

УДК 51.330.115

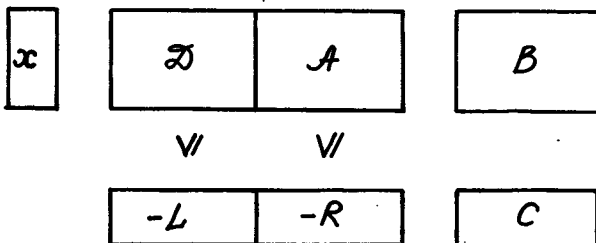
АНАЛИЗ СИСТЕМЫ СТИМУЛИРОВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ
МАШИННОЙ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

В.М.Кауров, С.Б.Перминов

В статье рассматриваются вопросы машинной реализации модели процесса согласования интересов работников предприятия и организации на ее основе экспериментального исследования конкретных систем материального поощрения. Подробное описание модели можно найти в [1-3], поэтому здесь ограничимся краткой формулировкой конкретного варианта процесса согласования интересов, положенного в основу машинной модели.

Процесс выполнения плана складывается из многих операций принятия текущих (повседневных) решений в связи с распределением материальных и трудовых ресурсов между различными производственными способами (рабочими местами, видами работ и т.д.). Каждое из этих решений принимается некоторым субъектом (например, мастером участка) в условиях неполной информации и без непосредственного решения какой-либо экстремальной задачи. Алгоритм распределения в значительной мере основан на так называемом принципе приоритета [1,2]. Считается, что субъект распределяет ресурсы R между ν способами по некоторому приоритету S , представляющему собой последовательность $\{s_1, s_2, \dots, s_\nu\}$ номеров способов в порядке убывания предпочтительности. Способ s_1 применяется в наибольшем объеме в рамках имеющихся ресурсов, затем применяется способ s_2 в рамках оставшихся ресурсов и т.д.

Технология производства задана матрицами D, A, B :



Компоненты производственного способа (строки матриц $\mathcal{D}, \mathcal{A}, B$, означают объемы затрат труда, т.е. времени работников (d_{is}), материальных ресурсов и рабочего времени оборудования (a_{is}) и выполнения плановых заданий (b_{is}) при единичной интенсивности способа.

Обозначим через x (S, L, R) объемы применения способов при приоритете S и объемах L, R ресурсов.

Распределение ресурсов производится многократно в процессе выполнения заданий C , причем от одного периода t к другому приоритеты S меняются. В самом деле, субъект, действуя в условиях неполной информации, допускает отклонения от плана. Поэтому приоритет корректируется для устранения возникающих "узких мест".

В формировании приоритета большую роль играют также интересы работников. Если условия труда неудовлетворительны, возрастает текучесть кадров, что в конечном счете приводит к невыполнению плана. В этом смысле распределение труда между производственными способами принципиально отличается от распределения, скажем, материальных ресурсов. Поэтому мастер участка при принятии решений соизмеряет производственную эффективность того или иного направления приложения труда и его выгодность для работника.

Процесс принятия текущих решений носит вероятностный характер. Это означает, что возможно временное, случайное ущемление чьих-то интересов, но статистическая закономерность заключается в поддержании компромисса.

Приоритет S представляет собой случайную реализацию ве

роятностного предпочтения \mathcal{P} на множестве способов и формируется как выборка без возвращений из совокупности номеров $\{1, 2, \dots, r\}$ с вероятностями выбора $\mathcal{P}[i]$. Таким образом, \mathcal{P}_s есть вероятность того, что способ s окажется самым приоритетным.

Обучение субъекта, поиск компромисса заключается в корректировке предпочтения \mathcal{P} , т.е. повышении вероятности выбора способов, применение которых способствует максимальному и равномерному выполнению заданий и учету интересов работников.

Интересы работников связаны с распределением их рабочего времени $g(x)$ и уровнем заработка $w(x)$

$$g(x) = \|g_{zk}(x)\|, \quad g_{zk}(x) = \alpha_{zk} x_s.$$

Здесь x - вектор объемов применения способов.

Зарботок $w_k(x)$ работника k зависит от распределения его рабочего времени $g_k(x) = (g_{1k}(x), \dots, g_{rk}(x))$ и соотношения плана C и фактических результатов x в его выполнении. Предполагается, что работник в состоянии оценить уровень удовлетворенности условиями труда для любого производственного решения x и указать выгодность различных направлений изменения этого решения. Ввиду ограниченности вычислительных возможностей работник может сопоставить лишь малое число вариантов решений. Действуя в условиях неполной информации, работник не имеет возможности оценить все варианты использования своего труда, поэтому его оценка носит локальный характер. Обозначим через $x^{(s)}(x) = (x_1, \dots, x_s + \epsilon, \dots, x_r)$ решение, в котором объем применения способа s увеличен на малое ϵ , а через $U(x)$ - уровень удовлетворенности условиями труда для конкретного решения x . Тогда

$$e_k^{(s)}(x) = U(x^{(s)}(x)) - U(x)$$

представляет собой оценку выгоды для работника k принятия решения $x^{(s)}(x)$ вместо решения x . Эти оценки (стратегии работников как участников процесса согласования интересов) учитываются при принятии текущих решений.

Определены также число T единичных периодов времени (операций принятия текущих решений) и начальное вероятностное предпочтение \mathcal{P}^* .

Теперь мы можем определить формально процесс согласования интересов.

Обозначим через x^t объемы применения способов в период t ,

$$\bar{x}^t = \sum_{\tau=1}^t x^\tau (T/\tau)$$

- ожидаемые объемы за весь период функционирования, $\bar{\sigma}^t = \bar{x}^t B$ - ожидаемые уровни выполнения плана. Промежуточные итоги \bar{x}^t и $\bar{\sigma}^t$ подводятся в периоды t , кратные β (в конце смены, дня и т.д.). Тогда же производится корректировка вероятностных предпочтений.

В каждый период t принимается текущее решение

$$x^t = x(S(x^t), R^t, L^t),$$

где

$$R_i^t = R_i^{t-1} - \sum_j a_{ij} x_j^{t-1} + R/T,$$

$$R^t = R/T, \quad L^t = L/T.$$

В периоды, кратные β , корректируется вероятностное предпочтение \mathcal{K}^t :

$$\mathcal{K}_s^{t+1} = \mathcal{K}_s^t \alpha_s^t / \sum_k \mathcal{K}_k^t \alpha_k^t,$$

где

$$\alpha_s^t = \sum_i b_{is} (C_i / \bar{\sigma}_i^t) / \sum_i b_{is} + \sum_k \gamma_k e_k^{(d)}(\bar{x}^t),$$

$$s = 1, 2, \dots, \gamma.$$

Здесь γ_k - некоторые неотрицательные коэффициенты, отражающие степень учета интересов различных работников.

В соответствии с этими соотношениями увеличивается вероятность выбора способов, более выгодных для работников и обеспечивающих более равномерное выполнение заданий.

Многочисленные экспериментальные расчеты показали, что описанный процесс приводит к установлению некоторого компромисса интересов. Состояние компромисса интересов носит характер "неподвижной точки", т.е., начиная с некоторого периода времени, вероятностное предпочтение не меняется. Это означает, что ни один из участников процесса не может добиться дальнейшего прироста своей целевой функции (скорректировать предпочтение \mathcal{K} в выгодном для себя направлении), поскольку это встречает противодействие других участников в силу ущемления их интересов.

Поскольку каждый участник принимает решения в условиях неполной информации, состояние компромисса может не лежать на границе Парето множества допустимых текущих решений. Соответствующий пример можно найти в [3].

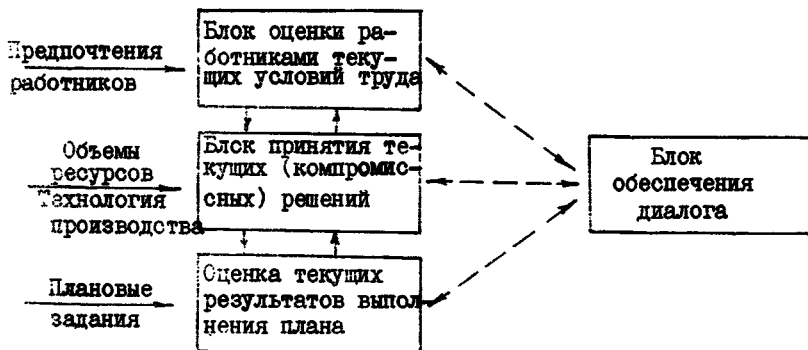
Принципы машинной реализации

Сформулированная выше модель предназначена не для автоматического поиска наилучшего варианта системы стимулирования, а для сравнения предварительно отобранных и осмысленных вариантов по конечным результатам функционирования предприятия, т.е. по

- уровню выполнения плана (объему выпуска продукции, затрат ресурсов и т.д.),
- уровню заработка работников и суммарному фонду оплаты труда,
- распределению фонда рабочего времени между производственными способами.

Комплексная оценка эффективности формируется экспертным путем на основе перечисленных показателей с учетом установленных вышестоящей организацией ограничений по фонду оплаты и допустимых уровнях удовлетворенности работников условиями их труда.

Модель реализована на ЕС ЭВМ в виде комплекса программ на Фортране. Ввод и обновление исходной информации, варьирование параметров системы поощрения, выдача результатов эксперимента в виде таблиц и графиков осуществляются в режиме диалога. Структура комплекса машинных программ такова:



Входными для модели являются следующие массивы:

1. Матрицы D, A, B производственных способов.
2. Векторы R, L объемов материальных и трудовых ресурсов, основных фондов.
3. Вектор C плановых заданий.
4. Матрица $W(z, k)$, определяющая механизм формирования основного заработка. Элемент w_{zk} представляет собой основной заработок работника k при единичном объеме применения производственного способа z . Основной заработок работников для итоговых объемов x применения способов, таким образом, есть xW .
5. Матрица $Q(z, k)$, характеризующая степень непривлекательности (интенсивности, тяжести) труда для работников по различным производственным способам. Эта матрица используется в определении уровня удовлетворенности работников условиями труда.
6. Вектор $P = (P_1, \dots, P_m)$, определяющий размер премии для всего коллектива за 1% перевыполнения каждого планового задания.
7. Вектор $\lambda = (\lambda_1, \dots, \lambda_k)$, фиксирующий доли в распределении премиального фонда между работниками.

Уровни w_k заработка работника k для конкретного x определяются следующим образом^{*}):

$$w_k = \sum_{z=1}^z w_{zk} x_z + \lambda_k \sum_{i=1}^m P_i \max(0; (\sum_{i=1}^z b_{iz} x_z / C_i - 1) \cdot 100\%).$$

Уровни удовлетворенности условиями труда могут оцениваться либо в режиме диалога экспертным путем, либо с помощью функции полезности следующего вида:

$$U_k(w_k, x) = \alpha_{1k} w_k^{\alpha_{2k}} (\alpha_{3k} - \sum_{s=1}^z Q_{sk} x_s)^{\alpha_{4k}},$$

где $\alpha_{1k}, \dots, \alpha_{4k}$ - заданные параметры. Согласно этой формуле, уровень удовлетворенности может быть повышен как за счет увеличения заработка, так и снижения интенсивности, тяжести

^{*}) Формализация иного принципа распределения премий требует незначительной корректировки машинных программ.

труда и т.д.

Некоторые параметры модели (начальное вероятностное предпочтение \mathcal{P}^1 , число T операций принятия текущих решений и т. д.) не могут быть непосредственно идентифицированы в результате наблюдений за реальным объектом и оцениваются косвенным путем в сопоставлении результатов расчетов по модели с реальными статистическими данными.

В сформулированной выше модели аналитическое представление предпочтений работников в виде некоторой функции U не является необходимым. Предпочтения проявляются лишь в сопоставлении конечного числа вариантов производственного процесса и в выборе наилучшего варианта. Режим диалога предусматривает возможность оценки вариантов экспертным путем. Тогда на печать выданы альтернативные варианты распределения рабочего времени и соответствующие им уровни заработка, а экспертом вводится номер наиболее предпочтительного варианта.

Комплекс машинных программ имеет модульную структуру, что делает возможным подключение его к системе моделей процесса составления и выполнения плана, включающей совокупность взаимосвязанных предприятий [1].

Экспериментальные расчеты

Промолюстрируем основные свойства модели на следующем простом примере. Имеется два работника, выпускается два продукта. Технология производства задана четырьмя способами:

I	0
0	I
I	0
0	I

I	0
0	I
2	0
0	2

8	8
---	---

13	13
----	----

Фонд рабочего времени каждого работника равен 8 часам. Работник может распределять свое время между двумя способами, отличающимися затратами труда на единицу продукции. Плановые задания по каждому из двух продуктов равны 13 единицам. Каждый работник в соответствии со сделанной системой оплаты труда

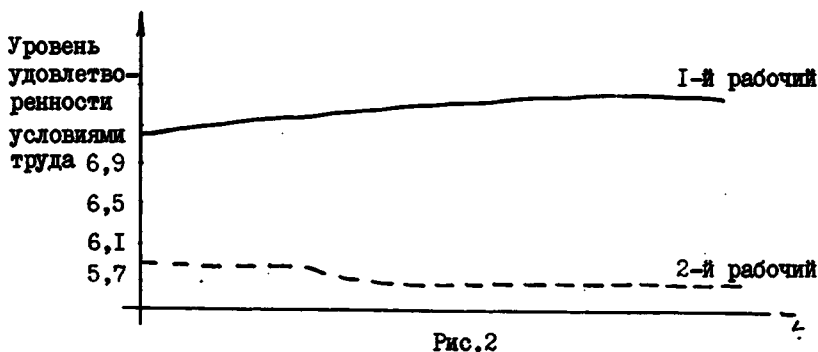
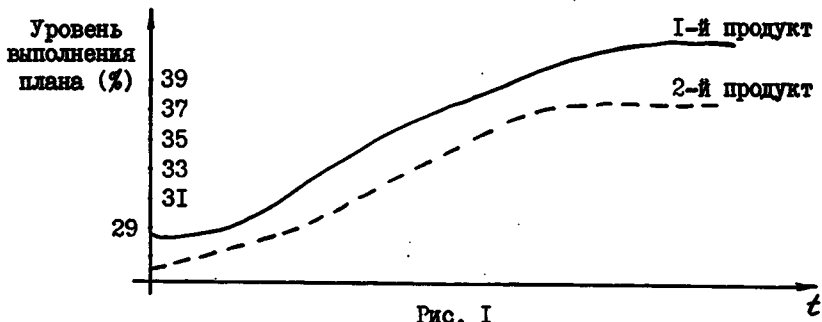
получает 0,5 рублей за единицу продукции. Уровень удовлетворенности первого работника условиями труда оценивается следующей функцией:

$$U_1(x) = w_1^{0,5} (10 - x_3)^{0,5},$$

где w_1 - его заработок, а x_3 - интенсивность непривлекательного для него третьего способа. Аналогично,

$$U_2(x) = w_2^{0,5} (14 - x_4)^{0,5}.$$

Были проведены три серии экспериментов. В первой серии были исследованы асимптотические свойства процесса установления компромисса интересов. Расчеты показали, что при любых начальных данных компромисс интересов достигается. Состояние компромисса устойчиво в том смысле, что ни один из участников не может улучшить свое положение, действуя в соответствии с описанным выше алгоритмом. Динамика процесса представлена на рис. 1 и 2.



Кроме того, проведенные эксперименты дают основание считать, что состояние глобально устойчиво, т.е. не зависит от начального вероятностного предпочтения α^1 .

Во второй серии экспериментов исследована зависимость от основных параметров эксперимента - коэффициентов δ_k , отражающих степень учета интересов работников в текущих решениях, и расценок W за единицу выпускаемой продукции. Предположим, что $\delta_1 = \delta_2 = \delta$, а $W = 0,45$, тогда уровень выполнения заданий (в плановой структуре) и уровни u_1 и u_2 удовлетворенности условиями труда зависят от δ следующим образом (сплошная линия на рис. 3 и рисунок 4). Допустимые уровни удовлетворенности условиями труда составляют для работников соответственно 6,4 и 7,4 единиц.

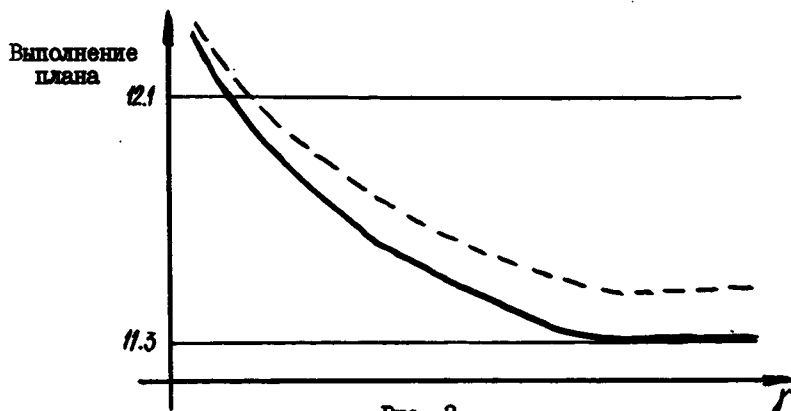


Рис. 3

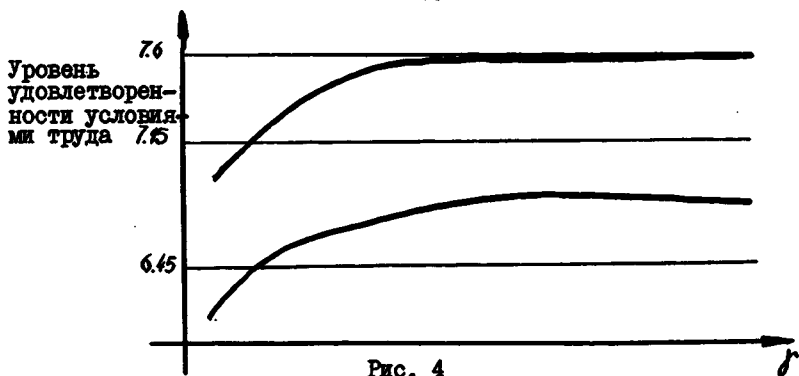


Рис. 4

Из рис. 3 видно, что при данной системе оплаты уменьшение δ ниже 0,3, хотя и приводит к увеличению выпуска, неприемлемо для работников и может привести к росту текучести. Это говорит, в частности, о том, что "административные" методы воздействия на работников в этой ситуации исчерпаны и дальнейшее увеличение выпуска требует увеличения заработка работников. Если увеличим расценки за единицу выпуска продукции до 0,5, то план может быть выполнен на 90,92% вместо 90,42% при $W = 0,45$ (см. пунктирную линию на рис. 3).

Практика требует от хозяйственных руководителей умелого сочетания "административных" методов воздействия на работников и экономических рычагов, т.е. материального поощрения. При этом особенно важно количественно соизмерить производственную эффективность дополнительного трудового вклада работников и необходимые для этого затраты ограниченного фонда оплаты труда.

Рассматриваемая модель может, на наш взгляд, быть использована для оценки эффективности различных вариантов распределения фонда оплаты труда между работниками. Эта оценка производится в несколько шагов, на каждом из которых осуществляется в режиме диалога изменение коэффициентов δ_1 и δ_2 , учета интересов работников и параметров W_1, W_2 системы оплаты труда. Опишем на примере один из возможных вариантов методики работы с моделью.

Пусть опять минимальные уровни полезности работников будут равны 6,4 и 7,4, а фонд оплаты труда - 12,6 руб. Результаты экспериментов отразим в следующей таблице:

№ шага	Параметры									
	δ_1	δ_2	W_1	W_2	U_1	U_2	w_1	w_2	w	$\bar{F}(\%)$
0	I	I	0,5	0,5	6,10I	7,74I	5,78I	6,033	11,814	88,723
1	I	0,2	0,55	0,5	6,469	7,739	6,59I	6,05I	12,642	89,653
2	I	0,2	0,55	0,47	6,478	7,498	6,565	5,725	12,290	89,292
3	0,05	0,03	0,55	0,47	6,388	7,479	6,798	5,832	12,630	92,284
4	0,05	0,03	0,552	0,467	6,418	7,405	6,80I	5,753	12,584	92,015

Из таблицы видно, что на нулевом шаге уровень удовлетворенности условиями труда (УУТ) первого работника ниже допустимого на 0,299, а второго — выше на 0,341.

Стремясь предотвратить возможное увольнение первого работника и более полно использовать труд второго, увеличим W_1 до 0,55, т.е. "дадим возможность заработать" первому работнику, а W_2 снизим до 0,2, т.е. второму работнику будем чаще давать невыгодную для него работу. Результаты первого шага приемлемы со всех точек зрения, кроме ограничения по суммарному фонду оплаты, так как суммарный заработок работников W больше 12,6 на 0,042 единицы.

На втором шаге попытаемся ликвидировать перерасход фонда оплаты. Из таблицы видно, что УУТ второго работника значительно превышает минимально допустимый. Следовательно, есть возможность уменьшить W_2 до 0,47. В результате этого шага ограничение по фонду оплаты труда выполняется. При этом обнаруживается, что можно увеличить выпуск продукции, не меняя систему оплаты труда, а применяя лишь "административные" методы воздействия.

На третьем шаге уменьшим W_1 до 0,05, а W_2 — до 0,03. Получим, что фонд оплаты труда снова превышен, но незначительно. УУТ первого работника немного ниже допустимого. Уровень выполнения плана возрос на 3%.

На четвертом шаге ликвидируем перерасход фонда оплаты и "подтянем" УУТ первого работника, немного скорректировав систему оплаты.

Дальнейшее изменение системы оплаты, по-видимому, не эффективно, так как достигнут максимальный уровень выпуска продукции в рамках ограничений по фонду оплаты и УУТ работников.

Рассмотрим в заключение еще два направления применения модели.

Если зафиксировать сложившуюся систему оплаты, можно получить оценку реально достижимого уровня выполнения заданного плана, т.е. сформулировать множество производственных возможностей предприятия с учетом интересов его работников.

Модель устанавливает количественную взаимосвязь между приростами заработка работников и производительностью их труда. Уменьшая численность работников (компоненты вектора L), можно определить ту "грань", до которой высвобождение трудовых

ресурсов будет компенсироваться (в рамках фиксированного фонда оплаты) приростом производительности оставшихся работников. Это дает возможность оценить необходимую для выполнения плана численность работников предприятия и исследовать пути ее абсолютного или относительного сокращения (Щекинский эксперимент).

ЛИТЕРАТУРА

1. ПЕРМИНОВ С.Б. Моделирование процесса выполнения плана. - В кн.: Оптимизация. Новосибирск, 1979, вып. 20(37), с.60-79.
2. МАКАРОВ В.Л., ПЕРМИНОВ С.Б. О некоторых аспектах моделирования процесса выполнения плана. - Экономика и мат.методы, 1978, т.14, вып.2, с.235-247.
3. ПЕРМИНОВ С.Б. Материальное стимулирование и согласование интересов работников предприятия. - Известия СО АН СССР, 1979. Сер. обществ. наук, вып.2.

Поступила в ред.-изд. отдел
1.П.1979 г.