

РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ СИСТЕМ МАТЕРИАЛЬНОГО СТИМУЛИРОВАНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ СПЕЦИАЛЬНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

Иванов Д.Ю.

*(Самарский государственный аэрокосмический
университет, Самара)*

ssau_ivanov@mail.ru

Рассматривается подход к экономико-математическому моделированию систем материального стимулирования работников предприятий специального машиностроения. Разработана система материального стимулирования в условиях интенсификации производства. Приведены результаты практического использования разработанных моделей на конкретном промышленном предприятии.

Ключевые слова: материальное стимулирование, экономико-математическая модель.

Введение

Особенностью объектов специального машиностроения является наличие монозаказчика на их продукцию. Данное обстоятельство существенно ограничивает возможности предприятия на внешнем уровне. Следовательно, для повышения эффективности производства предприятиям специального машиностроения необходимо снижать себестоимость своей продукции. Одним из основных способов экономического управления на внутрипроизводственном уровне являются системы материального стимулирования. 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 при использовании современного теоретического аппарата, адекватно описывающего производственные и социальные реалии [1].

Исследования по анализу состояния предприятий специального машиностроения России на современном этапе развития российской экономики были осуществлены по материалам деятельности ОАО «Сокол» (г. Самара). Данное предприятие является типичным представителем машиностроительных предприятий страны, выпускающим продукцию специального назначения. Поэтому проблемы, связанные с производственно-экономическим функционированием ОАО «Сокол» являются характерными для предприятий специального машиностроения и могут служить основой для обобщений и выводов.

Проведенный финансово-экономический анализ состояния предприятия выявил как положительные, так и отрицательные особенности в динамике его развития. Необходимо отметить, что за анализируемый период руководство предприятия большие усилия уделяло вопросам повышения эффективности производства за счет совершенствования внутривыпускных экономических механизмов управления. Речь идет о создании систем мотивации труда. Основным способом влияния на поведение людей является материальное стимулирование. Поэтому данному направлению деятельности было уделено самое серьезное внимание.

1. Моделирование целевых установок руководства и исполнителей

Использование согласованной системы стимулирования позволяет добиться согласования интересов и предпочтений центра и производственных элементов, что очень важно для эффективного функционирования организационной системы в целом.

Рассмотрим организационную систему, выпускающую монопродукт, состоящую из управляющего органа (центра) и одного агента. В случае наличия нескольких агентов приведен-

ные ниже рассуждения остаются справедливыми и требуют незначительной корректировки.

Экономический смысл функции цели центра $\Phi(\cdot)$ может быть самым разным: максимизация прибыли, снижение издержек, увеличение рентабельности производства и т.д. Предположим, что центр стремится максимизировать свой доход $H(\cdot)$ за минусом затрат на стимулирование. Таким образом, интересы и поведение центра описываются следующей моделью:

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

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

Функцию затрат центра можно представить в виде условно переменных затрат

$$(2) \quad Z = \gamma \cdot y,$$

где γ – удельные затраты на выпуск единицы продукции.

Для стимулирования деятельности агента центр осуществляет начисление премии согласно некоторой схеме или функции. В динамике оперативное изменение функции стимулирования возможно далеко не всегда – как с точки зрения возможностей центра по переработки информации, так и с точки зрения адаптивных свойств агентов. Поэтому возникает желание упростить задачу управления активной системой, в частности – за счет использования параметрических управлений, при применении которых центр фиксирует класс систем стимулирования, а затем изменяет только значения параметров из этого класса, конкретизируя тем самым выбираемую им стратегию. В задачах стимулирования в качестве такого оперативно изменяемого параметра выступает план.

С учетом сказанного рассмотрим постановку и методы решения задач анализа и синтеза систем материального стимулирования для класса моделей прогрессивных по выполнению и перевыполнению некоторых плановых показателей.

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

$$(3) \quad \sigma = \lambda \cdot (y - x),$$

где λ – ставка оплаты, x – плановое задание.

Предложенная модель системы стимулирования нацеливает агента на перевыполнение плановых заданий и традиционно используется на предприятиях. При этом система планирования обычно строится от достигнутого агентом результата в предыдущем периоде функционирования. Плановое задание назначается по правилу:

$$(4) \quad x = y^-,$$

где y^- – выработка агента в предыдущий период (знаком “-” вверху будем обозначать параметры или величины, относящиеся к предыдущему периоду).

Изложенная выше модель стимулирования (3) обладает тем недостатком, что величина стимула в определенной степени зависит от плана x . В этом смысле подразделения, имеющие заниженные плановые показатели находятся в более «выгодном» положении по сравнению с теми, кому дан напряженный план. Поэтому предлагается использовать такую систему стимулирования, при которой ставка стимулирования зависела бы от напряженности планового задания, а именно:

$$(5) \quad \lambda = \lambda_0 \cdot \left(1 + k \frac{y - x}{x}\right),$$

где λ_0 – базовое значение ставки стимулирования. Предлагается ввести в рассмотрение, помимо плана, еще один оперативно изменяемый безразмерный управляющий параметр k . Учитывая (4), выражение (5) можно переписать следующим образом:

$$(6) \quad \lambda = \lambda_0 \cdot \left(1 + k \frac{y^- - y^-}{y^-}\right).$$

Подставив (6) в (3) и учитывая (4), приходим к выражению для функции стимулирования агента в следующем виде:

$$(7) \quad \sigma(y) = \begin{cases} \lambda_0 \cdot (y - y^-) \cdot \left(1 + k \frac{y^- - y^-}{y^-}\right), & \text{если } y > y^- \\ 0, & \text{если } y \leq y^- \end{cases}.$$

Предположим, что целевой функцией агента является максимизация получаемой им премии. Тогда с учетом сказанного модель принятия управленческих решений активным элементом приобретает вид:

$$(8) \quad \begin{cases} f(y) = \alpha_0 \cdot (y - y^-) \cdot \left(1 + k \frac{y^- - y^-}{y^-}\right) \xrightarrow{y} \max \\ y > y^-, y \leq y_{\max} \end{cases}.$$

Из содержательного смысла предложенной модели следует, что $k \geq 0$. При $k = 0$ функция (8) принимает вид (3).

Так как агент получает премию, только в случае перевыполнения плановых заданий, то достаточно рассматривать область $y \geq x$.

Из модели (1) видно, что целевая функция центра достигает своего максимума при некоторой выработке агента. С точки зрения центра это значение выработки будет являться оптимальным, то есть при данной величине выработки активного элемента центр получит наибольший доход. Следует отметить, что с увеличением параметра k максимальное значение целевой функции центра уменьшается. Это является следствием того, что центру при использовании описанной выше системы материального стимулирования, приходится отдавать все большую и большую часть своего дохода агенту, в случае если последний продолжает увеличивать свою выработку.

Из модели (8) видно, что целевая функция агента монотонна и бесконечно возрастает с увеличением выработки y ($y \geq x$). Причем с ростом параметра k при фиксированном значении

выработки величина премии агента увеличивается. Поэтому в данной постановке задачи агенту для максимизации своей премии необходимо либо увеличивать свою выработку, либо, «попытаться» повлиять на центр с целью назначения большего k . Как было показано выше, второй вариант не совпадает с интересами центра. Следовательно, предложенная модель материального стимулирования, при фиксированном значении управляющего параметра k , нацеливает агента на увеличение своей выработки.

2. Разработка согласованной модели материального стимулирования

Очевидно, что агент не может бесконечно увеличивать свою выработку. Существует некоторое предельное значение $y_{\max} \geq y$, определяемое производственными возможностями. Размер премии также не может быть бесконечно большим. На практике он всегда ограничен некоторой величиной σ_{\max} , которую определяет центр.

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

Определим чувствительность изменения премии агента к его объему выработки. Для этого продифференцируем (8) по y :

$$(9) \quad \alpha = \frac{\partial f}{\partial y} = \frac{2 \cdot \lambda_0 \cdot k}{y^{-}} \cdot y + \lambda_0 (1 - 2k) .$$

Важно обеспечить для агента достаточные стимулы к увеличению выработки. Речь идет о том, что рост премии, при увеличении выработки на один н/ч должен быть не менее минимального коэффициента стимулирующего воздействия Q_m . На практике, только сам агент либо опытные администраторы могут определить реальную величину коэффициента стимулирующего воздействия Q_m . Эту процедуру можно реализовать на

предприятиях 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 вышесказанное приходим к соотношению:

$$(10) \alpha = \frac{\partial f}{\partial y} = \frac{2 \cdot \lambda_0 \cdot k}{y^-} \cdot y + \lambda_0(1 - 2k) \geq Q_m.$$

Из последнего неравенства следует, что минимальное значение параметра k должно удовлетворять условию:

$$(11) k_{\min} \geq \frac{y^-(Q_m - \lambda_0)}{2\lambda_0(y - y^-)}.$$

Это условие отражает интересы агента. Если оно не будет выполняться, у агента не будет достаточно стимулов для увеличения выработки. Следовательно мы получаем нижнюю границу изменения параметра k .

Как было сказано выше, на практике всегда существует ограничение по фонду премирования. Иными словами, максимальное значение премии, которое может получить агент меньше некоторой величины σ_{\max} :

$$(12) \sigma_{\max} \geq \frac{\lambda_0 \cdot k}{y} \cdot y^2 + \lambda_0(1 - 2k) \cdot y + \lambda_0 y^-(k - 1).$$

Используя неравенство (12), можно получить ограничение на максимальное значение параметра k .

$$(13) k_{\max} \leq \left[\frac{\sigma_{\max}}{\lambda_0(y - y^-)} - 1 \right] \frac{y^-}{y - y^-}.$$

Это условие удовлетворяет интересам центра, так как при его выполнении он сможет обеспечить выплату премии агента. Получаем верхнюю границу изменения параметра k .

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

$$(14) \frac{y^- (Q_m - \lambda_0)}{2\lambda_0 (y - y^-)} \leq k \leq \left[\frac{\sigma_{\max}}{\lambda_0 (y - y^-)} - 1 \right] \frac{y^-}{y - y^-}.$$

Полученная область изменения параметра k является областью, где возможно согласованное функционирование рассматриваемой активной системы, а именно агент будет увеличивать выработку, получая за это удовлетворяющее его материальное вознаграждение, а центр будем максимизировать свою функцию цели (прибыль) не выходя за рамки премиального фонда. В зависимости от величины параметров $Q_m, \sigma_{\max}, \lambda_0$ возможны еще два варианта решения системы (14). Вариант полного согласования интересов центра и агента и вариант абсолютно несогласованной системы стимулирования.

В случае абсолютно несогласованной системы материального стимулирования нормальное функционирование активной системы невозможно, поскольку материального вознаграждения, выплачиваемого центром агенту недостаточно. На практике размер фонда премирования составляет примерно около 10% от валовой прибыли центра, что является сравнительно небольшой частью. Поэтому центр имеет возможность значительной корректировки параметров σ_{\max}, λ_0 , таким образом, чтобы добиться согласованности системы стимулирования. Варьирование коэффициента материального стимулирования Q_m в этом плане представляется затруднительным, так как было сказано выше, он определяется самими агентами.

Предложенный подход к системе материального стимулирования позволяет осуществлять проектирование согласованных механизмов премирования с учетом интересов центра и агента.

3. Алгоритмы синтеза согласованной системы материального стимулирования в условиях интенсификации производства

На практике промышленные предприятия часто сталкиваются с задачей выхода к концу некоего периода своего функ-

ционирования на определенный уровень прибыли. Для достижения этой цели предприятие вынуждено интенсифицировать процесс производства, что неизбежно ведет к увеличению производственных, физических, умственных и пр. затрат исполнителей. В этой ситуации возникает задача проектирования такой модели материального стимулирования, которая бы нацеливала агента на некоторый более высокий уровень выработки.

Используя описанную выше модель активной системы и введенные в рассмотрение обозначения можно сформулировать постановку этой задачи в следующем виде.

Рассмотрим один период функционирования описанной выше активной системы. Предположим, что на начало периода центр имел прибыль в размере H_0 , выработка агента составляла y^- . Допустим, что к концу периода центр намерен выйти на некоторую желаемую величину прибыли $H^{жсел} > H_0$. Причем, в течение рассматриваемого периода цена продукции C и величина удельных затрат γ не меняются. Следовательно, для достижения поставленной цели, центру необходимо, чтобы агент увеличил свою выработку с y^- до некоторого значения $y^{жсел} \leq y_{\max}$. При этом считаем, что в случае $y = y^{жсел}$ получим $H(y^{жсел}) = H^{жсел}$. Для стимулирования агента на увеличение выработки центр использует описанную выше систему материального поощрения.

Определим желаемое с точки зрения центра значение выработки агента, при котором прибыль системы в целом достигает значения $H^{жсел}$. При дальнейших рассуждениях будем исходить из того, что желаемый уровень прибыли $H^{жсел}$ является максимальным значением функции цели центра, представленной выражением (1). Используем для этого традиционный подход для нахождения экстремума функции. Перепишем (1) в следующем виде

$$(15) H = -\frac{\lambda_0 \cdot k}{y^-} \cdot y^2 - (\gamma + \lambda_0 - \Pi - 2\alpha_0 k) \cdot y - \lambda_0 y^- (k - 1).$$

Продифференцируем (15) по y и приравняем полученное выражение к нулю:

$$(16) \frac{dH}{dy} = -\frac{2\lambda_0 k}{y^-} y - (\gamma + \lambda_0 - \Pi - 2\lambda_0 k) = 0.$$

Из последнего равенства легко записать выражение для определения искомой желаемой, с точки зрения центра, величины выработки агента, а именно:

$$(17) y^{\text{жел}}(k) = \frac{\Pi + 2\alpha_0 k - \gamma - \alpha_0}{2\alpha_0 k} y^-.$$

Из выражения (17) следует, что с ростом k желаемое значение выработки агента, при котором центр получит максимальную прибыль стремиться к плановому заданию $y^{\text{жел}} \xrightarrow{k \rightarrow \infty} \pi = y^-$. 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 от валовой прибыли центра.

Подставив (17) в (15), получим:

$$(18) H_{\max} = H^{\text{жел}} = y^- \left[\frac{(\Pi - \gamma - \alpha_0)^2}{4\alpha_0 k} + (\Pi - \gamma) \right].$$

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

При известных $H^{\text{жел}} = H_{\max}$, y^- центр, используя выражение (18), может определить величину параметра k_{opt} :

$$(19) k_{opt} = \frac{(\Pi - \gamma - \alpha_0)^2 y^-}{4\alpha_0 [H_{\max} - y^- (\Pi - \gamma)]}.$$

Как было сказано выше, параметр k должен быть положительным. Т.к. числитель выражения (19) больше нуля, следовательно

$$(20) H_{\max} > y^-(C - \gamma),$$

т.е. планируемый уровень прибыли центра на конец периода должен быть больше валовой прибыли центра на начало периода. Перепишем последнее неравенство в виде:

$$(21) (C - \gamma)y > (C - \gamma)y^- + \sigma.$$

Следовательно, 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 выработки агента в течение данного периода. Центр при планировании желаемого уровня прибыли H_{\max} должен учесть ограничение, накладываемое неравенством (20).

Выражение (17) позволяет определить то значение выработки $y^{жсл}$, которое должен будет сделать за рассматриваемый период агент, чтобы центр в итоге получил прибыль в размере $H^{жсл}$. Следовательно:

$$(22) y^{жсл} = \frac{C + 2\alpha_0 k_{opt} - \gamma - \alpha_0}{2\alpha_0 k_{opt}} y^- = \frac{2H_{\max} + (\gamma - C - \alpha_0)y^-}{C - \gamma - \alpha_0}.$$

Еще раз стоит отметить, что полученное выше соотношение определяет желаемое значение выработки агента с точки зрения центра. Так как в рассматриваемой активной системе центр стремится максимизировать свою прибыль, а агент – величину своей премии, следовательно, центру необходимо, чтобы агент, стремясь максимизировать свою локальную функцию цели, произвел выработку в объеме $y^{жсл}$. Поэтому, согласно предложенной системе материального стимулирования, которая нацеливает агента при фиксированном параметре k , на увеличение своей выработки, центр может определить размер премии, который побудит агента увеличить свою выработку до уровня $y^{жсл}$.

Здесь происходит согласование интересов центра и агента, то есть они оба заинтересованы в одной и той же величине выработки, которая приведет к максимизации их целевых функций.

Подставив в выражение (7) определенные выше параметры k_{opt} и $y^{жсел}$, находим:

$$(23) \sigma_{\max} = \frac{\alpha_0 \cdot k}{y^-} \cdot (y^{жсел})^2 + \alpha_0(1 - 2k_{opt}) \cdot y^{жсел} + \alpha_0 y^-(k_{opt} - 1).$$

Последнее соотношение позволяет определить размер премии агента, стимулирующий его на производство выработки в объеме $y^{жсел}$, который желателен с точки зрения центра.

Описанный выше механизм синтеза системы материального стимулирования позволяет добиться согласованного процесса функционирования системы в целом, при котором удовлетворяются интересы и центра и агента.

Обобщая полученные результаты, был предложен следующий алгоритм процесса синтеза внутрипроизводственного механизма материального стимулирования в условиях интенсификации производства:

- конкретизация целевой функции центра, т.е. определение конечного уровня прибыли $H^{жсел} = H_{\max}$;
- вычисление оптимального значения управляющего параметра $k_{opt} = k_{opt}(H_{\max})$;
- определение желаемого уровня выработки агента, необходимого для достижения активной системой поставленной цели $y^{жсел} = y^{жсел}(H_{\max}, k_{opt})$;
- определение объема фонда материального поощрения, направленного на стимулирование увеличения выработки агента до желаемого уровня $y^{жсел}$. $\sigma_{\max} = \sigma_{\max}(y^{жсел}, k_{opt})$;
- сообщение агенту схемы начисления премии и ее максимально возможный объем.

Результат (17) отражает интерес центра. Рассмотрим теперь ситуацию с позиций интересов агента. Из вида функции матери-

ального стимулирования (7) следует, что она является монотонно возрастающей. Отсюда следует, что агент выберет стратегию y^* , обеспечивающую ему получение максимально возможной премии f_{\max} , о которой шла речь выше. Естественно при этом, что $y^* \leq y_{\max}$.

С учетом сказанного синтез механизма функционирования системы в дальнейшем может осуществляться по двум алгоритмам.

Первый заключается в том, что при фиксированном k определяется размер σ_{\max} , который обеспечивает заинтересованность агента в выпуске продукции в объеме $y^{\text{жел}}$.

Для этого подставив в выражение (7) определенные выше параметры k_{opt} и $y^{\text{жел}}$, находим:

$$(24) \quad \sigma_{\max} = \frac{\alpha_0 \cdot k_{\text{opt}}}{y^-} \cdot (y^{\text{жел}})^2 + \alpha_0(1 - 2k_{\text{opt}}) \cdot y^{\text{жел}} + \alpha_0 y^-(k_{\text{opt}} - 1).$$

Последнее соотношение позволяет определить размер премии агента, стимулирующий его на выполнение выработки в объеме $y^{\text{жел}}$, который желателен с точки зрения центра и в тоже время соответствует экономическим интересам агента.

В ряде случаев рассчитанное по (24) значение σ_{\max} превышает возможности центра по выплате стимулов. В этом случае возможен второй вариант задачи синтеза. Определяется из соотношений экономических возможностей центра $\sigma_{\text{дон}}$, то есть та премия, которая может быть выплачена активным элементом. Тогда из выражения

$$(25) \quad \sigma_{\text{дон}} = \frac{\alpha_0 \cdot k}{y^-} \cdot (y^{\text{жел}})^2 + \alpha_0(1 - 2k) \cdot y^{\text{жел}} + \alpha_0 y^-(k - 1),$$

находится соответствующее значение k .

Описанные выше модели материального стимулирования позволяют добиться согласованного процесса функционирования

ния системы в целом, при котором удовлетворяются интересы и центра и агента.

Литература

1. НОВИКОВ Д.А. *Обобщенные решения задач стимулирования в активных системах.* М.: ИПУ РАН, 1998. –68с.