots, μ_r – это меры групп, управляемых непосредственными подчиненными менеджера.

Содержательно мера исполнителя может соответствовать, скажем, сложности работы по управлению этим исполнителем. Так, мера клерка канцелярии может оказаться больше меры квалифицированного рабочего, работающего на критическом этапе производства, если у клерка постоянно возникают проблемы, связанные, например, с классификацией входящей почты, и требующие вмешательства его руководителя.

Функция затрат $c(\mu_1, \dots, \mu_r)$ называется *однородной* [5], если существует такое неотрицательное число γ , что для любого положительного числа A и любого набора мер μ_1, \dots, μ_r верно тождество $c(A\mu_1, \dots, A\mu_r) = A^\gamma c(\mu_1, \dots, \mu_r)$. Число γ называется *степеню однородности* функции затрат.

При однородной функции затрат пропорциональное увеличение мер групп всех исполнителей в A раз приводит к росту затрат менеджера в A^γ раз. Имеются определенные эмпирические предпосылки к описанию затрат менеджера однородными функциями. Начиная со статьи [16] и заканчивая последними работами [18], большое количество публикаций экспериментально подтверждают степенную зависимость вознаграждения менеджеров от размера управляемого ими подразделения.

1.2. Теоретические результаты

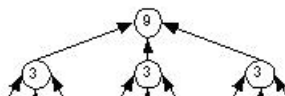


Рис. 1. Примеры однородных деревьев

Итак, задача состоит в том, чтобы при заданном множестве исполнителей и фиксированной однородной функции затрат менеджера найти *оптимальную иерархию*, то есть иерархию, имеющую минимальные затраты.

Удается доказать, что оптимальная иерархия стремится быть, так называемым, *однородным деревом*, в котором каждый менеджер имеет одинаковую норму управляемости и делит подчиненную группу исполнителей между своими непосредственными подчиненными на подгруппы в одинаковой *пропорции* с точки зрения их мер.

На рисунке 1 изображены три примера однородных деревьев. Для каждого сотрудника изображена мера управляемой им группы. Иерархия 1а – это 3-дерево с пропорцией $x = (1/3, 1/3, 1/3)$, иерархия 1б – это 2-дерево с пропорцией $(1/2, 1/2)$, а иерархия 1в – 2-дерево с пропорцией $(1/3, 2/3)$.

Однородные деревья замечательны тем, что их затраты легко вычисляются аналитически. Так, если задано множество из n исполнителей с мерами $\mu(1), \dots, \mu(n)$ и однородная степени γ функция затрат менеджера, то затраты однородного дерева с нормой управляемости r и пропорцией $x = (x_1, \dots, x_r)$ равны

$$(1) \quad C(H) = \begin{cases} \left| \mu^\gamma - \sum_{j=1}^n \mu(j)^\gamma \right| \frac{c(x_1, \dots, x_r)}{\left| 1 - \sum_{i=1}^r x_i^\gamma \right|}, & \text{если } \gamma \neq 1, \\ (\mu \ln \mu - \sum_{j=1}^n \mu(j) \ln \mu(j)) \frac{c(x_1, \dots, x_r)}{-\sum_{i=1}^r x_i \ln x_i}, & \text{если } \gamma = 1, \end{cases}$$

где $\mu = \mu(N) = \sum_{i=1}^n \mu(i)$ – суммарная мера всех исполнителей. Для нахождения *наилучшего* однородного дерева необходимо определить норму управляемости r^* и пропорцию x^* , минимизирующие выражение (1). Эта задача сводится к набору задач классической непрерывной минимизации, и ее решение гораздо проще, чем решение исходной задачи дискретной оптимизации.

Конечно, за это упрощение приходится платить. Так, затраты наилучшего однородного дерева дают лишь *нижнюю оценку* затрат оптимальной иерархии. То есть, вычислив их, можно гарантировать, что затраты любого дерева будут не меньше.

Однако оказывается, что в большинстве практически важных случаев в крупных организациях, состоящих из большого числа исполнителей, эта нижняя оценка имеет хорошее качество. Именно, если выполнено одно из двух условий¹:

1. $\gamma \geq 1$, меры всех исполнителей лежат в некотором диапазоне от $\underline{\mu}$ до $\bar{\mu}$ и все компоненты оптимальной пропорции x^* положительны,
2. $\gamma < 1$, меры всех исполнителей одинаковы, все компоненты оптимальной пропорции x^* равны между собой,

то отношение затрат оптимальной иерархии к затратам наилучшего однородного дерева стремится к единице с ростом количества исполнителей в организации.

Более того, в этих случаях можно предложить эффективные алгоритмы построения *субоптимальных* деревьев, затраты которых лишь ненамного превышают нижнюю оценку. Это «почти однородные»

¹ Также требуются некоторые довольно слабые технические предположения относительно поведения функции затрат.

деревья, в которых нормы управляемости менеджеров «примерно равны» r^* , а пропорция, в которой они делят управляемую группу исполнителей между своими непосредственными подчиненными, «почти совпадает» с x^* .

1.3. Пример содержательной задачи

Проиллюстрируем использование описанных выше результатов на примере простой модели организационной иерархии.

Рассмотрим организацию, основной задачей которой является реализация некоторого технологического процесса (например, процесса производства продукта или коммерческой деятельности). В этот процесс вовлечено n сотрудников – конечных исполнителей, каждый из которых выполняет определенные задачи, реализует некоторый этап процесса.

В процессе работы у исполнителей могут возникать проблемы, решение которых необходимо для успешной реализации порученных им задач. Эти проблемы могут быть обусловлены необходимостью координации работы исполнителей, отсутствием нужной информации, отработкой нестандартных ситуаций (например, брака производства) и многими другими причинами.

Исполнители не могут самостоятельно решить данные проблемы в силу своей узкой специализации, ограниченности квалификации и отсутствия времени. Поэтому возникает потребность делегирования решения проблем специально обученным сотрудникам – менеджерам.

Из-за большого количества проблем, возникающих в процессе работы исполнителей, один менеджер может не справиться с их решением, и эту задачу необходимо разбивать на подзадачи, поручая отдельным менеджерам управление отдельными участками технологического процесса – различными группами исполнителей. Однако если ответственность менеджера ограничена решением проблем лишь одной группы исполнителей, он не может решать проблемы, в которые помимо исполнителей его группы вовлечены и другие сотрудники.

В связи с этим необходимо координировать работу менеджеров, для чего формируется новый, более высокий уровень системы управления. Этот процесс продолжается до тех пор, пока на последнем уровне

иерархии не останется единственный менеджер, которому будут подчинены все сотрудники организации, и который поэтому сможет решать любую проблему.

Содержание каждого менеджера требует затрат (зарплата, организация рабочего места и т.п.), зависящих от объема выполняемой им работы. Объем работы, в свою очередь, определяется количеством принимаемых менеджером решений, направленных на решение проблем, стоящих перед его группой.

Предположим, что если менеджеру в единицу времени приходится принимать P решений, то затраты на его содержание равны P^β , где $\beta > 1$ – константа, описывающая скорость роста затрат. Параметр β описывает эффективность работы менеджеров – более квалифицированные менеджеры при одинаковом числе проблем несут меньшие затраты, а при одинаковых затратах решают больше проблем.

Пусть каждый исполнитель $w \in N$ характеризуется своей мерой $\mu(w)$, описывающей количество проблем, возникающих на его участке в единицу времени. Тогда число проблем, которые возникают у группы исполнителей, равно сумме мер входящих в нее исполнителей, то есть мере группы.

Менеджер принимает решения на основе отчетов, предоставляемых его непосредственными подчиненными. Будем считать, что объем отчета, который готовит подчиненный для своего начальника, равен μ^α , где μ – мера управляемой этим подчиненным группы исполнителей. Кроме того, предположим, что количество принимаемых начальником решений пропорционально суммарному объему получаемых им отчетов.

Параметр α , принимающий значения на отрезке $[0, 1]$, интерпретируется как коэффициент сжатия информации о проблемах в отчете. Этот коэффициент определяется типичностью проблем, возникающих у исполнителей – если у многих исполнителей возникает одинаковые проблемы, то объем отчета об этих проблемах слабо зависит от количества исполнителей, и значение α существенно меньше единицы. Иначе говоря, параметр α описывает степень единообразия технологического процесса. С другой стороны, этот параметр может описывать «проблемность» технологического процесса – если $\alpha = 0$, то объем отчета о

работе группы исполнителей минимален, что соответствует отчету «Все в порядке».

Итак, если k непосредственных подчиненных менеджера управляют группами мер μ_1, \dots, μ_k , то суммарный объем подготовленного ими отчета равен $\mu_1^\alpha + \dots + \mu_k^\alpha$, и затраты менеджера с точностью до константы равны $c(\mu_1, \dots, \mu_k) = (\mu_1^\alpha + \dots + \mu_k^\alpha)^\beta$.

Построение оптимальной организационной структуры сводится к поиску иерархии с минимальными суммарными затратами менеджеров. Помимо собственно получения оптимальной иерархии интерес представляет и анализ зависимости ее основных характеристик – нормы управляемости менеджеров и затрат иерархии – от параметров модели (степени единообразия технологического процесса α и квалификации менеджеров β).

Результаты этого анализа позволяют выбирать наиболее эффективные организационные мероприятия по снижению управленческих расходов и предусматривать меры по адаптации организационной структуры к изменению внешних условий.

Для решения задачи найдем параметры наилучшего однородного дерева – его норму управляемости и пропорцию. Пусть степень однородности функции затрат $\alpha\beta \neq 1$. При фиксированной норме управляемости k наилучшая пропорция (y_1, \dots, y_k) минимизирует выражение $(y_1^\alpha + \dots + y_k^\alpha)^\beta / |1 - \sum_{i=1}^k y_i^{\alpha\beta}|$.

Можно доказать [3], что если $\beta < 6.7$, то оптимальна симметричная пропорция $(1/k, \dots, 1/k)$, в которой все компоненты равны между собой.

Это значит, что выгодно делить группу каждого менеджера на равные части. Тогда для нахождения нормы управляемости наилучшего однородного дерева достаточно найти минимум по всем целым k выражения $k^{\beta(1-\alpha)} / |1 - k^{1-\alpha\beta}|$.

Результаты численного расчета наилучшей нормы управляемости приведены на рисунке 2.

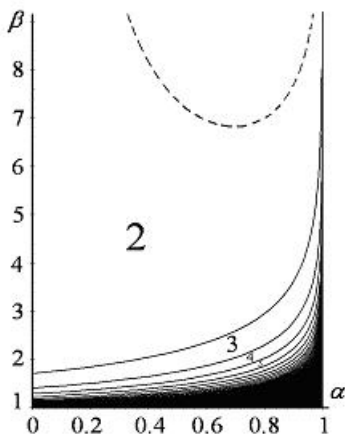


Рис. 2. Пример оптимальных норм управляемости

Видно, что для больших значений параметра β оптимальны 2-деревья (область их оптимальности отмечена на рисунке числом «2»). С уменьшением β , а также со стремлением α к единице, последовательно становятся оптимальными 3-деревья, 4-деревья и т.д. (эти области подписаны на рисунке числами «3», «4», ...).

Теперь для любой комбинации параметров α и β из рисунка 2 можно определить оптимальную норму управляемости. Подставив ее в выражение (1), получаем нижнюю оценку затрат оптимального дерева. Поскольку оптимальна симметричная пропорция, нижняя оценка имеет хорошее качество и ее можно использовать как приближенную формулу затрат оптимальной иерархии, а также для построения субоптимальных иерархий.

Проанализируем зависимость нормы управляемости оптимального дерева и его затрат от параметров модели – квалификации менеджеров β и степени единообразия технологии α . Из рисунка 2 видно, что с ростом квалификации (уменьшением параметра β) оптимальная норма

управляемости растет, то есть более квалифицированным менеджерам назначается большее количество непосредственных подчиненных. Это вполне понятно и с содержательной точки зрения – более квалифицированные менеджеры выполняют больший объем работы.

Более неожиданно то, что оптимальная норма управляемости увеличивается с ростом степени атипичности проблем (параметра α). Действительно, если считать, что меры всех исполнителей больше единицы, то легко проверить, что с ростом α объем работы менеджера, определяемый выражением $\mu^\alpha r^{1-\alpha}$, увеличивается, а, следовательно, возрастают и его затраты. Увеличение нормы управляемости r еще сильнее увеличивает объем выполняемой менеджером работы.

Однако с ростом нормы управляемости количество менеджеров убывает. Оказывается, что уменьшение числа менеджеров – это самый «дешевый» способ противодействия росту степени атипичности проблем, поскольку при усложнении иерархии в решении большого количества проблем участвуют все больше и больше менеджеров, что увеличивает суммарные затраты.

Также легко проверить, что, с ростом α (степени атипичности проблем) как затраты оптимальной иерархии, так и затраты ее топ-менеджера возрастают. Это вполне ожидаемо с точки зрения здравого смысла. Также логично, что затраты оптимальной иерархии монотонно убывают с ростом уровня квалификации менеджеров (с уменьшением параметра β).

Однако зависимость затрат топ-менеджера от параметра β уже не столь очевидна. Можно показать, что затраты топ-менеджера сначала уменьшаются (ведь его квалификация также растет), а затем начинают возрастать. Дело в том, что, как было отмечено выше, с ростом квалификации менеджеров растет и оптимальная норма управляемости, уменьшается количество менеджеров в иерархии, и, следовательно, растут затраты отдельного менеджера. Следовательно, если высшее руководство организации вкладывает средства в повышение квалификации менеджеров иерархии, например в их обучение, то эти действия приводят к уменьшению управленческих расходов иерархии, однако затраты самого высшего руководства при этом могут и возрасти, если, конечно, иерархия параллельно изменяется с тем, чтобы наилучшим образом использовать новые условия.

Описанную простую модель легко обобщить, включив в нее и другие релевантные параметры, которые могут влиять на затраты менеджера.

1.4. Выводы и перспективы

Полученные результаты позволяют говорить о задаче поиска оптимальной древовидной иерархии при однородных функциях затрат менеджеров как о практически решенной. Однородные функции очень удобны, поскольку они дают возможность получить аналитическое решение задачи. Кроме того, их применимость подтверждается экспериментальными исследованиями.

Однако для нахождения оптимальной нормы управляемости недостаточно знать степень однородности функции затрат – необходимо также иметь представление о том, как затраты менеджера зависят от количества его непосредственных подчиненных, размеров управляемых им групп исполнителей и т.д. Эту зависимость можно вводить из теоретических соображений, как это было сделано в рассмотренном выше примере, однако для прикладного использования предлагаемой теории необходимо проведение развернутого экспериментального исследования затрат на содержание менеджеров в разных странах и в разных отраслях промышленности. Это исследование и является в настоящее время главной перспективой дальнейшей работы.

В то же время понятно, что однородные функции затрат позволяют описывать далеко не все возникающие на практике задачи, и, даже оставаясь в рамках парадигмы секционных функций затрат менеджера, можно рассматривать и другие модели. Интересными, например, представляются описанные в [2, 5] модели надстройки иерархии управления над графом технологических взаимодействий исполнителей. Учитывая, что многие авторы [7, 8] ключевым фактором, влияющим на вид организационной структуры, называют особенности технологии функционирования организации, дальнейшее развитие этой модели является одной из наиболее перспективных задач. Граф взаимодействий исполнителей позволяет детально описать все технологические процессы организации, и, поскольку функция затрат менеджера считается зависящей от технологических потоков, эта модель дает почти неограни-

ченные возможности для описания влияния специфики технологии функционирования на затраты (а, следовательно, и на вид) структуры системы организационного управления.

Приведенные в [5, 7-9, 15] обзоры существующих моделей формирования организационных иерархий показывают, что некоторые из них не удается свести к задаче поиска оптимальной иерархии при секционной функции затрат менеджеров. В то же время, в большинстве описанных в литературе подходов используются критерии оптимальности иерархии, имеющие очень частный вид. Поэтому актуальной остается разработка общих формальных методов описания и оптимизации иерархических структур. В идеале эти методы должны дать теоретическую основу для решения задач поиска оптимальных иерархий с произвольным критерием качества.

Список литературы

1. ВОРОНИН А.А., МИШИН С.П. *Оптимальные иерархические структуры.* – М.: ИПУ РАН. 2003.
2. ГУБКО М. В., МИШИН С. П. *Оптимальная структура системы управления технологическими связями // Материалы международной конференции «Современные сложные системы управления».* – Старый Оскол: СТИ, 2002. – С. 50–54.
3. ГУБКО М.В., ДАНИЛЕНКО А.И. *Алгоритм поиска оптимальной древовидной иерархии // Сборник трудов XLVIII научная конференции МФТИ.* – М.: МФТИ, 2005.
4. МИНЦБЕРГ Г. *Структура в кулаке: создание эффективной организации.* – М.: Питер, 2001. – 512 с.
5. МИШИН С.П. *Оптимальные иерархии управления в экономических системах.* М.: ПМСОФТ, 2004.
6. НОВИКОВ Д.А. *Сетевые структуры и организационные системы.* – М.: ИПУ РАН. 2003. – 108 с.
7. ОВСИЕВИЧ Б.И. *Модели формирования организационных структур.* – Л.: Наука. 1979.
8. ЦВИРКУН А.Д. *Основы синтеза структуры сложных систем.* – М.: Наука. 1982.

9. BOLTON P., DEWATRIPONT M. *The Firm as a Communication Network* // The Quarterly Journal of Economics, Vol. 109, No. 4 (1994), pp. 809–839.
10. CALVO G.A., WELLISZ S. *Hierarchy, Ability and Income Distribution* // The Journal of Political Economy, Vol. 87, No. 5 (1979) pp. 991–1010.
11. CREMER J. *A Partial Theory of the Optimal Organization of a Bureaucracy* // The Bell Journal of Economics, Vol. 11, No. 2. (1980), pp. 683-693.
12. GEANAKOPLOS J., MILGROM P. *A Theory of Hierarchies Based on Limited Managerial Attention* // The Journal of Japanese and International Economies, Vol. 5(3). (1991), pp. 205-225.
13. KEREN M., LEVHARI D. *The Internal Organization of the Firm and the Shape of Average Costs* // The Bell Journal of Economics, Vol. 14, No. 2. (1983), pp. 474-486.
14. QIAN Y. *Incentives and Loss of Control in an Optimal Hierarchy* // The Review of Economic Studies, Vol. 61, No. 3 (1994), pp. 527–544.
15. RADNER R. *Hierarchy: The Economics of Managing* // The Journal of Economic Literature, Vol. 30, No. 3 (1992), pp. 1382–1415.
16. ROBERTS D.R. *A General Theory of Executives Compensation Based on Statistically Tested Propositions* // The Quarterly Journal of Economics, Vol. 70, No. 2 (1956). pp. 270-294
17. WILLIAMSON O. *Hierarchical Control and Optimal Firm Size* // The Journal of Political Economy, Vol. 75, No. 2 (1967), pp. 123-138.
18. ZHOU X. *CEO Pay, Firm Size, and Corporate Performance: Evidence from Canada* // The Canadian Journal of Economics, Vol. 33, No. 1. (2000), pp. 213-251.

2. МОДЕЛИ И МЕТОДЫ МАТЕРИАЛЬНОГО СТИМУЛИРОВАНИЯ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Основным вопросом, определяющим эффективность функционирования организационных систем, является выбор соответствующих систем материального стимулирования. Рассмотрим на примере ОАО «АВТОВАЗ» методы и модели материального стимулирования указанного предприятия, которые могут быть рекомендованы для широкого круга объектов машиностроения.

2.1. Критический анализ действующей системы материального стимулирования рабочих прессового производства ОАО «АВТОВАЗ»

Сравнительный анализ производственной деятельности прессового производства ОАО «АВТОВАЗ» за первый квартал 2004 и 2005 года показал положительную динамику основных технико-экономических показателей. Однако наряду с этим обнаружены негативные тенденции: превышение нормативных показателей по выпуску дефектной продукции на 13,9%, по выполнению непроизводственных работ, в связи с простоями, на 4,5% [2, 3]. Превышение этих нормативов ведет к дополнительным расходам, связанным с затратами на выпуск бракованной продукции, затратами времени на исправление дефектов, оплатой непредусмотренных непроизводственных работ и простоев. Соотношение фактических и нормативных производственных потерь представлено на рисунке 1.

Из этого можно сделать вывод о недостаточной заинтересованности трудового коллектива в выполнении норматива по технологическим потерям и в выпуске качественной продукции.

В этой связи проведен анализ формирования фонда оплаты труда и схемы начисления заработной платы производственным рабочим автомобилестроительного предприятия ОАО «АВТОВАЗ». Выявлено, что на предприятии действует многопараметрическая система материального стимулирования труда рабочих. При невыполнении поставлен-

ных перед рабочими нормативов по объему производства и доле дефектной продукции, при нарушении установленных правил по культуре производства размер заработной платы уменьшается [6].

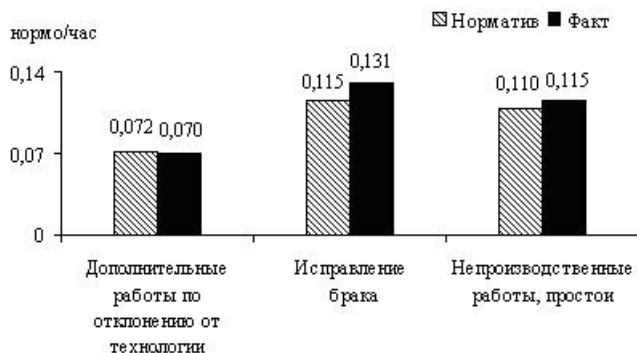


Рис. 1. Нормативные и фактические производственные потери на 1 нормо-час по производству за 1 квартал 2005 года

Наряду со штрафами существуют стимулирующие доплаты за перевыполнение нормированного задания, выполнение плановой продуктивности и снижения затрат на доработку продукции с несоответствиями. Действующая на предприятии система материального стимулирования включает большое количество стимулирующих параметров, установленных эмпирически в разное время, многие из которых дублируют друг друга. Необходимо отметить низкую долю стимулирующих доплат по отношению к постоянной части, что является одной из причин невыполнения нормативов по доле дефектной продукции и культуре производства.

2.2. Формализация действующей многопараметрической системы материального стимулирования рабочих прессового производства ОАО «АВТОВАЗ»

Норматив заработной платы на 1 нормо-час для основных рабочих прессового производства рассчитывается по формуле

$$(1) \quad H = T + d_q + d_d + d_k + d_p,$$

где H - норматив заработной платы на один нормо-час, руб.; T – оплата по тарифу в совокупности с доплатами за напряженность норм труда и условия труда, руб.; d_q – размер дополнительной оплаты за выполнение нормированного задания по объему производства продукции, руб.; d_d – размер дополнительной оплаты (премии) за выполнение норматива по доле дефектной продукции, руб.; d_k – размер дополнительной оплаты (премии) за выполнение культуры производства, руб.; d_p – надбавка за профессиональное мастерство, руб.

Согласно действующим на предприятии положениям начисление всех предусмотренных доплат осуществляется при уровне выполнения нормированного (производственного) задания от 80% до 100% в процентах к тарифной ставке за фактически отработанное время в сумме с доплатами за напряженность норм труда и за условия труда [6].

Доплата за выполнение нормированного задания по объему производства продукции рассчитывается по формуле

$$(2) \quad d_q = T \left(\frac{q_y}{q_x} - 0,8 \right) \frac{\alpha_q}{0,2} = T \alpha_q (1 - (1 - \delta_q) \beta_q),$$

где α_q – размер доплат за выполнение нормированного задания по объему производства продукции (процент к тарифной ставке); q_y – фактически выполненный объем продукции, нормо-часы; q_x – плановый объем продукции, нормо-часы; δ_q – уровень выполнения нормированного задания по производству продукции бригадой; β_q – процент снижения доплаты α_q за каждый процент невыполнения нормированного задания по объему производства продукции.

За каждый процент превышения доли дефектной продукции, выявленной у потребителя, относительно установленного норматива, а также за каждый процент превышения норматива дефектных заготовок и металла с отклонениями размер премии снижается на 5 % [6]. Таким

образом, начисление дополнительной оплаты за выполнение норматива по доле дефектной продукции производится по формуле

$$(3) \quad d_d = T \alpha_d \left(1 - \left(\frac{d_y}{d_x} - 1 \right) \beta_d \right) = T \alpha_d \left(1 - \left(\frac{1}{\delta_d} - 1 \right) \beta_d \right),$$

где α_d – размер доплат за выполнение норматива по доле дефектной продукции (процент к тарифной ставке); d_x – норматив количества дефектной продукции, тыс. штук; d_y – фактическое количество дефектной продукции, тыс. штук; δ_d – соотношение норматива количества дефектной продукции к фактическому количеству дефектной продукции (чем больше δ_d , тем меньше дефектов); β_d – процент снижения доплаты α_d за каждый процент превышения доли дефектной продукции, выявленной у потребителя, относительно установленного норматива.

Оценка культуры производства проводится по пятибалльной системе. При невыполнении норматива культуры производства бригаде, участку за каждый 1% невыполнения размер премии снижается на 1,5% [6]. Таким образом, начисление дополнительной оплаты за выполнение норматива культуры производства по формуле

$$(4) \quad d_k = T \alpha_k \left(1 - \left(1 - \frac{k_y}{k_x} \right) \beta_k \right) = T \alpha_k (1 - (1 - \delta_k) \beta_k),$$

где α_k – размер доплат за выполнение культуры производства (процент к тарифной ставке); k_x – максимальная бальная оценка за культуру производства; k_y – фактическая бальная оценка за культуру производства; δ_k – показатель выполнения норматива по культуре производства; β_k – процент снижения доплаты α_k за каждый процент невыполнения норматива по культуре производства.

Надбавка за профессиональное мастерство устанавливается по результатам бальной оценки за предшествующий год и начисляется в процентах к тарифной ставке за фактически отработанное время в сумме с доплатой за работу по напряженным нормам и доплатой за условия труда по формуле

$$(5) \quad d_p = T \alpha_p,$$

где d_p – надбавка за профессиональное мастерство, руб.; α_p – размер доплат за профессиональное мастерство (процент к тарифной ставке).

Доплата за профессиональное мастерство является постоянной в течение года при выполнении нормированных заданий либо не начисляется вообще при грубых нарушениях производственной и технологической дисциплины и невыполнении нормированных заданий.

Согласно положениям по оплате труда производственных рабочих пресового производства ОАО «АВТОВАЗ» при уровне выполнения нормированного задания ниже 80% доплаты (3)-(6) не начисляются, при этом оплата по тарифу этим рабочим производится из расчета тарифной ставки, уменьшенной на 1% за каждый процент невыполнения до 80% [6].

В случае превышения процента выполнения нормативов по объему производства продукции и доле дефектной продукции больше 1,3 нормативы пересматриваются. Оценка культуры производства не может быть меньше двух баллов и больше пяти баллов. Таким образом, показатели выполнения нормативов агентами принадлежат области допустимых значений Ω : $0 \leq \delta_{qi} \leq 1,3$, $0 < \delta_{di} \leq 1,3$, $0,4 \leq \delta_{ki} \leq 1$.

С учетом доплат (2)-(5) функция стимулирования i -го рабочего примет вид

$$(6) \quad \sigma_i(\delta_i, \alpha_i, \beta_i) = \begin{cases} \left(T_i - \frac{T_i}{5} (4 - 5\delta_{qi}) \beta_{Ti} \right) t_i, & \text{если } \delta_{qi} < 0,8; \\ (T_i + d_{qi} + d_{di} + d_{ki} + d_{pi}) t_i, & \text{если } \begin{cases} 0,8 \leq \delta_{qi} \leq 1; \\ \delta_{di} \geq \frac{\beta_{di}}{\beta_{di} + 1}; \\ \delta_{ki} \geq 0,6; \end{cases} \\ (T_i + d_{qi}) t_i, & \text{если } \begin{cases} 0,8 \leq \delta_{qi} \leq 1; \\ \delta_{di} < \frac{\beta_{di}}{\beta_{di} + 1}; \\ \delta_{ki} < 0,6; \end{cases} \\ (T_i + T\alpha_{qi} + T_i\alpha_{di}\delta_{di} + d_{ki} + d_{pi}) t_i, & \text{если } \begin{cases} \delta_{qi} \geq 1; \\ \delta_{di} \geq 1; \\ \delta_{ki} \geq 0,6; \end{cases} \end{cases} \quad i = 1, N,$$

где t_i — фактически отработанное время i -м рабочим; β_{Ti} — процент снижения тарифа i -го рабочего за каждый процент невыполнения нормированного задания до 80%.

2.3. Постановка многопараметрической задачи материального стимулирования рабочих прессового производства ОАО «АВТОВАЗ»

С применением методологии теории активных систем записаны целевые функции рабочих и руководства прессового производства [1].

В качестве целевой функции i -го рабочего принимается максимум разности функции стимулирования и функции затрат:

$$(7) \quad f_i(\delta_i, \alpha_i, \beta_i) = \sigma_i(\delta_i, \alpha_i, \beta_i) - c_i(\delta_i) \rightarrow \max, \quad i = 1, N,$$

где $\sigma_i(\delta_i, \alpha_i, \beta_i)$ – материальное вознаграждение i -го рабочего, руб.; $c_i(\delta_i)$ – затраты i -го рабочего, руб.; $\delta_i = (\delta_1, \delta_2 \dots \delta_s \dots \delta_n)$, $s = 1, n$ – вектор выполнения производственных нормативов, %, n – количество производственных нормативов; $\alpha_i = (\alpha_1, \alpha_2 \dots \alpha_l \dots \alpha_m)$, $l = 1, m$ и $\beta_i = (\beta_1, \beta_2 \dots \beta_k \dots \beta_K)$, $k = 1, K$ – векторы параметров системы стимулирования, m – количество параметров системы стимулирования α ; K – количество параметров системы стимулирования β ; N – количество рабочих прессового производства.

Идентификация функции затрат рабочих

Функция затрат рабочего зависит от показателей выполнения производственных нормативов и складываются из усилий, идущих на их выполнение. Но усилия по выполнению нормативов разные и напрямую их складывать нельзя. В результате проведенного опроса было выявлено, что усилия рабочих по выполнению нормативов распределяются следующим образом: 60% от затрачиваемых усилий тратится на выполнение норматива по объёму выпуска продукции, 30% - на норматив по качеству продукции, 10% - на норматив по культуре производства.

Введен обобщённый показатель выполнения производственного задания с учётом усилий, затрачиваемых рабочими на выполнение каждого норматива:

$$(8) \quad \begin{aligned} \delta_i &= \lambda_{qi} \delta_{qi} + \lambda_{di} \delta_{di} + \lambda_{ki} \delta_{ki} = 0,6\delta_{qi} + 0,3\delta_{di} + 0,1\delta_{ki}; \\ \lambda_{qi} + \lambda_{di} + \lambda_{ki} &= 1, \end{aligned}$$

где δ_i – обобщённый показатель выполнения производственных нормативов; λ_{qi} – доля усилий по выполнению норматива по объёму производства; λ_{di} – доля усилий по выполнению норматива по качеству продукции; λ_{ki} – доля усилий по выполнению норматива по культуре производства. Весовые коэффициенты λ_{qi} , λ_{di} , λ_{ki} позволяют учесть разные усилия рабочих на выполнение нормативов.

Введена функция усилий $\lambda_i(\delta_i) = v(\delta_i)$, показывающая зависимость затрачиваемых рабочим усилий от выполнения обобщенного показателя δ_i . Проведена идентификация многопараметрической функции затрат рабочих при выполнении производственных нормативов. Затраты рабочего определены как стоимостное выражение усилий,

идущих на выполнение предусмотренных нормативов, за отработанное рабочим время:

$$(9) \quad c_i(\delta_i) = \gamma_i t_i \lambda_i(\delta_i),$$

где γ_i – коэффициент, переводящий усилия по выполнению обобщенного показателя в стоимостное выражение, руб./час.; $\lambda_i(\delta_i)$ – процент усилий, затрачиваемых рабочим на выполнение всех нормативов.

Методом опроса основных рабочих прессового производства выявлено, какую часть нормированного задания выполняет рабочий при постоянном 100% выполнении нормативов по качеству продукции и культуре производства, если он затрачивает треть (33%), половину (50%) и 100% своих усилий, т.е. трудится на пределе своих возможностей. В результате была получена зависимость функции усилий λ_i от обобщенного показателя выполнения производственного задания δ_i :

$$(10) \quad \lambda_i(\delta_i) = 0,6313\delta_i^2 + 0,1005\delta_i + 0,0006.$$

Параметр функции затрат, переводящий усилия работника в стоимостное выражение затрат, зависит от оценки стоимости своего труда рабочим. Он будет определяться средним уровнем оплаты труда и уровнем жизни в регионе, сложностью работы, уровнем квалификации и мастерством, необходимым для выполнения работы. Таким образом, параметр функции затрат будет индивидуальным для рабочих разных специальностей в различных регионах. Так, среднемесячная зарплата штамповщиков и операторов автоматических линий составляет около 8000 рублей. Выявлено, что при зарплате в 5200 руб. рабочие откажутся работать, будут искать другую, более высоко оплачиваемую работу. То есть, при $\sigma_i = 5200$ руб., целевая функция i -го рабочего равна нулю. Путем подстановки этих значения в выражение (7) получен параметр функции затрат, переводящий усилия работника в стоимостное выражение $\gamma_i = 54,96$ руб.

Простановка целевой функции рабочих

На рисунке 2 рассмотрена целевая функция рабочих пресового производства при существующих параметрах системы стимулирования.

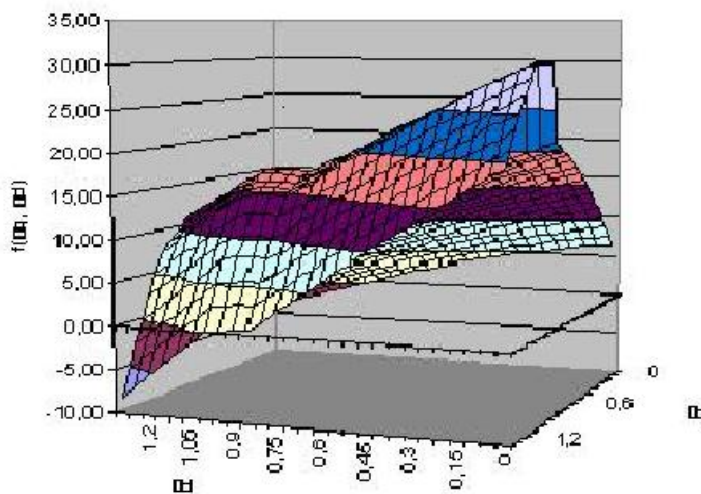


Рис. 2. Целевая функция рабочих при действующих параметрах системы стимулирования α и β

В условиях действующей системы материального стимулирования выполнение нормированного задания является приоритетной задачей для рабочих, заинтересованных в оптимальном материальном вознаграждении, качество и культура производства остаются на второстепенных позициях.

В целях совершенствования системы стимулирования предлагается осуществлять начисление каждой из предусмотренных доплат только в случае комплексного выполнения всех производственных нормативов, а также предусмотреть снижение тарифа на 5% за каждый процент невыполнения производственных нормативов по объему производст-

ва до 80%, по доле дефектной продукции до $\frac{\beta_{di}}{\beta_{di} + 1}$ %, по культуре производства до 60%. Таким образом, удастся повысить важность выполнения этих показателей рабочими и достигнуть большей заинтересованности в качественном труде. Максимальное вознаграждение за свой труд, в этом случае, рабочий может получить в области действия всех надбавок Θ :

$$(11) \quad 0,8 \leq \delta_{qi} \leq 1, \frac{\beta_{di}}{\beta_{di} + 1} \leq \delta_{di} \leq 1,3, 0,6 \leq \delta_{ki} \leq 1, \Theta \in \Omega.$$

С учетом предлагаемых совершенствований действующей системы стимулирования целевая функция рабочих пресового производства примет вид, приведенный на рисунке 3.

Решением оптимизационной задачи (7) является вектор δ_i^* - реакция рабочего на выбранные руководством пресового производства векторы параметров системы стимулирования:

$$(12) \quad \delta_i^* = \arg \max_{\delta_i^* \in \Theta} \{f_i(\alpha_i, \delta_i, \beta_i)\},$$

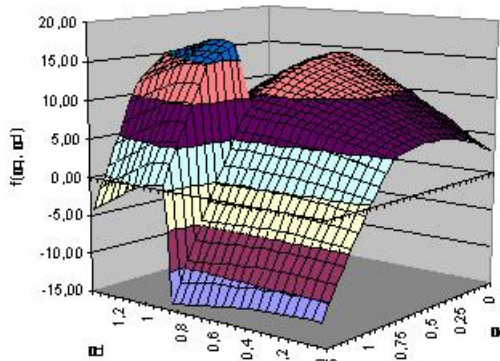


Рис. 3. Целевая функция рабочих при действующих параметрах α и β усовершенствованной системы стимулирования

Постановка целевой функции рабочих пресового производст-

ва

Руководство прессового производства заинтересовано в выполнении плановых показателей рабочими, поэтому в качестве его целевой функции примем минимум суммы квадратов разности плановых и фактических процентов выполнения нормативов:

$$(13) F(\delta_i^*) = a_{qi} (\delta_{qi}^* - \delta_{qi}^{nl})^2 + a_{di} (\delta_{di}^* - \delta_{di}^{nl})^2 + a_{ki} (\delta_{ki}^* - \delta_{ki}^{nl})^2 \rightarrow \min,$$

где a_{qi} , a_{di} , a_{ki} – весовые коэффициенты нормативов по объему производства, доле дефектной продукции и культуре производства. На параметры системы стимулирования наложены следующие ограничения:

$$(14) \begin{aligned} 0 < \alpha_{il} &\leq 1, \quad l = 1, m; \\ 0 < \beta_{ik} &\leq 1, \quad k = 1, K. \end{aligned}$$

Подобная постановка целевой функции руководства прессового производства (13) позволяет учитывать выполнение как количественных, так и качественных показателей. Из рисунка 4 видно, что целевая функция руководства прессового производства принимает минимальное значение при выполнении рабочими производственных нормативов на 100%.

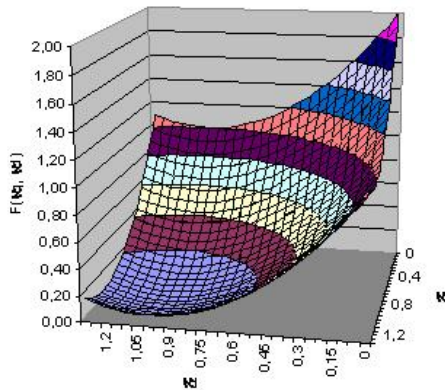


Рис. 4. Зависимость целевой функции руководства от выполнения плановых производственных нормативов

При действующих параметрах системы стимулирования рабочие не заинтересованы выполнять производственные нормативы на 100%

(рис. 3). Таким образом, выявлена проблема несогласованности интересов субъектов действующей системы материального стимулирования. Для ее решения необходимо определить параметры системы стимулирования, согласующие интересы сторон трудовых отношений.

Математическая постановка многопараметрической задачи стимулирования примет следующий вид:

$$(15) \begin{cases} F(\delta_i^*) = a_{qi} (\delta_{qi}^* - \delta_{qi}^{nl})^2 + a_{di} (\delta_{di}^* - \delta_{di}^{nl})^2 + a_{ki} (\delta_{ki}^* - \delta_{ki}^{nl})^2 \rightarrow \min, \\ i = 1, n; \\ \delta_i^* (\alpha_i, \beta_i) = \operatorname{argmax}_{\delta_i^* \in \Theta} \{f_i(\alpha_i, \delta_i, \beta_i)\}; \\ \sigma_i(\delta, \alpha, \beta) \geq \sigma_{cp.}; \\ 0 < \alpha_{il} \leq 1, l = 1, m; \\ 0 < \beta_{ik} \leq 1, k = 1, K. \end{cases}$$

где $\sigma_{cp.}$ - средняя зарплата в регионе.

Представленная математическая модель многопараметрической системы стимулирования позволяет рассматривать воздействия материального стимулирования на выполнение рабочим нормативов по объему производства, доле дефектной продукции и культуре производства.

Данная задача является многопараметрической и не решается аналитически, поскольку содержит в себе две взаимосвязанные оптимизационные задачи. Для ее решения разработан численный метод [4, 5].

2.4. Численное решение многопараметрической задачи материального стимулирования

Сформулированная задача (15) является задачей условной оптимизации, для решения которой применим метод внутренних штрафных функций, преобразующих задачу с ограничениями в последовательность задач безусловной оптимизации. Для решения задач безусловной оптимизации применяется градиентный метод.

Для преобразования задачи (15) с ограничениями в последовательность задач безусловной оптимизации вводятся вспомогательные функции центра и рабочих. Вспомогательные функции получаются путем суммирования целевых функций и функций-ограничений, таким

образом, чтобы ограничения в явном виде в задаче оптимизации не фигурировали.

Вспомогательная функция руководства с учетом ограничений α примет вид

$$(16) \quad Z(\alpha, \mu_p) = F(\alpha) + g(\alpha, \mu_p),$$

где μ_p – параметр вспомогательной функции центра, $g(\alpha, \mu_p)$ – внутренняя штрафная функция.

Внутренняя штрафная функция выбирается так, что бы ее значение неограниченно возросло при приближении к границе области допустимых значений:

$$(17) \quad g(\alpha, \mu_p) = \mu_p \sum_{l=1}^m \ln \varphi_{pl}(\alpha),$$

где φ_{pl} – непрерывная дифференцируемая функция, определяемая ограничениями – неравенствами (14) задачи поиска максимума целевой функции руководства.

Окончательно вспомогательная функция руководства примет вид

$$(18) \quad Z(\alpha, \mu_p, g_{pl}) = F(\alpha) - \mu_p \sum_{l=1}^m \ln \varphi_{pl}(\alpha).$$

Аналогично вспомогательная функция рабочего запишется:

$$(19) \quad z(\delta, \mu_a, g_{as}) = f(\delta, \alpha) - \mu_a \sum_{s=1}^n \ln \varphi_{as}(\delta),$$

где μ_a – параметр вспомогательной функции рабочего, φ_{as} – непрерывная дифференцируемая функция, определяемая ограничениями – неравенствами (11) задачи поиска минимума целевой функции рабочих.

Алгоритм численного решения многопараметрической задачи материального стимулирования

1. Задаются начальные приближения для вектора параметров системы стимулирования $\alpha[0]$ из области допустимых значений (14) и параметр вспомогательной функции руководства $\mu_p[0]$.

2. В точке $\alpha[k], k = 0, 1, 2, \dots$, вычисляется значение градиента вспомогательной функции руководства, компоненты которого являются

частными производными вспомогательной функции, вычисленными в точке $\alpha[k]$:

$$(20) \quad \begin{aligned} & \text{grad} Z(\delta^*(k), \mu_p[k], \alpha[k]) = \\ & = \left(\frac{\partial Z(\delta^*(k), \mu_p[k], \alpha[k])}{\partial \alpha_1[k]}, \dots, \frac{\partial Z(\delta^*(k), \mu_p[k], \alpha[k])}{\partial \alpha_m[k]} \right). \end{aligned}$$

Вычисление частных производных производится по приближенной формуле

$$(21) \quad \begin{aligned} & \frac{\partial Z(\delta^*(k), \mu_p[k], \alpha[k])}{\partial \alpha_l[k]} \approx \\ & \approx \frac{Z(\delta^*(k), \mu_p[k], \alpha_l[k] + h_\alpha) - Z(\delta^*(k), \mu_p[k], \alpha_l[k])}{h_\alpha}, \end{aligned}$$

где h_α - приращение для параметра $\alpha_l[k]$ на k -й итерации.

Для нахождения частной производной по формуле (21) необходимо найти реакцию рабочего – вектор $\delta^*(k)$. Для нахождения вектора $\delta^*(k)$ на k -й итерации также используется градиентный метод, описанный в пункте 3. После определения в пункте 3 реакции рабочего вычисляются частные производные вспомогательной функции руководства по формуле (21) и осуществляется переход к пункту 4.

3. Определение реакции рабочего $\delta^*(k)$ при заданном векторе параметров стимулирования $\alpha[k]$.

3.1. Задаются начальные приближения для вектора реакции рабочего $\delta[0]$ из области допустимых значений (11) и параметр вспомогательной функции рабочего $\mu_a[0]$.

3.2. В точке $\delta[j]$, $j = 0, 1, 2, \dots$, вычисляется значение градиента вспомогательной функции рабочего, компоненты которого являются частными производными вспомогательной функции, вычисленными в точке $\delta[j]$:

$$(21) \quad \begin{aligned} & \text{grad } z(\delta[j], \mu_a[j], \alpha[k]) = \\ & = \left(\frac{\partial z(\delta[j], \mu_a[j], \alpha[k])}{\partial \delta_1[j]}, \dots, \frac{\partial z(\delta[j], \mu_a[j], \alpha[k])}{\partial \delta_n[j]} \right). \end{aligned}$$

Вычисление частных производных производится по приближенной формуле

$$(22) \quad \begin{aligned} & \frac{\partial z(\delta[j], \mu_a[j], \alpha[k])}{\partial \delta_s[j]} \approx \\ & \approx \frac{z(\delta_s[j] + h_\delta, \mu_a[j], \alpha[k]) - z(\delta_s[j], \mu_a[j], \alpha[k])}{h_\delta} \end{aligned}$$

где h_δ - приращение для реакции рабочего $\delta_s[j]$ на j -й итерации.

3.3. На каждой j -й итерации поиска реакции рабочего вычисляются значения $\delta_s[j+1]$ при известном векторе параметров системы стимулирования $\alpha[k]$ в соответствии с градиентным методом:

$$(23) \quad \delta_s[j+1] = \delta_s[j] - a_\delta[j] \frac{\partial z(\delta[j], \mu_a[j], \alpha[k])}{\partial \delta_s[j]},$$

где $a_\delta[j]$ - величина шага на j -ой итерации, подбирается так, чтобы вспомогательная функция рабочего уменьшалась.

3.4. Проверяется условие выхода из итерационного процесса

$$(24) \quad \left| \sum_{s=1}^n \delta_s[j+1] - \sum_{s=1}^n \delta_s[j] \right| \leq \varepsilon_\delta,$$

где ε_δ - заданная малая величина для итерационного процесса поиска реакции рабочего $\delta^*(k)$.

Если условие выполняется, то итерационный процесс прекращается. В противном случае происходит уменьшение параметра $\mu_a[j]$ в два раза, $\mu_a[j+1] = \mu_a[j]/2$. Осуществляется переход к подпункту 3.2, полученная точка $\delta[j+1]$ используется в качестве начальной на следующей итерации. В случае останова итерационного процесса и успешного определения реакции рабочего $\delta^*[k]$ осуществляется возврат к пункту 2, в котором вычисляются частные производные вспомогательной функции руководства.

4. На каждой k -й итерации поиска параметров системы стимулирования вычисляется новое значение вектора параметров $\alpha[k]$ в соответствии с градиентным методом:

$$(25) \alpha_l[k+1] = \alpha_l[k] - a_\alpha[k] \frac{\partial Z(\delta^*[k], \mu_p[k], \alpha[k])}{\partial \alpha_l[k]},$$

где $a_\alpha[k]$ - величина шага на k -й итерации, подбирается так, чтобы вспомогательная функция руководства уменьшалась.

5. Проверяется условие выхода из итерационного процесса поиска параметра системы стимулирования:

$$(26) \left| \sum_{l=1}^m \alpha_l[k+1] - \sum_{l=1}^m \alpha_l[k] \right| \leq \varepsilon_\alpha,$$

где ε_α - заданная малая величина для итерационного процесса поиска вектора параметров α .

Если условие выполняется, то итерационный процесс прекращается. В противном случае происходит уменьшение параметра μ_p в два раза, $\mu_p[k+1] = \mu_p[k]/2$. Осуществляется переход к пункту 2, полученная точка $\alpha[k+1]$ используется в качестве начальной на следующей итерации.

На основе предложенного алгоритма разработан программный модуль в среде программирования Borland Delphi. С помощью разработанной программы определены оптимальные параметры системы стимулирования α и β . Результаты решения приведены в таблице 1. Первый вариант решения соответствует поиску оптимальных параметров системы стимулирования α , второй вариант - β .

Таблица 1. Значения целевых функций рабочих и руководства при оптимальных параметрах системы материального стимулирования α и β

Вариант		I	II
Параметры многопараметрической системы материального стимулирования, %	α_{θ}	25	16
	α_{δ}	13	10
	α_{κ}	14	10
	β_{θ}	5	8
	β_{δ}	5	6,5
	β_{κ}	1,5	2,5
Реакция рабочих на заданные параметры системы стимулирования, %	δ_{θ}^*	100	100
	δ_{δ}^*	100	100
	δ_{κ}^*	100	100
Значения целевых функций рабочих и руководства при заданных параметрах системы стимулирования	σ , руб.	55,4	53,34
	c , руб.	40,22	40,22
	f , руб.	15,08	13,12
	F	0	0

Графические модели многопараметрической системы материального стимулирования при оптимальных значениях параметров системы представлены на рисунках 5 и 6.

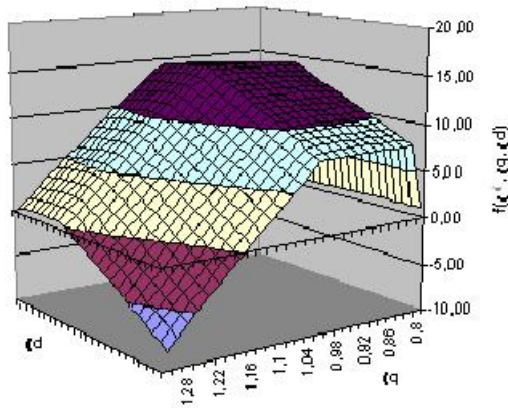


Рис. 5. Зависимость целевой функции рабочих от уровня выполнения нормативов δ_q и δ_d при оптимальных параметрах системы стимулирования α

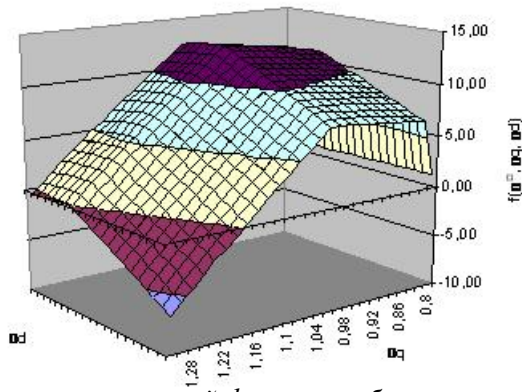


Рис. 6. Зависимость целевой функции рабочих от уровня выполнения нормативов δ_q и δ_d при оптимальных параметрах системы стимулирования β

Найденные параметры системы материального стимулирования согласуют интересы рабочих и руководства, обеспечивая рабочим оптимальную заработную плату при выполнении производственных нормативов на 100%. II вариант является оптимальным с точки зрения руководства предприятия, поскольку позволяет достичь выполнения производственных нормативов, не прибегая к увеличению фонда заработной платы.

Список литературы

1. НОВИКОВ Д.А. *Стимулирование в организационных системах.* – М.: СИНТЕГ, 2003. – 312 с.
2. *Отчет о выполнении технико-экономических показателей за сентябрь 2004 года* / ОАО «АВТОВАЗ». Прессовое производство.– Тольятти, 2004. – 29 с.
3. *Отчет о выполнении технико-экономических показателей за март 2005 года* / ОАО «АВТОВАЗ». Прессовое производство.– Тольятти, 2005. – 29 с.
4. ПАВЛОВ О.В. *Численный метод решения задачи стимулирования* // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета № 1(7) 2005 г.– С. 104-111.
5. ПАВЛОВ О.В., ВЫБОРНОВА Л.А. *Моделирование многопараметрической системы стимулирования рабочих прессового производства ОАО «АВТОВАЗ»* // Управление большими системами. Сборник трудов. Выпуск 12-13. – М: ИПУ РАН, 2006. – С. 118-126.
6. *Сборник положений по оплате труда работников Волжского автомобильного завода.* – Тольятти, 2000. – 128 с.

3. ВОПРОСЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО МЕНЕДЖМЕНТА

В связи с переходом системы управления народным хозяйством на рыночные методы экономики, неграмотно проведенной приватизацией предприятия машиностроения оказались в очень сложном состоянии. Отсутствие госзаказа, агрессивная политика внешних производителей обусловили актуальность таких задач производственного менеджмента, как повышение конкурентоспособности предприятия. Рассмотрим на примере авиаагрегатных предприятий методы оценки их конкурентоспособности, которые могут быть рекомендованы для широкого класса объектов.

СССР на протяжении многих лет после Второй Мировой войны обладал статусом сверхдержавы, во многом благодаря деятельности авиационной промышленности, производившей свыше 25% мирового выпуска авиационной техники и до 40% военной авиационной техники (в количественном исчислении) [9]. После распада СССР в России оказалось сосредоточено свыше 85% потенциала авиационного комплекса [13]. Начавшееся в конце 80-х годов 20 века реформирование российской экономики и целенаправленные действия иностранных конкурентов привели к тому, что Россия уступила свои позиции на мировом рынке авиатехники и производственные мощности предприятий авиационной отрасли оказались незагруженными, а кадровый потенциал невостребованным.

Негативные изменения в полной мере коснулись авиаагрегатных предприятий. Однако предприятия авиаагрегатостроения, хотя и были узкоспециализированными под строительство летательных аппаратов, но в то же время обладали всеми преимуществами высокотехнологичных и наукоемких производств, что придавало им большую гибкость. Возможность диверсификации и приложения научно-технического потенциала позволили предприятиям авиаагрегатостроения выжить.

Вступив на новые диверсифицированные рынки, авиаагрегатные предприятия столкнулись с проблемой конкуренции и необходимостью

оценки своих конкурентных позиций. Существовавшие квалиметрические методы оценки конкурентоспособности требовали солидного объема ретро-информации, которым авиаагрегатные предприятия не обладали в силу новых для них экономических условий. Многие маркетинговые методы исследования иностранных авторов не учитывали специфику российских экономических условий. В этой связи повышенной актуальностью отличаются научные и практические проблемы разработки методик оценки конкурентоспособности авиаагрегатных предприятий в условиях диверсификации.

Управление конкурентоспособностью авиаагрегатного предприятия в рыночных условиях является непростой задачей, поскольку диверсифицированные рынки относятся к числу сложных экономических систем. Довольно часто в реальных экономических условиях структура модели сложной экономической системы может быть неизвестна, а представлена лишь в виде лингвистического описания, отражающего интуитивные предположения специалистов-экспертов относительно влияния тех или иных параметров на прогнозируемую величину.

Для решения указанных проблем была предложена большая группа методов, относящихся к методам интеллектуального анализа данных [1, 2, 3, 4, 7, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19]. Интеллектуальные методы анализа данных основываются на том, что в системе фиксируется опыт эксперта, который и используется для прогнозирования ситуации. Такой подход реализуется, например, в системах с нечеткой логикой.

Математическая теория нечетких множеств (ТНМ) позволяет описывать нечеткие понятия и знания, оперировать этими знаниями и делать нечеткие выводы. Использование методов нечеткой логики оказывается особенно полезным, когда исследуемые процессы являются слишком сложными для анализа с помощью общепринятых количественных методов, или когда доступные источники информации интерпретируются качественно, неточно или неопределенно. Наличие математических средств отражения нечеткости исходной информации позволяет построить модель, адекватную реальности.

Основоположником теории нечеткой логики считается профессор Калифорнийского университета (Беркли) Лотфи А. Заде (Lotfi A. Zadeh) [8]. Его работа "Fuzzy Sets", опубликованная в 1965 году в журнале "Information and Control", № 8, заложила основы моделирова-

ния интеллектуальной деятельности человека и явилась начальным толчком к развитию новой математической теории.

Л. Заде расширил классическое понятие множества, допустив, что характеристическая функция (функция принадлежности элемента множества) может принимать любые значения в интервале $[0, 1]$, а не только значения 0 либо 1. Такие множества были названы им нечеткими (fuzzy). Математически нечеткое множество может быть представлено в виде [10]

$$(1) \quad A = \{\mu_A(x) / x\}$$

где A - нечеткое подмножество универсального множества E , x - элемент E , $\mu_A(x)$ - характеристическая функция, принимающая значения в некотором вполне упорядоченном множестве M (например, $M = [0, 1]$).

Функция принадлежности указывает степень (или уровень) принадлежности элемента x подмножеству A . Множество M называют множеством принадлежностей. Если $M = \{0, 1\}$, то нечеткое подмножество A может рассматриваться как обычное или четкое множество.

В реальных ситуациях статистическая информация часто отсутствует, и функция принадлежности частных критериев формируется на основе непосредственного опроса экспертов. На основе опыта и интуиции эксперты часто могут достаточно уверенно количественно охарактеризовать границы (интервалы) допустимых значений параметров и области их наиболее предпочтительных значений. Эти суждения экспертов фактически определяют четыре реперные точки, на базе которых формируются трапецеидальные функции принадлежности [6]. В зависимости от значений координат реперных точек кусочно-линейные функции принадлежности $\mu_A(x)$ могут принимать различную форму (рис. 1).



Рис. 1. Формы наиболее часто используемых кусочно-линейных функций принадлежности: а - левая внешняя функция принадлежно-

сти; b, g - треугольные несимметричные функции принадлежности; c - трапециевидальная несимметричная функция принадлежности; d - трапециевидальная симметричная функция принадлежности; e - треугольная симметричная функция принадлежности; f - прямоугольная функция принадлежности; h - трапециевидальная несимметричная функция принадлежности; i - правая функция принадлежности.

Если эксперты представляют частные критерии на лингвистическом (вербальном) уровне описания, то формирование нечетких интервалов, описывающих частные критерии, целесообразно проводить с использованием понятия «степень выраженности положительного эффекта, определяемого параметром с его ростом» [6]. На их основе можно построить функцию желательности, характеризующую степень выраженности вербально задаваемого параметра с использованием лингвистических градаций степени выраженности и соответствующих им числовых оценок из интервала $[0,1]$ (рис. 2).

Рассмотренные подходы позволяют в значительной мере унифицировать процесс математической формализации частных критериев качества в условиях неопределенности первого уровня нечеткости. В постановке же задач многокритериальной оптимизации центральное место занимают вопросы сравнения частных критериев и задания требований к возможным соотношениям их значений в точке оптимума, т.е. требований к оптимальности решения, на основании которых формируется глобальный критерий качества [5].



Рис. 2. Нечеткий интервал, соответствующий частному критерию, заданному на качественном (лингвистическом) уровне

На случай неравнозначимых критериев, наиболее полно отражающих качественный характер задания предпочтений при формировании обобщенного показателя качества, представляется свертка, предложенная в [19]:

$$(2) \quad \mu_C(x) = \min(\mu_A^{\alpha_A}(x), \mu_B^{\alpha_B}(x)).$$

Как отмечалось ранее, характерной особенностью российских авиаагрегатных предприятий на современном этапе развития является то, что исследуемые компании активно проводят политику диверсификации. Таким образом, авиаагрегатные предприятия действуют не только на традиционном рынке производства агрегатов для авиационной промышленности, но и являются участниками других высокотехнологичных рынков, которые различны по степени конкуренции, прибыльности и требованиям со стороны потребителей. Поэтому в случае диверсифицированного производства, когда предприятие выпускает несколько типов товаров, его уровень конкурентоспособности зависит от степени успеха в выбранных видах деятельности и модельное представление выглядит следующим образом (3):

$$(3) \quad KC_{np} = f(KC_1, KC_2, \dots, KC_i, \dots, KC_n),$$

где KC_{np} – конкурентоспособность предприятия, KC_i – конкурентоспособность предприятия на рынке товаров i -того направления деятельности (отрасли).

Поскольку прибыльность каждого бизнес-направления различна, то интегральный показатель конкурентоспособности предприятия определяется по формуле (4):

$$(4) \quad KC_{np} = \sum a_i KC_i,$$

где a_i – прибыльность i -го бизнес-направления (доля прибыли).

Предлагаемая автором методика оценки конкурентоспособности фирмы основана на анализе причин и следствий определенной конкурентной позиции фирмы, когда причиной определенного уровня конкурентоспособности является ресурсный потенциал фирмы и действия ее руководства, направленные на извлечение выгод из его использования (стратегические факторы успеха), а следствием – оценка фирмы ее

потенциальными клиентами (соответствие требованиям внешней среды):

$$(5) \quad KCi = f(C\Phi Ui, ППi),$$

где $C\Phi Ui$ – уровень использования стратегических факторов успеха (СФУ) фирмой в i -м бизнес-направлении, $ППi$ - уровень удовлетворения потребительских предпочтений (ПП) в i -м бизнес-направлении фирмы.

Из (5) видно, что конкурентоспособность предприятия на одном из диверсифицированных рынков зависит от степени реализации конкурентных преимуществ и соответствия требованиям потребителей. Для оценки конкурентоспособности диверсифицированного бизнес-направления авиаагрегатного предприятия автором разработан алгоритм расчетных действий (рис. 3).

Показатель конкурентоспособности предприятия является многокритериальным и для расчета его значения в методике используется максиминный метод свертки (2).

Веса критериев конкурентоспособности (α) предлагается рассчитывать с помощью метода анализа иерархий (МАИ), суть которого состоит в декомпозиции проблемы на все более простые составляющие части и дальнейшей обработке последовательности суждений экспертов по парным сравнениям согласно шкале относительной важности. Кроме того, МАИ позволяет оценивать достоверность экспертизы по степени согласованности эксперта ($OC < 10-20\%$).

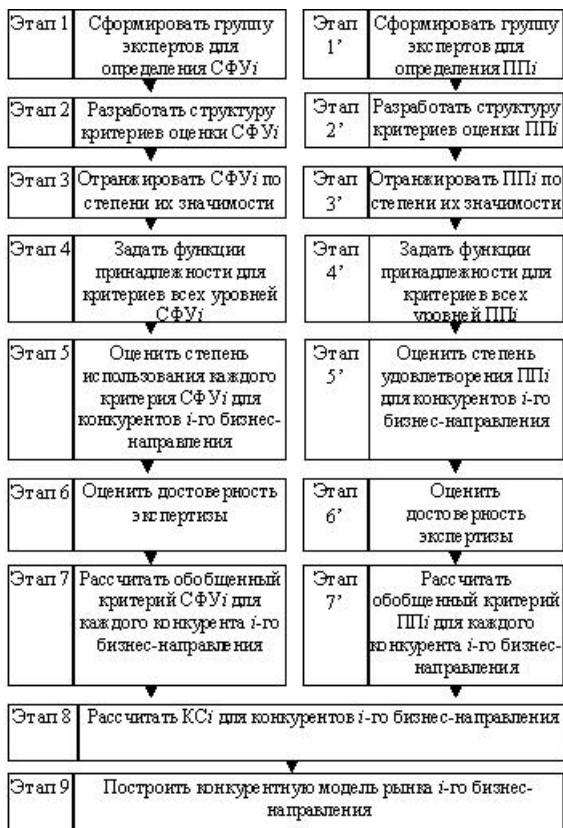


Рис. 3. Алгоритм определения конкурентоспособности.

На этапе 6 и 6' методика предусматривает оценку достоверности мнений экспертов по коэффициенту конкордации:

$$(6) W = \frac{12S}{n^2(m^3 - m)},$$

где S - сумма квадратов отклонений всех оценок рангов каждого объекта экспертизы от среднего значения; n - число экспертов; m - число объектов экспертизы.

Рассчитанные согласно алгоритму показатели являются основными для построения конкурентной модели рынка (этап 9), на которой можно выделить типовые стратегические положения фирмы (рис. 4).

Конкурентная модель позволяет определить соотношение сил на рынке и выявить маркетинговые задачи по позиционированию фирмы в конкретной ячейке матрицы, установлению текущих и перспективных конкурентов, наметить рекомендации по выбору стратегии конкуренции.

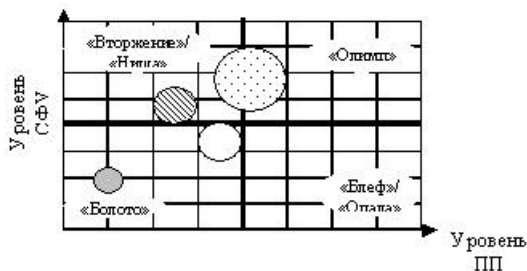


Рис. 4. Конкурентная модель рынка

Разработанная автором методика оценки конкурентоспособности предприятия была внедрена в систему управления ОАО «Авиаагрегат», которое было основано в 1941 г. для выпуска винтов самолетов и шассийной продукции. В результате внедрения политики диверсификации производства номенклатура выпускаемых товаров ОАО «Авиаагрегат» расширилась и условно делится на несколько бизнес-направлений: шасси (Ш), поглощающий аппарат (АПЭ), гидроцилиндры (ГЦ). Причем соотношение выпуска диверсифицированных товаров в общем объеме постоянно изменялось, однако наметилась явная тенденция увеличения доли гражданской продукции (рис. 5).

Для оценки конкурентоспособности предприятия в целом были рассчитаны показатели конкурентоспособности ОАО «Авиаагрегат» на рынке шасси, АПЭ и ГЦ.

Конкурирующими производителями на рынке АПЭ являются: ОАО «Авиаагрегат» (г. Самара, Россия) - АПЭ 120-И.500, ОАО «Уралвагонзавод» (г. Нижний Тагил, Россия) - АПЭ-95-УВЗ, ООО «ЛЛМЗ Камах» (Польша) - 73-zw.

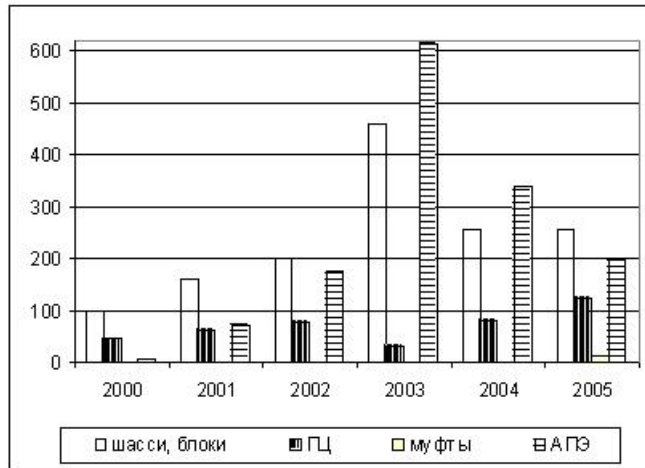


Рис. 5. Динамика производства товарной продукции ОАО «Авиаагрегат» по бизнес направлениям в 2000-2005 гг.

Потребителями являются заводы, выпускающие грузовые вагоны (ОАО «Уралвагозавод» (г. Нижний Тагил, Россия), ОАО «Рузхиммаш» (г. Рузаевка, Россия), ОАО «Алтайвагон» (г. Рубцовск, Россия), ОАО «Азовмаш» (г. Мариуполь, Украина)) и собственники цистерн (РЖД, ООО «Славнефть», ЗАО «Лукойл-Транс и др.)

Из представителей вышеназванных групп потребителей была сформирована команда экспертов для определения и оценки потребительских предпочтений (ПП) на рынке АПЭ. В качестве экспертов по определению и оценке стратегических факторов успеха (СФУ) выступили главные специалисты ОАО «Авиаагрегат» и специалисты ВНИИ ЖТ (Всероссийский научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта, Москва).

Сформулированные экспертами СФУ и ПП были представлены в виде причинно-следственных диаграмм, а значимость (α и β соответственно) каждого критерия определена методом МАИ [11]. На этапе 4 и

4^е эксперты-производители задали функции принадлежности μ для СФУ, а эксперты-потребители – для ПП (примеры на рис. 6 и рис. 7).



Рис. 6 Функция принадлежности для СФУ «сила торговой марки»

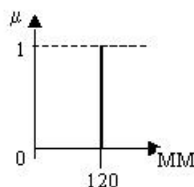


Рис. 7 Функция принадлежности для ПП «конструктивный ход»

На этапе 5 и 5^е эксперты-производители оценили степень использования каждого критерия СФУ для фирм-конкурентов, а эксперты-потребители - уровень удовлетворения своих потребительских предпочтений.

Рассчитанный по (6) коэффициент конкордации для группы экспертов-производителей составил 0,876, а для экспертов-потребителей - 0,936, что говорит о высокой степени достоверности результатов проведенных экспертиз.

По формуле (2) были рассчитаны обобщенные критерии СФУ, ПП и показатели конкурентоспособности конкурентов-производителей АПЭ по результатам деятельности 2001 года. На основе полученных расчетов была построена конкурентная модель рынка АПЭ по состоянию на 2001 г. (рис. 8).

Результаты проведенного исследования и анализ конкурентных позиций предприятий-производителей АПЭ на основе авторской методики легли в основу стратегического плана развития ОАО «Авиаагрегат» на 2001-2005 гг., что позволило повысить показатель конкурентоспособности предприятия по бизнес-направлению АПЭ и изменить конкурентную позицию на рынке АПЭ в 2005 г. (рис. 8).

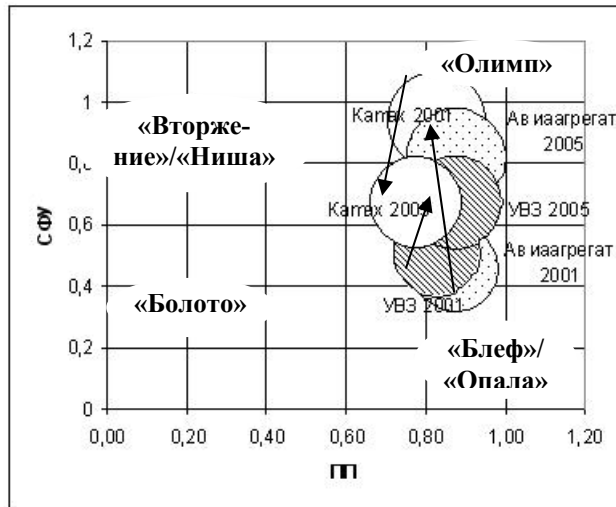


Рис. 8. Конкурентная модель рынка АПЭ в 2001 и 2005 гг.

Аналогичным образом было проанализировано и оценено конкурентное положение ОАО «Авиаагрегат» на рынках шасси и гидроцилиндров. Рассчитанный на основе полученных данных по (4) показатель конкурентоспособности ОАО «Авиаагрегат» увеличился в 2005 г. до 0,8762 по сравнению с 2001 г. (0,7675). Повышение уровня конкурентоспособности ОАО «Авиаагрегат» главным образом связано с серьезным усилением позиций предприятия на рынке поглощающих аппаратов, небольшим улучшением ситуации на авиационном направлении деятельности и продвижением гидроцилиндров в новых сегментах.

Таким образом, разработанная методика оценки конкурентоспособности прошла апробацию в деятельности промышленного предприятия ОАО «Авиаагрегат». Использование методов теории нечетких множеств позволило оценить многокритериальный показатель конкурентоспособности, рассчитанный на основе многопараметричных разноразмерных данных. В результате внедрения предложенной мето-

дики были построены модели диверсифицированных рынков ОАО «Авиаагрегат» и проанализированы позиции конкурентов. Данный инструмент позволил определить соотношение сил на рассмотренных рынках и выявить маркетинговые задачи по позиционированию фирмы, а также наметить рекомендации по повышению конкурентоспособности ОАО «Авиаагрегат» на выбранных бизнес-направлениях и предприятия в целом.

Список литературы

1. АВЕРКИН А. Н. *Построение нечетких моделей мира для планирования в условиях неопределенности.* - В кн.: Семиотические модели при управлении большими системами. - М.: АН СССР, 1979. - С. 69-73.
2. БЛИШУН А. Ф. *Моделирование процесса принятия решений в нечетких условиях на основе сходства понятий классов.*: Автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук. М., 1982.- 19с.
3. БОРИСОВ А. Н., Осис Я. Я. *Методика оценки функций принадлежности элементов размытого множества.* - В кн.: Кибернетика и диагностика Рига: РПИ, 1970. - С. 125-134.
4. БОРИСОВ А. Н., ФОМИН С. А. *Аксиоматический подход к восстановлению функции принадлежности термов лингвистической переменной.* - В кн.: Модели выбора альтернатив в нечеткой среде.- Рига: РПИ, 1980. - С. 77-79.
5. ВИЛКАС Э. Й., МАЙМИНАС Е. З. *Решения: теория, информация, моделирование.* - М.: Радио и связь, 1981. - 328 с.
6. ДИЛИГЕНСКИЙ Н. В., ДЫМОВА Л. Г., СЕВОСТЬЯНОВ П. В. *Нечеткое моделирование и многокритериальная оптимизация производственных систем в условиях неопределенности: технология, экономика, экология:* Монография. - М.: Машиностроение-1. Самара: ООО Офорт, 2004. – 336 с.
7. ЕЖКОВА И. В. *Использование размытой логики в диалоговых системах, базирующихся на естественном языке.* - В кн.: Человеко-машинные системы. - М.: МДНТП, 1977. – С. 12-45.
8. ЗАДЕ Л. *Понятие лингвистической переменной и его применение для принятия приближенных решений.* – М.: Мир, 1976. – 251 с.

9. *Интервью с руководителем федерального агентства по промышленности* // РИА Новости на сайте www.rian.ru.
10. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств. – М.: Радио и связь, 1982. – 371 с.
11. ОКУНЕВА А. Г. *Критерии и методы оценки конкурентоспособности авиаагрегатных предприятий в условиях диверсификации (на примере ОАО «Авиаагрегат»)*: Автореф. дис. ... канд. экон. наук. Самара, 2006. – 20 с.
12. ОРЛОВСКИЙ С. А. *Проблем принятия решений при нечеткой исходной информации*. - М.: Наука, 1981. - 208 с.
13. *Отчет о результатах тематической проверки законности приватизации, эффективности управления и государственной поддержки предприятий авиационной промышленности в постприватизационный период 1992-1999 годы* // Бюллетень Счетной палаты Российской Федерации. – 2000. №8 (32).
14. СЕВАСТЬЯНОВ П. В., ТУМАНОВ Н. В. *Многокритериальная идентификация и оптимизация технологических процессов*. - Минск: Наука и техника, 1990. - 224 с.
15. RAGADE R. K., GUPTA M. M. *Fuzzy sets theory: introduction*. In: *Fuzzy Automata and Decision Processes*/Ed, by M. M. Gupta. G. Saridis. B. Games. Amsterdam: North-Holland, 1977, p. 105-131.
16. SAATY T. L. *Measuring the fuzziness of sets*.- *Journal of Cybernetics*, 1974, v. 4. p. 53-61.
17. SKALA H. J. *On many-valued logics, fuzzy sets, fuzzy logics and their applications*. - *Fuzzy Sets and Systems*, 1978, v. 1, p. 129-149.
18. THOLE U., ZIMMERMANN H. J., ZYSNO P. *On the suitability of minimum and products operators for the intersection of fuzzy sets*. - *Fuzzy Sets and Systems*, 1979, v. 2, p. 167-180.
19. YAGER R. *Multiple objective decision-making using fuzzy sets* // *Int/ J. Man-Mach. Sfyd.* 1979. Vol. 9. № 4. P. 375-382.

4. МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ОРГАНИЗАЦИИ МЕХАНИЗМОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ СФЕРЫ УСЛУГ

Развитие рыночного сектора экономики привело к формированию широкого спектра объектов услуг, специфика деятельности которых требует разработки специальных методов и подходов управления ими. Поэтому рассмотрим методические материалы, включающие модели и методы управления объектами сферы услуг.

В современном западном обществе, перешагнувшем порог бедности и достигшем достаточно высокого уровня благосостояния и удовлетворения физиологических потребностей, сформировалась особая специфическая сфера высокорентабельного бизнеса - индустрии торговли, досуга и развлечений в совокупности с широким спектром разнообразных услуг. В последние годы аналогичная тенденция начала проявляться и в России. Однако следует отметить, что переход экономики на рыночные методы хозяйствования (перестройка) и, связанные с этим экономические потрясения, которые имели место, привели к тому, что детские парки и городки, система общепита, кинотеатры и танцевальные площадки, построенные в советский период, пришли в упадок, их оборудование физически и морально устарело, а стоимость самих развлечений для многих стала недоступна. В связи с этим индустрия досуга и отдыха, являющаяся специфическим бизнесом, рассчитанным на массовую аудиторию потребителей, требующим значительных капиталовложений, имеющим достаточно низкую доходность и длительный срок окупаемости, оказалась перед неразрешимыми проблемами - необходимостью модернизации и неплатежеспособностью потребителя. Поэтому данная индустрия вскоре практически исчезла.

Относительная стабилизация экономической ситуации со временем сформировала условия для развития бизнеса, в том числе в сфере розничной торговли, досуга и развлечений, и постепенно, начиная с конца 1990-х - начала 2000-х годов, стали появляться первые торговые-развлекательные площадки.

Развитие розничных торговых предприятий сопровождается разнообразием их состава и увеличением количества. Расстояние между магазинами значительно сокращается. Предприятия розничной торговли формируются в виде единой системы, в которой отдельные предприятия функционируют как взаимосвязанные элементы. У покупателей появляется возможность приобрести комплексную покупку в группе близко расположенных магазинов. Соединение магазинов в

группы приводит к образованию своеобразных центров торговли удобных для покупателей. Группа магазинов получает общий район деятельности, концентрирует поток покупателей, в результате чего общая посещаемость магазинов заметно увеличивается и торговые предприятия, таким образом, помогают друг другу в привлечении покупателей. Торговые центры стали неотъемлемой чертой многих стран, особенно США, Великобритании, ряда других западных стран, и находят все большее распространение в России.

Рассмотрим в качестве примера торгово-развлекательного центра (ТРЦ) «Мегакомплекс Московский» - крупнейший в Поволжье ТРЦ. Удачное месторасположение на въезде в Самару позволяет «Мегакомплексу Московский» привлекать не только горожан и жителей Самарской области, но и посетителей из других областей. Строительство «Мегакомплекса Московский» было начато в октябре 1996 года. Его общая площадь составляет более 82 000 кв. м., с территорией в 62 га, и открытой парковкой, рассчитанной на 2500 автомобилей. В разработке концепции торгового центра приняли участие компании Stiles & Riabokobylko в консорциуме с Cushman & Wakefield Healey & Bake. Строительный менеджмент «Мегакомплекса Московский» осуществлен немецкой компанией Expro Service und Projektmanagement (ESP). Строительные работы проведены турецкой компанией «Монотек».

«Мегакомплекс Московский» включает в себя три торговых корпуса, в которых представлены ведущие международные и российские операторы розничной торговли, и культурно-развлекательный центр с крупнейшим в России аквапарком, являющимся не только развлекательным, но и оздоровительным заведением. Помимо указанного, имеет место боулинг-центр на 33 дорожки и бильярдные залы на 56 столов. Посещаемость комплекса в будние дни составляет 15000 человек в день, в выходные и праздничные дни до 35000 человек.

Рассмотрение вопросов управления такой сложной организационной системой, как ТРЦ «Мегакомплекс Московский» целесообразно начать с исследования ее организационной структуры, представленной на рис 1. Как видно из рисунка, имеет место три типа взаимодействующих организационных элементов: владелец имущества; управляющая компания (УК); арендаторы (операторы), ведущие свою деятельность на арендуемых площадях. Экономические взаимоотношения владельца

имущества и УК заключаются в том, что владелец имущества на договорной основе передоверяет УК право ведения оперативной деятельности по управлению имуществом с целью максимально эффективного его использования. Взаимоотношения УК с арендаторами основываются на условиях договоров - аренды. Базовым инструментом исследования экономических отношений элементов в подобных системах является достаточно изученная в теории активных систем задача стимулирования [1-3], которая требует адаптации применительно к специфике исследуемого нами объекта.

Одним из основных вопросов при организации экономических взаимодействий является определение параметров этих взаимодействий и конкретных их значений. Обычно при этом имеет место два этапа: поиск области компромисса; нахождение оптимальной точки. Рассмотрим последовательно методы и модели решения данных задач для рассматриваемого нами объекта.

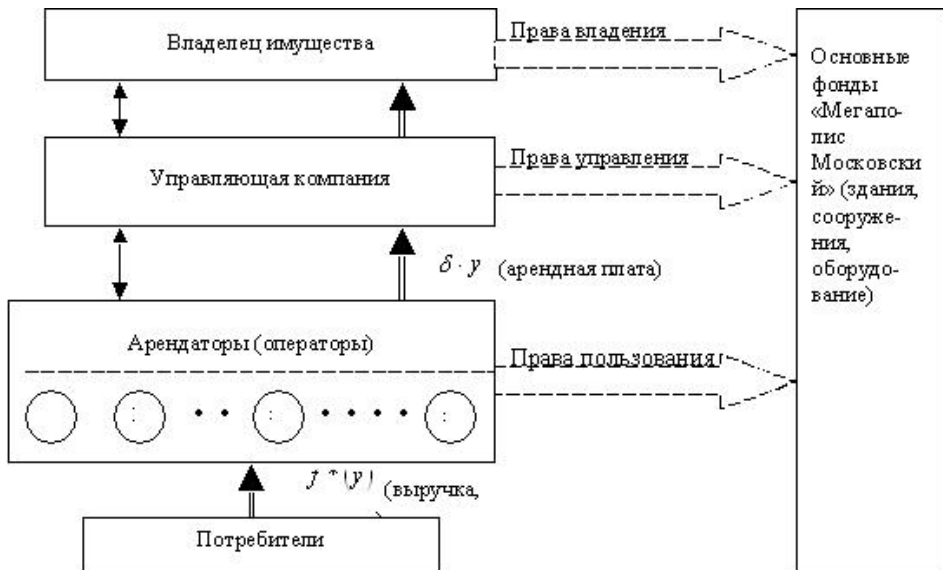


Рис 1. Структура взаимодействующих элементов ТРЦ «Мегакомплекс Московский»

4.1 Область компромисса: базовая модель

Рассмотрим организационную систему (ОС), состоящую из:

- одного владельца имущества;
- управляющей компании;
- субъекта взаимодействия (агент, оператор, арендатор).

Стратегией агентов является выбор действий $d \in A$, принадлежащих множеству допустимых действий A . В моделях договорных отношений действием оператора является выбор желаемой величины арендуемых площадей y , которые он хочет арендовать. Стратегией управляющей компании является назначение цены аренды $\delta(y)$ за квадратный метр площади, а также принятие или непринятие предложений оператора по y .

Рассмотрим механизм взаимодействия указанных элементов с позиций из экономических интересов.

Оператор. Выбор действия $d = \{ y \}$ требует от оператора затрат $z = y \cdot \sigma(y)$ и, в то же время, ожидается доход (выручка) от деятельности на арендуемых площадях в количестве $f^*(y)$. Таким образом, целевую функцию оператора можно представить следующим образом:

$$(1) f(\cdot) = f^*(y) - y\sigma(y)_{y, \sigma} \longrightarrow \max.$$

Управляющая компания. Управляющая компания получает доход от сдачи в аренду площадей в количестве $H(y) = y \cdot \sigma(y)$, неся при этом затраты по поддержанию площадей в работоспособном состоянии (эксплуатация, оплата энергоносителей, амортизация, обновление основных фондов финансовые перечисления собственнику имущества и т.д.) в количестве $c(Y)$, где Y – общий объем площадей. Отметим, что в общем случае $y \leq Y$. Функцию затрат Центра $c(Y)$ и дохода $H(y)$ будем считать известными. Таким образом, целевая функция Центра имеет вид

$$(2) \Phi(\cdot) = y \cdot \sigma(y) - c(y)_{y, \sigma} \longrightarrow \max.$$

Рациональное поведение участников взаимодействия заключается в максимизации (выбором собственных стратегий) их целевых функций с учетом всей имеющейся у них информации. Будем считать, что на момент принятия решения (выбора стратегий) участникам взаимодействия известны все целевые функции и все допустимые множества. Пусть рассматривается следующая ситуация. Центр обладает правом первого хода, сообщая оператору выбранную им цену, после чего последний выбирает свое действие (y), максимизирующее его целевую функцию.

Так как значение целевой функции оператора зависит как от его собственной стратегии, так и от системы ценообразования, то в рамках гипотезы рационального поведения оператор будет выбирать действия, которые при заданной системе ценообразования максимизируют его целевую функцию. Понятно, что множество таких действий, называемое множеством реализуемых действий, зависит от используемой центром системы ценообразования. В то же время целевая функция центра зависит от действия, выбранного оператором, и поэтому эффективностью системы ценообразования является значение целевой функции центра на множестве действий оператора, реализуемых данной системой ценообразования. Следовательно, задача ценообразования заключается в том, чтобы выбрать систему, имеющую максимальную эффективность. Приведем формальное описание сказанному выше.

Множество действий оператора, доставляющих максимум его целевой функции, называется множеством решений игры или множеством действий, реализуемых данной системой ценообразования:

$$(3) P(\sigma) = \text{Arg max } \{f^*(y) - y \cdot \sigma(y)\}.$$

Зная, что исполнитель выбирает действия из множества (3), центр должен найти цену, которая максимизировала бы его собственную целевую функцию. Так как множество $P(\sigma)$ обычно содержит более одной точки (на практике это обычно область допустимых σ) необходимо доопределить выбор оператора. Будем считать в дальнейшем выполненной гипотезу благожелательности (ГБ), которая заключается в следующем: если оператор инвариантен между выбором нескольких

действий (например, действий, на которых достигается глобальный максимум его целевой функции), то он выбирает то действие, которое наиболее благоприятно для центра. В этом случае оператор выбирает из множества (3) наиболее благоприятное для центра действие, следовательно, эффективность системы ценообразования $\sigma \in M$ равна

$$(4) K(\sigma) = \max_{y \in P(\sigma)} \Phi(y),$$

Если в силу специфики условий концепция ГБ «не проходит», то следует вместо эффективности (4) использовать гарантированную эффективность

$$(5) K_*(\sigma) = \min_{y \in P(\sigma)} \Phi(y),$$

Прямая задача синтеза оптимальной системы ценообразования заключается в выборе центром допустимых цен, обеспечивающих максимальную эффективность в смысле (4).

Рассмотрим более подробно модель принятия решений с позиций экономических интересов оператора. Предположим, что предлагается заключить договор с центром. Планируется контракт $\{\sigma(y), y^*\}$, в котором оговаривается цена и объем арендуемых площадей. Рассмотрим принципы, которыми могут руководствоваться участники взаимодействия.

Оператор

Первое условие – условие согласованности ценообразования, заключающееся в том, что при участии в контракте, выбор именно действия y^* доставляет максимум его целевой функции. Другими словами, это условие того, что назначаемые цены согласованы с интересом и предпочтениями оператора.

Второе условие – условие участия в контракте, заключающееся в том, что оператор ожидает получить полезность большую, чем он мог бы получить «на стороне».

Центр

Первое условие аналогично вышеизложенному и заключается в том, что назначаемая цена должна обеспечивать максимум целевой функции центра (условие согласования интересов).

Второе условие заключается в том, что центру предпочтительнее заключить контракт с данным оператором, нежели отказаться от него.

Если претендентов на заключение контракта несколько, то центру необходимо учитывать третье условие – наиболее выгодно должно быть заключение контракта именно с данным (а не с каким-либо другим) исполнителем или множеством исполнителей.

Нетрудно видеть, что в рамках введенных предположений при заключении и выполнении условий договора оператору гарантируется как минимум нулевое значение его полезности. Условием неотрицательности полезности оператора является

$$(6) \quad \forall y \in P(\delta), \quad f(y) \geq 0$$

условием индивидуальной рациональности. Следовательно, как минимум, реализуемыми будут такие действия, при выборе которых значения целевой функции оператора будут неотрицательны:

$$(7) \quad P(\delta) = \{y \in A / f^*(y) \geq y \cdot \delta(y)\}.$$

Предположим, что функция дохода центра возрастающая и вогнутая (свойство убывающей предельной эффективности), а функция затрат -выпуклая (предельные затраты увеличиваются с объемом производства). На рис. 2 изображены указанные зависимости (С-условно – постоянные затраты).

С точки зрения центра, допустимое решение, т.е. совокупность цен и арендуемых площадей, должно находиться внутри заштрихованной площади, где обеспечивается ненулевая эффективность.

Таким образом, чтобы оператор реализовывал требуемое действие оптимальная точка должна лежать на границе области компромисса, т.е., с точки зрения центра, цена должна соответствовать ситуации покрытия затрат оператора. Этот важный принцип получил в литературе название «принцип компенсации затрат» [1, 2, 4]. В соответствии с этим принципом, для того чтобы побудить операторов выбирать опре-

деленные действия, центру необходимо вводить мотивирующую добавку $\delta \geq 0$ по цене относительно его затрат.

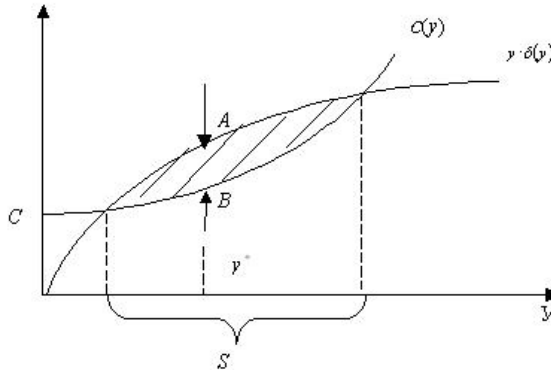


Рис. 2. Область компромисса

Изложенные выше модели и методы организации взаимодействия предусматривали наличие одного Центра и одного оператора. Однако на практике обычно имеет место наличие нескольких операторов. Рассмотрим данную ситуацию.

4.2 Один заказчик – несколько исполнителей

Пусть: $I = \{1, 2, \dots, n\}$ - множество операторов, $y_i \in A_i$ - действие (выбор) $i^{\text{го}}$ оператора по объему арендуемых площадей; $\delta(y)$ -цена аренды со стороны Центра; обстановка игры для $i^{\text{го}}$ оператора - $(y_1, y_2, \dots, y_{i-1}, y_{i+1}, \dots, y_n) \in A_{-i} = \prod_{j \neq i} A_j$ (вектор действий остальных операторов, кроме $i^{\text{го}}$). Исходим из того, что Центр получает доход $H(y)$ от заключения контрактов с операторами. Целевая функция Центра $\Phi(\delta, y)$ представляет разность между доходом $H(y)$ и затратами, связанными с эксплуатацией доверенного ему имущества $c(y)$. Целевая

функция i^{so} оператора определяется разностью между ожидаемым доходом $f_i^*(y_i, \delta_i)$ и затратами $c_i(y_i)$, т.е.

$$(8) \quad f_i = f_i^*(y_i, \delta_i) - c_i(y_i).$$

Отметим, что индивидуальные действия операторов y_i «воспринятые» центром и отраженные в контрактах в общем случае зависят от действий остальных операторов (случай сильно связанных агентов с несепарабельными затратами), поскольку $Y \leq \sum y_i$, где Y – общие производственные площади, которыми располагает Центр.

Относительно параметров ОС введем следующие предположения:

- множество действий каждого оператора совпадает со множеством неотрицательных действительных чисел;

- функции затрат операторов $c_i(y_i)$ непрерывны, неотрицательны и $\forall y_i \in A_i$, $c_i(y_i)$ не убывает по y_i ;

- функция дохода Центра непрерывна по всем переменным и достигает максимума при ненулевых действиях операторов.

Фиксируем произвольный вектор $y^* \in A'$ действий операторов (их спрос по аренде площадей) и рассмотрим следующую систему ценообразования:

$$(9) \quad \delta_i(y^*, y) = \begin{cases} c_i(y_i^*, y_{i-1}) + \delta_i, & y_i = y_i^*, \\ 0, & y_i \neq y_i^*. \end{cases}$$

Содержательно, при использовании системы ценообразования (9) Центр использует следующий принцип декомпозиции: он предлагает i^{ny} оператору – выбирай действие y_i^* (например, оговоренное в договоре количество арендуемых площадей), а я компенсирую тебе затраты, независимо от того какие действия выберут другие операторы. Используя такую стратегию, Центр декомпозирует игру операторов.

Вектор оптимальных реализуемых действий операторов y^* , фигурирующий в качестве параметра в выражении (9), определяется в результате решения следующей задачи оптимально согласованного планирования, а эффективность системы

$$(10) \quad y^* = \arg \max_{y \in A'} \{y \cdot \delta(y) - c(y)\},$$

ценообразования (9) равна следующей величине:

$$(11) \quad K^* = y^* \cdot \delta(y^*) - c(y^*) - \delta.$$

В [5] показано, что в общем виде системы ценообразования, имеющие конструкции, сходные с (9), обладают максимальной эффективностью.

Таким образом, выше были рассмотрены с позиций теории активных систем постановки задач организации экономических отношений владельцев имущества, управляющих компаний и операторов, позволяющих строить механизмы оптимально – согласованного взаимодействия.

Список литературы

1. КОЧНЕВА Т.Б., НОВИКОВ Д.А. *Базовые системы стимулирования*. – М.: Апостроф, 2000. – 108 с.
2. НОВИКОВ Д.Ю. *Стимулирование в организационных системах*. – М.: СИНТЕГ, 2003. – 312 с.
3. ЛЫСАКОВ А.В., НОВИКОВ Д.А. *Договорные отношения в управлении проектами*. – М.: ИПУ РАН, 2004. – 100 с.
4. НОВИКОВ Д.А., ПЕСТРАКОВ С.Н. *Курс теории активных систем*. – М.: СИНТЕГ, 1999. – 108 с.
5. НОВИКОВ Д.А., ЦВЕТКОВ А.В. *Механизмы стимулирования в многоэлементных системах*. – М.: Апостроф, 2000. – 184 с.

5. ВОПРОСЫ ИНВЕСТИЦИОННОГО МЕНЕДЖМЕНТА

Износ основных фондов, характерный для подавляющей массы российских предприятий, предопределяет актуальность задач инвестирования средств на их обновление. Однако в условиях ограниченности ресурсов, очень важным является оценка эффективности решений по выбору параметров инвестиционных проектов. Рассмотрим методы, которые могут быть рекомендованы для решения указанных задач.

Сформирована дискретная модель механизма принятия оптимальных решений по выбору параметров инвестиционного проекта с учетом платежеспособности заемщика. На практике типичной является ситуация, когда инвестиционные проекты осуществляются с привлечением банковского кредита, погашаемого обычно в рассрочку. В связи с этим при обосновании условий предоставления инвестиций необходимо сбалансировать денежные потоки между заемщиком и инвестором. Сформируем балансовые модели финансовых потоков и на этой основе сформулируем задачу принятия решений по выбору параметров инвестиционного проекта. При моделировании задач принятия решений будем считать заданной процентную ставку, а проценты начисляются на непогашенную часть долга. Задание процентной ставки на весь срок кредитования является типичной ситуацией в практике долгосрочного кредитования.

Пусть y – кредит (объем инвестиций), выданный заемщику инвестором на срок T с процентной ставкой α , а $V(t) = f(t)$, $t = 1, \dots, T$ – периодические выплаты заемщика, включающие в себя часть погашаемого долга $R(t)$, $t = 1, \dots, T$, и сумму выплачиваемых за период t процентов $I(t)$, $t = 1, \dots, T$. Таким образом, взятый заемщиком кредит возвращается по частям за T раз платежами величиной

$$(1) V(t) = R(t) + I(t), t=1, \dots, T.$$

При найденном потоке платежей $V(t)$ выплаты на погашение основного долга $R(t)$ определяются из уравнения (1):

$$(2) R(t) = V(t) - I(t), t = 1, \dots, T,$$

$$R(1) = V(1) - y\alpha.$$

Обозначим через $D(t)$ невыплаченную часть долга на начало t -го года, тогда проценты, выплачиваемые за t -й период, равны

$$(3) I(t) = D(t-1)\alpha, t = 1, \dots, T, I(1) = y\alpha, D(0) = y,$$

где $D(t)$ – невыплаченная часть долга на начало t -го периода, определяемого из уравнения

$$(4) D(t) = D(t-1) - R(t), t = 1, \dots, T, D(1) = y - R(1), D(T) = D(T-1) - R(T) = 0.$$

Равенство $D(T) = 0$ в этом уравнении означает, что долг за срок T должен полностью погашаться.

Система уравнений (1 – 4) взаимосвязана и позволяет в совокупности определить в любой момент времени сумму на погашение основного долга, выплату процентов, размер невыплаченного долга, характеризующих состояние кредитного процесса в каждом периоде.

Балансовое уравнение, характеризующее равенство обязательств между инвестором и заемщиком и являющееся основным ограничением при выборе траектории изменения периодических выплат, имеет следующий вид:

$$(5) y = \sum_{i=1}^T V(t) / (1 + \alpha)^t .$$

Последовательность выплат должна быть выбрана такой, чтобы в соответствии с (5) полностью за срок T погасить кредит, а с другой стороны, величина выплат в каждый период не превышала финансовые возможности заемщика [1,2].

Сложность решения такой задачи заключается в том, что величины периодических выплат $V(t)$ для каждого периода свободно выбираются из допустимой области при обязательном выполнении условия (5). Обеспечить выполнение сбалансированности обязательств (5) можно разными способами, поскольку это условие представляет собой уравнение с T неизвестными.

Для обоснования принимаемых решений по выбору платежного потока сформируем модель целевой функции и модель ограничений на параметры финансовых потоков.

В общем случае задача управления долгосрочным инвестиционным проектом состоит в том, чтобы при заданной динамике изменения совокупного дохода заемщика и структуры его обязательств выбрать такие параметры финансовых потоков, как объем, срок, процентная ставка кредита, и такую динамику изменения потока платежей, чтобы обеспечить погашение кредита и получить оптимальное значение целевой функции от его реализации.

Целевой функцией инвестора или заемщика в решении сформулированной задачи может служить величина процентного дохода, получаемого инвестором, или величина расхода на выплату процентов заемщиком за весь срок кредита. Отметим, что процентный доход, получаемый инвестором, и расход на выплату процентов заемщиком отражают их экономические интересы, которые являются прямо противоположными, т.е. то, что получает инвестор, ровно столько же вынужден отдавать заемщик. В связи с этим стратегии, выбираемые инвестором и заемщиком при реализации долгосрочного кредита, будут противоположными.

Процентный доход определим как разность между суммой по периодам всех членов платежного потока и объема кредита из уравнения

$$(6) I_{\Sigma} = \sum_{t=1}^T V(t) - y.$$

Эта разность представляет собой величину расхода на выплату заемщиком процентов и, одновременно, полученного инвестором дохода при реализации долгосрочного кредита. Поэтому заемщик стремится к минимуму этой величины, а инвестор – к максимуму.

Поскольку проценты за каждый период начисляются в зависимости от размера невозвращенной части долга, а сумма начисленных процентов по всем периодам представляет собой величину процентного дохода, то с учетом рекуррентных уравнений (1 – 4) определим процентный доход из следующего соотношения:

$$(7) I_{\Sigma} = \sum_{t=1}^T I(t) = \sum_{t=1}^T D(t-1)\alpha, I(1) = y\alpha, D(0) = y.$$

Процентный доход, как следует из (7), зависит от объема, срока, процентной ставки и траектории изменения невыплаченной части долга $D(t)$, которая, в свою очередь, определяется траекторией изменения периодических выплат заемщиком $V(t)$.

В связи с этим возникает необходимость в определении такой траектории изменения периодических платежей заемщиком, которая обеспечивает максимальную величину суммы выплачиваемых процентов за срок кредита. Для определения траектории изменения потока периоди-

ческих платежей необходимо выбрать срок погашения кредита и уровень процентной ставки.

Сформируем ограничения на такие управляющие параметры инвестиционного проекта, как размер периодических выплат $V(t)$, $t = 1, \dots, T$; срок T и объем кредита y . Параметры платежного потока $V(t)$ определяются в соответствии с балансовым уравнением (5).

При установленном объеме кредита y и его сроке T достичь сбалансированности между дисконтированной суммой платежного потока $V(t)$ и величиной кредита можно выбором различий динамики изменения платежного потока. При этом выбранной динамике платежного потока соответствует определенное значение операционного дохода.

Для обеспечения возвратности кредита необходимо, чтобы выплаты заемщика в каждом периоде не превышали его финансовых возможностей и удовлетворяли следующему неравенству:

$$(8) 0 \leq V(t) \leq \gamma D(t), t = 1, \dots, T.$$

где $D(t)$ – доход заемщика в t -й период, учитывающий структуру его обязательств; γ – коэффициент, характеризующий долю дохода, направляемую на выплаты по кредиту.

Выполнение неравенства (8) позволяет обеспечить возвратность кредита и снизить кредитный риск при реализации долгосрочного кредита.

Объем кредита должен удовлетворять следующему неравенству:

$$(9) y \leq KC,$$

где K – коэффициент кредитной задолженности, характеризующий долю покупаемой собственности, взятой заемщиком в кредит;

C – стоимость приобретаемого имущества заемщиком.

Срок долгосрочного кредита, как правило, выбирается не более максимально возможного, установленного инвестором. Кроме того, балансовое соотношение (5) позволяет находить неизвестные параметры инвестиционного проекта по известным. Так, если платежные потоки, объем кредита и процентная ставка выбраны, то равенство (5) позволяет определить срок кредита T , обеспечивающий погашение кредита. Таким образом, срок кредита должен удовлетворять неравенству

$$(10) T \leq \min (T_{\delta} T_{max}),$$

где T_{δ} – срок кредита, определяемый из балансового уравнения (5);

T_{max} – максимально возможный срок, установленный инвестором.

В совокупности уравнение (5) и неравенства (8 – 10) образуют допустимое множество принимаемых решений по выбору объема, срока кредита и платежного потока. Эта совокупность соотношений является моделью ограничений с учетом платежеспособности заемщика.

С учетом (1 – 4), (7 - 10) математическая модель задачи выбора механизма управления долгосрочным инвестиционным проектом с позиции интересов инвестора представим в следующем виде:

$$(11) I_{\Sigma} = \sum_{t=1}^T I(t) = \sum_{t=1}^T D(t-1)\alpha \rightarrow \max(\min),$$

$$I(t) = D(t-1)\alpha, D(t) = D(t-1)\alpha - R(t), R(t) = V(t) - I(t), 0 \leq V(t) \leq \gamma D(t),$$

$$t = 1, \dots, T, I(1) = y\alpha, D(0) = y, D(1) = y - R(1), D(T) = D(T-1) - R(T) = 0, y \leq KЦ,$$

$$T \leq \min(T_{\delta}, T_{max}), \sum_{t=1}^T V(t) / (1 + \alpha)^t.$$

Управляющими параметрами в этой модели являются объем y , срок T кредита и выбираемая в каждом периоде сумма выплат $V(t)$, $t = 1, \dots, T$. Исходными параметрами являются: уровень процентной ставки α ; доход, получаемый заемщиком в каждом периоде $D(t)$, $t=1, \dots, T$; коэффициент γ ; условия (правила) погашения кредита и выплаты процентов.

В результате решения задачи (11), при заданных исходных данных, определяются следующие значения неизвестных параметров: объем y и срок T кредита; величина выплат в каждом периоде $V(t)$, $t = 1, \dots, T$; проценты по кредиту $I(t)$, $t=1, \dots, T$; сумма остаточной задолженности $D(t)$, $t = 1, \dots, T$, характеризующие состояние инвестиционного проекта в каждом периоде.

В зависимости от того, инвестору или заемщику принадлежит право выбора условий погашения кредита, задача (11) решается или на максимум, или на минимум.

Особенность решения задачи (11) заключается в наличии большого количества неизвестных переменных, число которых зависит от срока кредита T . Так, если кредит выдан на срок $T = 5$ лет, с ежемесячными платежами на его погашение, то количество периодов равно $12T = 60$.

Это означает, что задача выбора параметров платежных потоков представляет собой задачу как минимум с 60-ю неизвестными.

На практике типичной является ситуация, когда доход заемщика $D(t)$, и платежный поток $V(t)$ задаются постоянными в течение срока кредита T , т.е.

$$V(t) = V = \text{const}, D(t) = D = \text{const}.$$

Балансовое уравнение (5) в этой ситуации принимает вид

$$y = a(T, \alpha) V, \text{ где } a(T, \alpha) = \sum_{t=1}^T 1 / (1 + \alpha)^t - \text{коэффициент приведе-}$$

ния единичного потока платежей;

Количество управляющих параметров становится равным трем (y, T, V).

Выбор параметров из допустимой области в совокупности с рекуррентными уравнениями (1 - 4) позволяет осуществить процесс погашения долгосрочного кредита с постоянными выплатами наиболее просто.

Таким образом, задавая функциональный закон изменения платежного потока $V(t) = f(t)$, где $f(t)$ – заданная функция, можно резко сократить количество неизвестных и на этой основе задачу выбора управляющих переменных инвестиционного проекта реализовать практически простыми методами.

Оптимальное значение процентного дохода в результате решения задачи (11) на максимум или минимум обеспечивается кусочно-постоянной траекторией платежного потока.

Проведем оценку эффективности по величине процентного дохода при реализации кусочно-постоянной траектории платежного потока. Для этого предположим, что доход заемщика является постоянным за срок кредита T и равен D , а величина постоянных периодических выплат V_0 не превышает части дохода γD , т.е. выполняется неравенство (12) $V_0 < \gamma D$.

Пусть кусочно-постоянная траектория платежного потока описывается уравнением

$$(13) \quad V(t) = \begin{cases} \gamma D, & \text{если } D(t-1) - R(t) \geq 0, \\ & t = 1, \dots, k-1 \\ D(k-1) / a(T-(k-1)\alpha), & \text{если} \\ & D(t-1) - R(t) < 0, t = k, \dots, T, \end{cases}$$

где $D(k-1)$ – невыплаченная часть долга на начало $(k-1)$ -го периода;

$$a(T-k, \alpha) = \sum_{t=k-1}^T \frac{1}{(1+\alpha)^t} - \text{коэффициент приведения единично-}$$

го потока к $(k-1)$ -му периоду.

Из этого уравнения следует, что на временном отрезке от 1 до $(k-1)$ -го периодические выплаты постоянны и равны

$V_0 < \gamma D$, $t = 1, \dots, k-1$, а начиная с k -го периода до конца срок T , выплаты равны $V(t) = D(k-1)/a(T-(k-1), \alpha)$, $t = k, \dots, T$.

Выбор в качестве траектории кусочно-постоянной функции позволяет в первые периоды погасить большую часть долга, а оставшуюся часть долга погасить более низкими величинами периодических выплат или в k -й период досрочно погасить кредит. Реализация такой стратегии позволяет обеспечить погашение кредита и минимизировать значение процентного дохода.

Рассмотрим числовой пример погашения кредита с кусочно-постоянным платежным потоком, объемом $y = 240 \cdot 10^3$ рубля, сроком $T = 5$ лет, процентной ставкой $\alpha = 15\%$. Пусть ежегодный доход заемщика равен $D = 273 \cdot 10^3$ рубля, а доля дохода на погашение кредита $\gamma = 0,4$. Тогда величина части дохода, которая может быть направлена на погашение кредита, составляет $\gamma D = 0,4 \cdot 273 \cdot 10^3 = 109,2 \cdot 10^3$ рубля. Для формирования кусочно-постоянной траектории необходимо определить в соответствии с (13) номер периода, в котором происходит переключение на меньшие по величине выплаты. В этом периоде остаточный долг становится неположительной величиной, т.е

$$(14) D(k) = D(k-1) - R(k) \leq 0.$$

В этом неравенстве остаток долга $D(k-1)$ можно определить из уравнения

$$(15) D(k-1) = y - R(1) S(k-1, \alpha) = y - R(1) \left(\frac{(1+i)^{k-1} - 1}{i} \right),$$

где $R(1) = V - y\alpha = \gamma D - y\alpha$ – расходы на погашение в первом периоде.

Расходы на погашение основного долга в k -м периоде $R(k)$ определяются при известной величине расхода в 1-м периоде из соотношения

$$(16) R(k) = R(1) (1 + \alpha)^k, R(k) = R(1) \left(\frac{(1+i)^k - 1}{i} \right).$$

Подставляя (16) и (15) в (14), получим
 $(1 + \alpha)^{k-1} \leq (28D - y\alpha) / (yD - y\alpha) (2 + \alpha).$

Из этого неравенства находим, что

$$(17) K \leq \frac{\ln[(2yD - y\alpha) / (yD - y\alpha)(2 + \alpha)]}{\ln(1 + \alpha)} + 1.$$

Подставляя в это уравнение исходные данные, получим, что номер периода, в котором следует переходить на меньшие величины, удовлетворяет неравенству

$$K \leq \frac{\ln[(2 \cdot 109,2 - 36) / (109,2 - 36)2,15]}{\ln 1,15} + 1 = 2.$$

Полученный результат означает, что после второго года остаток долга $D(2)$ становится меньше расхода на погашение основного долга $R(3)$. В связи с этим заемщик выплачивает величину остаточного долга $D(2)$, если $D(2) < yD$, либо продолжает гасить кредит меньшими постоянными выплатами, равными $D(2)/a$ (3,15).

В таблице 1 представлен план погашения кредита с кусочно-постоянным платежным потоком.

В первой строке таблицы 1 представлен кусочно-постоянный платежный поток: первые два года ежегодные выплаты составляют $109,2 \cdot 10^3$ рубля, а с 3-го года – $36,19 \cdot 10^3$ рубля. На втором году остаток долга меньше ежегодных выплат ($82,62 \cdot 10^3 < 109,2 \cdot 10^3$) и заемщик мог бы погасить кредит досрочно на 3-м году, но он принял решение не изменять срок кредита. Величина выплат после второго года определяется в соответствии с уравнением

$$V(3) = D(2)/a(3,15) = 82,62 \cdot 10^3 / 2,83 = 36,19 \cdot 10^3 \text{ рублей.}$$

Таблица 1. План погашения кредита с кусочно-постоянными выплатами
 ($P = 240 \cdot 10^3$ рублей, $T = 5$ лет, $\alpha = 15\%$, $uD = 109,2 \cdot 10^3$ рублей)

Конец года t	1	2	3	4	5	Итого
Выплаты по кредиту $V(t) \cdot 10^3$	109,2	109,2	36,19	36,19	36,19	$V_{\Sigma} = \sum_{t=1}^5 V(t) = 326,95$
Выплата процентов $I(t) \cdot 10^3$	36	25,02	12,39	8,82	4,72	$I_{\Sigma} = \sum_{t=1}^5 I(t) = 86,95$
Выплаты на погашение долга $R(t) \cdot 10^3$	73,2	84,18	23,8	27,37	31,45	$R_{\Sigma} = \sum_{t=1}^5 R(t) = 240$
Остаток долга $D(t) \cdot 10^3$	166,8	82,62	58,82	31,45	0	

Процентный доход при реализации кусочно-постоянной траектории платежного потока составляет $I_{\Sigma} = 86,95 \cdot 10^3$ рубля.

Таким образом, реализация кусочно-постоянной траектории с уменьшением выплат, описываемая уравнением (13) позволяет обеспечить погашение кредита в заданный срок и получить минимум расходов на выплату процентов. Такая стратегия выбора платежного потока является выгодной для заемщика, но невыгодной инвестору, поскольку он теряет часть своего дохода.

Таким образом, варьируя только траекторией платежного потока, можно, с одной стороны, адаптироваться к финансовым возможностям заемщика, а с другой стороны, существенно влиять на эффективность реализации долгосрочного кредита с позиции экономических интересов как заемщика, так и инвестора. Следует отметить, что каждая выбран-

ная из допустимого множества траектория платежного потока имеет достоинства для одних категорий заемщиков и обладает недостатками для других. Так, если заемщик с малым доходом прогнозирует увеличение его в будущем, то для него наилучшим является кредит с возрастающими платежами и, наоборот, если заемщик прогнозирует уменьшение в будущем своего дохода.

Таким образом, выбором траектории платежного потока при заданном объеме, сроке, процентной ставке кредита можно согласовать экономические интересы между инвестором и заемщиком. При этом обеспечивается для инвестора прибыльность и возвратность кредита, а для заемщика его доступность и выгодность по величине расходов.

Список литературы

1. МЕЛКУМОВ Я.С. Теоретическое и практическое пособие по финансовым вычислениям. - М.: ИНФРА-М, 1996. - 336 с.
2. ЧЕТЫРКИН Е.М. Методы финансовых и коммерческих расчетов. - М.: Дело, 1995. - 320 с.

СОДЕРЖАНИЕ

1. БАЗОВЫЕ МОДЕЛИ И МЕХАНИЗМЫ ТЕОРИИ АКТИВНЫХ СИСТЕМ	5
1.1 <i>Описание модели</i>	6
1.2 <i>Теоретические результаты</i>	9
1.3 <i>Пример содержательной задачи</i>	11
1.4 <i>Выводы и перспективы</i>	16
<i>Список литературы</i>	17
2. МОДЕЛИ И МЕТОДЫ МАТЕРИАЛЬНОГО СТИМУЛИРОВАНИЯ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМ	19
2.1 <i>Критический анализ действующей системы материального стимулирования рабочих прессового производства ОАО «АВТОВАЗ»</i>	19
2.2 <i>Формализация действующей многопараметрической системы материального стимулирования рабочих прессового производства ОАО «АВТОВАЗ»</i>	21
2.3 <i>Постановка многопараметрической задачи материального стимулирования рабочих прессового производства ОАО «АВТОВАЗ»</i>	24
2.4 <i>Численное решение многопараметрической задачи материального стимулирования</i>	30
<i>Список литературы</i>	37
3. ВОПРОСЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО МЕНЕДЖМЕНТА	38
<i>Список литературы</i>	49

4. МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ОРГАНИЗАЦИИ МЕХАНИЗМОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ СФЕРЫ УСЛУГ	51
4.1 <i>Область компромисса: базовая модель.....</i>	54
4.2 <i>Один заказчик- несколько исполнителей.....</i>	59
<i>Список литературы</i>	61
5. ВОПРОСЫ ИНВЕСТИЦИОННОГО МЕНЕДЖМЕНТА....	62
<i>Список литературы</i>	71

Учебное издание

**МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ
ОРГАНИЗАЦИОННЫМИ СИСТЕМАМИ**

Научно-методические материалы

Составители: *Засканов Виктор Гаврилович*
Иванов Дмитрий Юрьевич

ТЕХНИЧЕСКИЙ РЕДАКТОР В. Д. Е Л Е Н Е В

Редакторская обработка Н. Н. Т е л е п о в а

Корректорская обработка А. А. Г н у т о в а

Доверстка Н. Н. Т е л е п о в а, А. А. Г н у т о в а

Подписано в печать 21.12.06. Формат 60x84 1/16.

Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 3,74. Усл. кр.-отт. 3,86. Печ.л. 4,5.

Тираж 50 экз. Заказ . ИП-48/2006

Самарский государственный
аэрокосмический университет.

443086 Самара, Московское шоссе, 34.

Изд-во Самарского государственного
аэрокосмического университета.

443086 Самара, Московское шоссе, 34.