



# ПРИКЛАДНАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ МАТЕРИАЛЬНОГО СТИМУЛИРОВАНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ПРЕДПРИЯТИЯ СПЕЦИАЛЬНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ)

Д.Ю. Иванов

Рассмотрен подход к экономико-математическому моделированию систем материального стимулирования работников предприятий специального машиностроения. Разработана система материального стимулирования в условиях интенсификации производства. Определена область согласования экономических интересов руководства и исполнителей. Предложен алгоритм синтеза системы материального стимулирования.

**Ключевые слова:** материальное стимулирование, согласование интересов, экономико-математическая модель.

## ВВЕДЕНИЕ

Одна из особенностей предприятий специального машиностроения состоит в наличии моноказчика на их продукцию. Данное обстоятельство существенно ограничивает возможности предприятия на внешнем уровне (ценообразование, спрос на продукцию и пр.). Поэтому основные пути повышения эффективности его функционирования заключаются в совершенствовании методов внутрифирменного управления, снижении себестоимости, повышении качества продукции и производительности труда. Отметим, что одним из основных способов экономического управления на внутрипроизводственном уровне — материальное стимулирование. Правильная постановка и решение задач трудовой мотивации коллективов и отдельных работников во многом определяют экономическую эффективность любого машиностроительного предприятия. Данные задачи могут быть решены лишь с помощью современного теоретического аппарата, адекватно описывающего производственные и социальные реалии [1, 2].

Анализ состояния предприятий специального машиностроения России на современном этапе развития российской экономики был выполнен по материалам деятельности ОАО «Сокол» (г. Самара), выпускающего подъемные краны различных

модификаций и специализаций [1]. Данный объект является типичным представителем машиностроительных предприятий страны, выпускающих продукцию специального назначения и проблемы, связанные с его производственно-экономическим функционированием, характерны для предприятий специального машиностроения и могут служить основой для обобщений и выводов.

## 1. МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦЕЛЕЙ РУКОВОДСТВА И ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Согласованная система стимулирования позволяет добиться согласования интересов и предпочтений руководства (центра) и производственных элементов (исполнителей, агентов) [3], что очень важно для эффективного функционирования организационной системы в целом.

Рассмотрим организационную систему, выпускающую монопродукт и состоящую из центра и одного агента. В случае нескольких независимых агентов приведенные далее рассуждения остаются справедливыми и требуют лишь незначительной корректировки.

Общая постановка задач стимулирования, в том числе — с учетом планирования «от достигнутого», рассматривалась в работах [2, 3]. При разработке системы материального стимулирования на пред-

приятных специального машиностроения в силу их специфики возникает необходимость построения системы оплаты труда в условиях незапланированных поступлений дополнительных заказов от покупателей. Прием таких заказов приводит к интенсификации процесса производства и требует от центра адекватного материального вознаграждения агентов.

Экономическое содержание целевой функции центра может быть самым разным: максимизация прибыли, снижение издержек, повышение рентабельности производства или качества выпускаемой продукции и др. Предположим, что центр стремится максимизировать свою прибыль  $H(\cdot)$ . Интересы и поведение центра описываются следующей моделью:

$$\begin{cases} H(y) = Cy - Z(y) - \sigma(y) \rightarrow \max, \\ \sigma(y) \leq \sigma_{\max}, \\ y \leq \min(y_{\text{спрос}}, y_{\max}), \end{cases} \quad (1)$$

где  $y$  — действие (фактическая выработка) агента,  $C$  — цена,  $\sigma(y)$  — затраты центра на стимулирование агента,  $Z(y)$  — затраты центра на производство (исключая премию),  $\sigma_{\max}$  — максимально возможный размер премии,  $y_{\text{спрос}}$  — объем спроса на продукцию,  $y_{\max}$  — производственные возможности.

Функцию затрат центра можно представить в виде суммы условно постоянных и условно переменных затрат:  $Z(y) = Z + \gamma y$ , где  $Z$  — условно постоянные затраты,  $\gamma$  — удельные затраты на выпуск единицы продукции.

Для стимулирования деятельности агента центр начисляет премии, согласно действующей системе (функции) стимулирования. В динамике оперативное изменение функции стимулирования возможно далеко не всегда — так как системы стимулирования представляют собой достаточно инерционные составляющие механизма функционирования. Поэтому управление организационной системой обычно осуществляется посредством параметрических управлений, при которых центр фиксирует класс систем стимулирования, а затем изменяет только значения параметров из этого класса, конкретизируя тем самым выбираемую им конкретную систему стимулирования.

Обычно в производственной практике широко применяются системы материального стимулирования, описываемые следующей моделью:

$$\sigma = \lambda(y - x), \quad (2)$$

где  $\lambda$  — ставка оплаты, а  $x$  — плановое задание. Такая система стимулирования нацеливает агента на перевыполнение плановых заданий и традицион-

но применяется на предприятиях. Система планирования обычно строится от достигнутого агентом результата в предыдущем периоде функционирования. Плановое задание назначается по правилу:

$$x = y^-, \quad (3)$$

где  $y^-$  — действие агента в предыдущем периоде (знаком « $-$ » будем обозначать параметры или величины, относящиеся к предыдущему периоду).

Рассмотрим систему стимулирования, при которой ставка стимулирования «гибкая» — зависит от действия предыдущего периода. Для этого введем в рассмотрение, помимо плана, еще один оперативно изменяемый безразмерный управляющий параметр  $k \geq 0$ . Учитывая правило (3), выражение для ставки оплаты  $\lambda$  перепишем следующим образом:

$$\lambda = \lambda_0 \left( 1 + k \frac{y - y^-}{y^-} \right), \quad (4)$$

где  $\lambda_0$  — базовое значение ставки стимулирования, т. е. то, которое используется на предприятии в настоящее время.

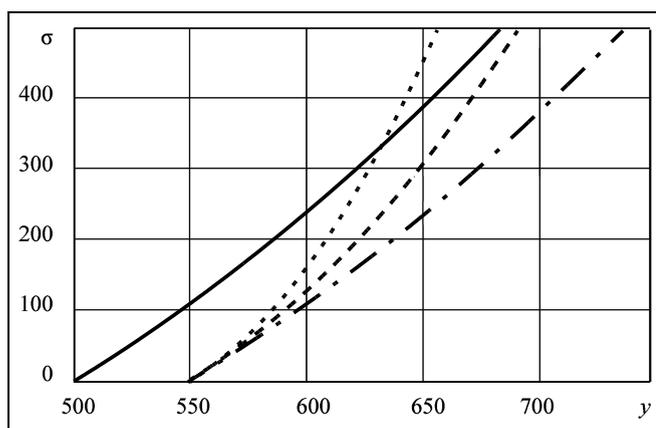
Предположим, что целевой функцией агента является получаемая им премия  $\sigma(\cdot)$ . Тогда модель принятия решений агентом приобретает вид:

$$\begin{cases} \sigma(y, k, y^-) = \lambda_0(y - y^-) \left( 1 + k \frac{y - y^-}{y^-} \right) \rightarrow \max_y, \\ y > y^-, y \leq y_{\max}. \end{cases} \quad (5)$$

При  $k = 0$  функция (5) принимает вид (2). Так как агент получает премию только в случае перевыполнения плановых заданий, то достаточно рассматривать область  $y \geq y^-$ . Легко видеть, что

$\frac{\partial \sigma}{\partial y} \geq 0$ ,  $\frac{\partial \sigma}{\partial y^-} \leq 0$ . С учетом последнего неравенства

в системах стимулирования, учитывающих достигнутый уровень действий агента, возникает необходимость рассмотрения условия «прогрессивности» по плану [3], т. е. с увеличением планового задания должен расти и стимул работника. Подобные модели стимулирования отражают тот эффект, что агенты, имеющие заниженные плановые показатели, находятся в более «выгодном» положении по сравнению с теми, кому дан более напряженный план. Однако в настоящей работе мы не рассматриваем динамических задач стимулирования, поэтому «действие агента в предыдущем периоде» можно считать константой.



**Рис. 1. Зависимости вознаграждения агента при различных исходных данных:**  
 —  $\sigma(y, k, x)$ ; - · -  $\sigma(y, k, x + 50)$ ; ---  $\sigma(y, k + 2, x + 50)$ ;  
 ····  $\sigma(y, k + 6, x + 50)$

Промоделируем предложенную систему стимулирования при следующих исходных данных:  $x = y^- = 500$ ,  $\lambda_0 = 2$ ,  $k = 1$ ,  $\sigma^{\max} = 500$ . На рис. 1 представлены зависимости получаемого агентом вознаграждения от его действия при различных значениях плановых заданий и норматива  $k$ .

Так, максимальное вознаграждение может быть получено при действии  $y = 680$  единиц. Если же плановое задание увеличивается на 50 ед., а  $k = 7$ , то оптимальным для агента уже будет действие, равное 655 ед. Таким образом, варьируя параметры модели стимулирования, можно побуждать агента выбирать те или иные действия. Представленные на рис. 1 зависимости позволяют сделать следующие качественные выводы. Стремление центра мотивировать интенсивный труд должно соотноситься с возможностями агента. Варьируя значение параметра  $k$ , можно найти компромисс, обеспечивающий, с одной стороны, высокую производительность, а с другой — высокий уровень стимула агенту. Плановое задание и параметр  $k$  служат инструментами настройки системы стимулирования.

С увеличением параметра  $k$  максимальное значение целевой функции центра уменьшается, поскольку центру при данной системе материального стимулирования приходится отдавать все большую часть своего дохода агенту, если последний продолжает увеличивать свое действие, т. е. работает более интенсивно в условиях «напряженного» плана. В то же время увеличение параметра  $k$  соответствует интересам агента.

Предложенная модель и проведенный анализ позволяют сделать вывод о возможности поиска согласованных решений, нацеленных на повыше-

ние эффективности функционирования всей организационной системы в целом и обеспечение высоких заработков агентов.

## 2. СОГЛАСОВАННАЯ МОДЕЛЬ МАТЕРИАЛЬНОГО СТИМУЛИРОВАНИЯ

Очевидно, что агент не может бесконечно увеличивать свое действие и существует некоторое предельное значение  $y_{\max} \geq y$ , определяемое производственными возможностями. Размер премии также ограничен некоторой величиной  $\sigma_{\max}$ , которую априори определяет центр.

Возникает задача определения границ изменения параметра  $k$ , при которых бы интересы центра и агента удовлетворялись, и рассматриваемая организационная система могла функционировать.

Важно обеспечить для агента достаточные стимулы к увеличению действия. Речь идет о том, что рост премии, при увеличении действия, например, на один нормо-час, должен быть не менее некоторого минимального коэффициента стимулирующего воздействия  $Q_m$  [1]. Фактически он представляет собой минимально возможное значение коэффициента чувствительности целевой функции агента к изменению действия. На практике, только сам агент либо опытные администраторы могут определить реальное значение этого коэффициента. Его можно определить и путем проведения семинаров с работниками бригад или цехов, на которых высказываются мнения по этому вопросу, а затем методом экспертных оценок устанавливается объективное значение коэффициента стимулирующего воздействия.

Учитывая сказанное, приходим к соотношению:

$$\frac{\partial \sigma}{\partial y} = \frac{2\lambda_0 k}{y^-} y + \lambda_0(1 - 2k) \geq Q_m. \text{ Отсюда следует, что}$$

минимальное значение параметра  $k$  должно удовлетворять условию  $k_{\min} \geq \frac{y^-(Q_m - \lambda_0)}{2\lambda_0(y - y^-)}$ , отражающе-

му интересы агента. Если оно не будет выполняться, у агента не будет достаточно стимулов для увеличения действия. Следовательно, мы получили нижнюю границу изменения параметра  $k$ .

Максимальное значение премии, которое может получить агент, ограничено заданной величиной

$$\sigma_{\max}: \sigma_{\max} \geq \frac{\lambda_0 k}{y^-} y^2 + \lambda_0(1 - 2k)y + \lambda_0 y^-(k - 1). \text{ Отсюда}$$

можно получить ограничение на максимальное

$$\text{значение параметра } k: k_{\max} \leq \left[ \frac{\sigma_{\max}}{\lambda_0(y - y^-)} - 1 \right] \frac{y^-}{y - y^-}.$$

Это условие соответствует интересам центра, так

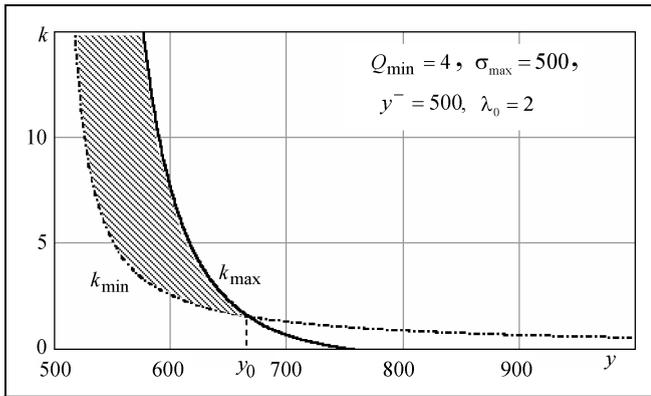


Рис. 2. Графическое представление области согласования

как при его выполнении он сможет обеспечить выплату премии агенту, т. е. мы получили верхнюю границу изменения параметра  $k$ .

Для эффективного функционирования системы стимулирования необходимо, чтобы интересы центра и агента удовлетворялись одновременно. Следовательно, приходим к системе неравенств:

$$\frac{y^-(Q_m - \lambda_0)}{2\lambda_0(y - y^-)} \leq k \leq \left[ \frac{\sigma_{\max}}{\lambda_0(y - y^-)} - 1 \right] \frac{y^-}{y - y^-}. \quad (6)$$

В полученной области изменения параметра  $k$  (рис. 2) возможно согласованное функционирование рассматриваемой организационной системы, а именно: агент будет увеличивать действие, получая за это удовлетворяющее его материальное вознаграждение, а центр будет максимизировать свою прибыль, не выходя за рамки премиального фонда.

В зависимости от значений параметров  $Q_m$ ,  $\sigma_{\max}$  и  $\lambda_0$  возможны еще два варианта решения системы неравенств (6) — вариант полного согласования интересов центра и агента и вариант абсолютно несогласованной системы стимулирования.

В случае абсолютно несогласованной системы материального стимулирования нормальное функционирование организационной системы невозможно, поскольку материального вознаграждения, выплачиваемого центром агенту, недостаточно. На практике размер фонда премирования составляет примерно около 10 % от валовой прибыли центра, что составляет сравнительно небольшую часть. Поэтому центр имеет возможность значительной корректировки параметров  $\sigma_{\max}$  и  $\lambda_0$  таким образом, чтобы добиться согласованности системы стимулирования. Варьирование коэффициента материального стимулирования  $Q_m$  в этом плане представляется затруднительным, так как он определяется самими агентами.

### 3. СИНТЕЗ СОГЛАСОВАННОЙ СИСТЕМЫ МАТЕРИАЛЬНОГО СТИМУЛИРОВАНИЯ

На практике промышленные предприятия часто сталкиваются с задачей выхода к концу заданного периода своего функционирования на определенный уровень прибыли. Для достижения этой цели предприятие вынуждено интенсифицировать процесс производства, что неизбежно ведет к увеличению производственных, физических, умственных и прочих затрат агентов. В этой ситуации возникает задача синтеза такой системы материального стимулирования, которая бы нацеливала агента на выбор больших действий.

Опираясь на описанную модель организационной системы, можно сформулировать постановку этой задачи в следующем виде. Рассмотрим один период функционирования. Предположим, что на начало периода центр имел прибыль в размере  $H_0$ , действие агента было  $y^-$ . Допустим, что к концу периода центр намерен выйти на некоторую желаемую величину прибыли  $H^{\text{жел}} > H_0$ , причем, в течение рассматриваемого периода цена продукции  $C$  и размер удельных затрат  $\gamma$  не меняются. Для достижения поставленной в терминах прибыли цели центру необходимо, чтобы агент увеличил свое действие с  $y^-$  до некоторого значения  $y^{\text{жел}} \leq y_{\max}$ , т. е.  $H^{\text{жел}} = H(y^{\text{жел}})$ .

Определим желательное с точки зрения центра значение действие агента — то действие, при котором прибыль достигает значения  $H^{\text{жел}}$ . При дальнейших рассуждениях будем исходить из того, что желаемый уровень прибыли  $H^{\text{жел}}$  является максимальным значением целевой функции центра (1). Используем для этого традиционный подход для нахождения экстремума функции. Перепишем функцию (1) в следующем виде:

$$H = Cy - \gamma y - Z - \lambda_0 \left[ \frac{ky^2}{y^-} + y(1 - 2k) + y^-(k - 1) \right]. \quad (7)$$

Находя максимум выражения (7) по действию агента и, учитывая, что постоянные затраты не зависят от  $y$ , получим:

$$y^{\text{жел}}(k) = \frac{C + 2\lambda_0 k - \gamma - \lambda_0 y^-}{2\lambda_0 k} y^-. \quad (8)$$

Из выражения (8) следует, что с ростом  $k$  желаемое для центра действие агента в пределе стремится к плановому заданию  $y^{\text{жел}} \xrightarrow{k \rightarrow \infty} y^-$ . При больших значениях параметра  $k$  центру выгодно,



чтобы агент не перевыполнял плановые задания, так как в противном случае на материальное стимулирование будет направляться слишком большая часть прибыли. Подставив формулу (8) в функцию (7), получим:

$$H^{\text{жел}} = y^- \left[ \frac{(\Pi - \gamma - \lambda_0)^2}{4\lambda_0 k} + \Pi - \gamma \right]. \quad (9)$$

С ростом параметра  $k$  максимум функции прибыли центра стремится к величине  $(\Pi - \gamma) y^-$ , т. е.  $H \xrightarrow{k \rightarrow \infty} (\Pi - \gamma) y^-$ . Этот факт лишний раз подтверждает то, что при больших значениях  $k$  центру невыгодно платить премию агенту за перевыполнение планового задания.

При известных  $H^{\text{жел}}$  и  $y^-$  центр, используя выражение (9), может определить оптимальное значение параметра  $k$ :  $k_{\text{опт}} = \frac{(\Pi - \gamma - \lambda_0)^2 y^-}{4\lambda_0 [H_{\text{max}} - y^- (\Pi - \gamma)]}$ .

Как отмечалось, параметр  $k$  должен быть положительным. Так как числитель последнего выражения больше нуля, то должно выполняться неравенство

$$H^{\text{жел}} > y^- (\Pi - \gamma),$$

т. е. планируемый уровень прибыли центра на конец периода должен быть больше валовой прибыли центра на начало периода. Перепишем последнее неравенство в виде:  $(\Pi - \gamma) y > (\Pi - \gamma) y^- + \sigma$  — валовая прибыль центра к концу рассматриваемого периода должна увеличиться по сравнению с валовой прибылью на начало периода на величину, которая больше, чем фонд материального поощрения, направленный на стимулирование увеличения действия агента в течение данного периода.

Можно предложить следующий алгоритм синтеза внутрипроизводственного механизма материального стимулирования в условиях интенсификации производства.

**Шаг 1.** Конкретизация целевой функции центра, т. е. определение желательного уровня прибыли  $H^{\text{жел}}$ .

**Шаг 2.** Вычисление оптимального значения управляющего параметра  $k_{\text{опт}}(H^{\text{жел}})$ .

**Шаг 3.** Определение действия агента, необходимого для получения требуемой прибыли:  $y^{\text{жел}} = y^{\text{жел}}(H^{\text{жел}}, k_{\text{опт}})$ .

**Шаг 4.** Определение объема фонда материального поощрения  $\sigma(y^{\text{жел}}, k_{\text{опт}})$ , направляемого на стимулирование увеличения действия агента до желаемого уровня  $y^{\text{жел}}$ . Далее это значение сравнивается с существующими ограничениями на фонд материального поощрения и при необходимости соответствующие шаги алгоритма повторяются.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренная модель материального стимулирования позволяет добиться согласованного процесса функционирования организационной системы в целом, при котором удовлетворяются интересы и центра, и агента. Внедрение в 2004 г. данной системы материального стимулирования в ОАО «Сокол» позволило выполнить все дополнительно поступившие от покупателей в 2004—2005 гг. заказы точно в срок; суммарная выработка рабочих увеличилась за этот период на 24,7 %, средняя заработная плата производственных рабочих выросла на 86,2 %, коэффициент текучести кадров снизился с 0,69 до 0,36, чистая прибыль предприятия увеличилась на 21,4 %.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Модели и методы материального стимулирования: теория и практика* / О.Н. Васильева, В.В. Засканов, Д.Ю. Иванов, Д.А. Новиков. — М.: ЛЕНАНД, 2007. — 288 с.
2. *Новиков Д.А.* Стимулирование в организационных системах. — М.: СИНТЕГ, 2003. — 312 с.
3. *Теория активных систем и совершенствование хозяйственного механизма* / В.Н. Бурков, В.В. Кондратьев, В.В. Цыганов, А.М. Черкашин. — М.: Наука, 1984. — 272 с.

*Статья представлена к публикации членом редколлегии В.Н. Бурковым.*

**Иванов Дмитрий Юрьевич** — канд. экон. наук, доцент, Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королева,  
☎ (846) 267-46-19, ✉ ssau\_ivanov@mail.ru.

## Читайте в следующем номере

- ✓ **Клещев А.С.** Операционная модель интуитивных доказательств
- ✓ **Паленов М.В.** Частотный адаптивный ПИДД-регулятор
- ✓ **Корепанов В.О., Новиков Д.А.** Метод рефлексивных разбиений в моделях группового поведения и управления
  - ✓ **Акопов А.С.** К вопросу проектирования интеллектуальных систем управления сложными организационными структурами. Ч. 2. Программная реализация системы управления инвестиционной деятельностью вертикально-интегрированной нефтяной компании
  - ✓ **Зырянов Ю.Т., Коновалов О.А., Малыков А.К.** Система управления рациональным распределением ресурсов на основе модернизированного метода последовательных назначений

