

МОДЕЛЬ СИНТЕЗА СОГЛАСОВАННОЙ СИСТЕМЫ МАТЕРИАЛЬНОГО СТИМУЛИРОВАНИЯ РАБОТНИКОВ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ С УЧЕТОМ ТРУДОЕМКОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ ОПЕРАЦИЙ

© 2009 Д.Ю. Иванов*

Ключевые слова: трудоемкость, материальное стимулирование, математическая модель, целевая функция, функция затрат, согласование интересов, оптимальный размер доплат.

Рассматриваются постановка и решение задачи синтеза системы материального стимулирования работников машиностроительного предприятия в зависимости от трудоемкости выполнения операций. Использование согласованной системы материального стимулирования направлено на повышение эффективности функционирования предприятия.

Задачу синтеза согласованной системы материального стимулирования на машиностроительном предприятии рассмотрим на примере сборочно-конвейерного производства (СКП) ОАО «АВТОВАЗ». Особенностью организации труда на СКП является то, что весь трудовой процесс, как бы сложен он не был, подразделяется на ряд мелких операций, равных или кратных по продолжительности¹. Согласование экономических интересов в коллективе предприятия достигается посредством материального стимулирования работников: формирования и распределения фонда заработной платы. В основу схемы начисления заработной платы рабочим положена тарифная ставка (тариф), исходя из которой определяется размер остальных составляющих заработной платы². Ключевым моментом является определения уровня доплат производственным рабочим в зависимости от условий и результатов труда, а именно: выполнения нормированного задания, уровня интенсивности и трудоемкости выполнения операций.

Интенсивность выполнения сборочных операций производственным рабочим на конвейере согласно анализу схемы начисления заработной платы производственным рабочим СКП сопоставляет заданную технологическую трудоемкость выполнения операций и фактическую интенсивность труда производственного рабочего. В целях исследования влияния ставки доплат за выполнение нормированного задания на фактическую интенсивность труда производственного рабочего рас-

смотрим модель системы материального стимулирования рабочих сборочно-кузовного производства в зависимости от трудоемкости выполнения сборочных операций.

Работники имеют разную плановую (технологическую) трудоемкость, даже в пределах одной бригады, различный коэффициент занятости на операции, поэтому рассмотрим построение модели механизмов стимулирования в зависимости от трудоемкости операций с учетом индивидуальной загрузки рабочего.

Согласно анализу действующей системы стимулирования³ производственных рабочих СКП уровень интенсивности выполнения операций представляет собой соотношение фактического и планового объемов выпуска:

$$\delta_i = \frac{y_i}{x_i}, \quad (1)$$

где y_i - фактический объем выпуска рассчитанный по годной продукции, машинокомплект; x_i - плановый объем сборки автомобилей, машинокомплект.

Объем производства бригады (плановый и фактический) в машинокомплектах можно определить исходя из темпа сборки автомобилей на конвейере и количества отработанного времени:

$$y_i = a_y \cdot t_p, \quad x_i = a_x \cdot t_p, \quad (2)$$

где a_y - фактический темп выпуска, шт./ч; a_x - плановый объем производства, шт./ч; t_p - время выполнения операций (работы), ч.

* Иванов Дмитрий Юрьевич, кандидат экономических наук, доцент Самарского государственного аэрокосмического университета им. акад. С.П. Королева. E-mail: ssau_ivanov@mail.ru.

Темп сборки автомобилей на конвейере определяется на основе количества нормо-часов запланированных на сборку и фактических затрат нормо-часов, а также средней трудоемкости одной операции 1-го рабочего:

$$a_x = \frac{n_{опер}}{\tau_x}, \quad a_y = \frac{n_{опер}}{\tau_y}, \quad (3)$$

где $n_{опер}$ - объем нормо-часов; $\hat{\delta}_x$ - плановая трудоемкость изготовления одного машино-комплекта, ч; $\hat{\delta}_y$ - фактическая трудоемкость изготовления одного машино-комплекта, ч.

Представим функцию стимулирования производственного рабочего на конвейере как функцию от фактического объема выпуска и, соответственно, от трудоемкости операции по сборке одного машино-комплекта.

Помимо этого в функции стимулирования следует учесть коэффициент занятости рабочего на операции (K), что позволит стимулировать конкретного работника в составе бригады, учитывая его вклад в выполнение производственного задания.

Функция стимулирования производственного рабочего, определяемая с учетом трудоемкости сборки автомобилей:

$$H_i(\tau_{yi}) = T_i \left(1 + \left(\frac{\tau_{xi}}{\tau_{yi} K_i} - d \right) \frac{\alpha_i}{1-d} \right) \rightarrow \max, \quad (4)$$

где $\hat{\delta}_{xi}$ - плановая трудоемкость выполнения i -операции сборки автомобиля i -м рабочим, ч; $\hat{\delta}_{yi}$ - фактическая трудоемкость выполнения i -операции сборки автомобиля i -м рабочим, ч; K_i - нормативный коэффициент занятости i -го рабочего на операции.

Соотношение технологической и фактической трудоемкости с учетом коэффициента загрузки рабочих отражает уровень интенсивности труда (выполнения производственного задания) и определяется из выражения:

$$y_{\beta i} = \frac{q_i \tau_{xi}}{q_i \tau_{yi} K_i} = \frac{\tau_{xi}}{\tau_{yi} K_i}, \quad (5)$$

где q_i - плановый выпуск автомобилей за определенный период времени, шт.; $q_i \hat{\delta}_{xi}$ -

плановый фонд времени работы i -го исполнителя, ч; $q_i \hat{\delta}_{yi} K_i$ - фактический фонд времени работы i -го исполнителя, ч.

Целевая функция рабочего с учетом его функции затрат принимает вид:

$$f_i(\tau_{yi}) = \left(H_i(\tau_{yi}) - \frac{\gamma}{2} \right) t_{\phi i} \rightarrow \max, \quad (6)$$

где \tilde{a} - коэффициент функции затрат рабочего (переводит затраты в стоимостное выражение).

Проведем идентификацию функции затрат исполнителя (сопоставление модели с реальными условиями функционирования предприятия) и определим коэффициент функции затрат.

Относительно затрат исполнителя следует отметить, что при нулевом действии затраты равны нулю, а также что функция затрат является возрастающей, так как с ростом объема выполняемых работ (действий) растут усилия и затраты исполнителя.

Таким образом, стратегией исполнителя является выполнение операций с определенной интенсивностью, в целях максимизации своей целевой функции с учетом затрачиваемых усилий. Однако существует определенный предельный уровень трудоемкости выполнения операций, при котором трудовые усилия рабочего в стоимостном выражении эквивалентны получаемому доходу.

Идентификацию функции затрат исполнителя рассмотрим на примере операции 1490 технологического процесса сборки автомобиля.

Коэффициент функции затрат определяется следующим образом:

$$H_i(\tau_{yi}^{пред}) = \frac{\gamma}{(\tau_{yi}^{пред})^2}. \quad (7)$$

В соответствии с положениями теории организации и производственного менеджмента⁴ предельным уровнем выполнения нормативов принято считать уровень в 1,3 раза превышающий установленный нормами организации труда на предприятии. Также согласно действующим принципам организа-

ции труда СКП пересмотр нормативов по трудоемкости выполнения операций производится при регулярном перевыполнение норматива в 1,3 раза. В соответствии с этим предельный уровень фактической трудоемкости выполнения операций определяется следующим выражением:

$$\delta_i^{пред} = \frac{\tau_{xi}}{K_i \tau_{yi}^{пред}}. \quad (8)$$

Определим предельный уровень трудоемкости выполнения операций для операции 1490 технологического процесса:

♦ $\hat{\delta}_{x(1490)cp} = 1,1500$ мин - средняя технологическая трудоемкость выполнения операции (рассчитывается как арифметическая средняя взвешенная из технологических трудоемкостей выполнения данной операции по различным моделям автомобилей, сборка которых осуществляется на одной поточной линии);

♦ $\hat{\delta}_y^{пред(1490)} = 1,15 / 1,3 = 0,8846$ мин - предельный уровень фактической трудоемкости выполнения данной операции.

Согласно действующей системе стимулирования определим стоимость нормо-часа для операции 1490 при предельном уровне выполнения нормированного задания:

$$H_{1490} = 28,09 + 28,09(1,3 - 0,8) \cdot (0,123 / 0,2) + 0,144 \cdot 28,09 = 40,78 \text{ (руб.)}.$$

В соответствии с уравнением (7) определим коэффициент функции затрат, который переводит усилия работника в стоимостное выражение:

$$\gamma = H_i \cdot (\tau_{yi}^{пред})^2. \quad (9)$$

Получим:

$$\bar{a} = 40,78 \cdot (0,8846)^2 = 31,91189.$$

Таким образом, проведена идентификация функции затрат производственного рабочего, определен параметр функции затрат, который переводит усилия исполнителя в стоимостное выражение.

Перейдем к решению сформулированной математической модели стимулирования производственных рабочих за интенсивность норм труда в зависимости от трудоемкости выполнения операций.

Целевая функция рабочего с учетом фактической трудоемкости выполнения операций принимает вид:

$$f_i(\tau_{yi}) = \left(T_i + T_i \left(\frac{\tau_{xi}}{K_i \tau_{yi}} - d \right) \frac{\alpha_i}{1-d} - \frac{\gamma}{\tau_{yi}^2} \right) t_{\phi i} \rightarrow \max_{\tau_{yi}} \quad (10)$$

Целевая функция руководства предприятия представляет собой минимизацию затрат на стимулирование:

$$(11)$$

Исходя из того, что критерием эффективности выступает минимум затрат, получена задача стимулирования второго рода⁵. Оптимальным с точки зрения теории активных систем является класс систем стимулирования, при которых затраты Центра на стимулирование минимальны при реализации любого действия исполнителя⁶.

Ограничением в рассматриваемой системе стимулирования является средняя ставка оплаты нормо-часа работы в регионе (R).

После формализации целевых установок участников системы осуществим постановку задачи по определению оптимальной величины дополнительной оплаты за интенсивность труда производственных рабочих с учетом интересов руководства и исполнителей:

$$\left\{ \begin{aligned} F(\alpha_i, \tau_{yi}^*) &= \\ &= \sum_{i=1}^n T_i \left(1 + \left(\frac{\tau_{xi}}{K_i \tau_{yi}^*} - d \right) \frac{\alpha_i}{1-d} \right) t_{\phi i} \rightarrow \min_{\alpha_i}, \\ &T_i \left(1 + \left(\frac{\tau_{xi}}{K_i \tau_{yi}^*} - d \right) \frac{\alpha_i}{1-d} \right) - \\ &- \frac{\gamma}{(\tau_{yi}^*)^2} \geq T_i \left(1 + \left(\frac{\tau_{xi}}{K_i \tau_{yi}} - d \right) \frac{\alpha_i}{1-d} \right) - \\ &- \frac{\gamma}{(\tau_{yi})^2}, \forall \tau_{yi} > 0, \\ &T_i \left(1 + \left(\frac{\tau_{xi}}{K_i \tau_{yi}} - d \right) \frac{\alpha_i}{1-d} \right) \geq R. \end{aligned} \right. \quad (12)$$

Математическое описание модели механизма стимулирования производственных рабочих СКП в зависимости от трудоемкости выполнения операций с учетом коэффициента занятости отдельного рабочего на операции, позволяет определить оптимальную ставку доплаты за выполнение нормированного задания.

Производственный рабочий выполняет операции с определенной интенсивностью в зависимости от заданной технологической трудоемкости операции. Цель производственного рабочего - максимизировать доход. Решая оптимизационную задачу (12), получим:

$$f_i(\tau_{yi}) = T_j + T_i \left(\frac{\tau_{xi}}{K_j \tau_{yi}} - d \right) \frac{\alpha_j}{1-d} - \frac{\gamma}{\tau_{yi}^2} \rightarrow \max,$$

$$f_i(\tau_{yi}) = T_j + \frac{\alpha_j \tau_{xi} T_j}{K_j \tau_{yi} (1-d)} - \frac{\alpha_j d T_j}{1-d} - \frac{\gamma}{\tau_{yi}^2} \rightarrow \max,$$

$$F = \sum_{i=1}^n H_i t_{\phi i} \rightarrow \min,$$

$$\frac{\partial f_i}{\partial \tau_{yi}} = 0, \quad \frac{\partial f_i}{\partial \tau_{yi}} = - \frac{\alpha_j \tau_{xi} T_j}{\tau_{iy}^2 K_j (1-d)} + \frac{2\gamma}{\tau_{iy}^3} = 0, \quad \frac{\alpha_j \tau_{xi} T_j}{K_j (1-d)} = \frac{2\gamma}{\tau_{iy}},$$

$$\tau_{yi}^* (\alpha_j) = \frac{2\gamma K_j (1-d)}{\alpha_j \tau_{xi} T_j}. \quad (13)$$

Полученная зависимость трудоемкости выполнения операции от доплаты за интенсивность труда (13) позволяет определить оптимальную величину стимулирования рабочих с точки зрения руководства предприятия. Для этого выражение (13) подставим в целевую функцию центра (12) и проведем решение оптимизационной задачи относительно величины доплат α .

Важно отметить, что тарифная ставка для рабочих рассматриваемого предприятия выше, чем средняя по городу. Следовательно, второе ограничение в (12) выполняется при любых значениях размера доплат за выполнение нормированного задания.

$$F = \sum_{i=1}^n \left(T_j + T_i \left(\frac{\tau_{xi}}{K_j \tau_{yi}} - d \right) \frac{\alpha_j}{1-d} \right) t_{\phi i} \rightarrow \min,$$

$$F = \sum_{i=1}^n \left(T_j + \frac{\alpha_j \tau_{xi} T_j}{K_j \tau_{yi} (1-d)} - \frac{\alpha_j d T_j}{1-d} \right) t_{\phi i} \rightarrow \min,$$

$$F = \sum_{i=1}^n \left(T_j + \frac{\alpha_j \tau_{xi} T_j}{K_j (1-d)} \cdot \frac{\alpha_j \tau_{xi} T_j}{2\gamma K_j (1-d)} - \frac{\alpha_j d T_j}{1-d} \right) t_{\phi i} \rightarrow \min,$$

$$F = \sum_{i=1}^n \left(T_j + \frac{\alpha_j^2 \tau_{xi}^2 T_j^2}{2\gamma K_j^2 (1-d)^2} - \frac{\alpha_j d T_j}{1-d} \right) t_{\phi i} \rightarrow \min, \quad (14)$$

отсюда

$$\frac{dF}{d\alpha_j} = 0, \quad \frac{dF}{d\alpha_j} = \frac{2\alpha_j \tau_{xi}^2 T_j^2}{2\gamma K_j^2 (1-d)^2} - \frac{dT_j}{1-d} = 0,$$

$$\frac{\alpha_j \tau_{xi}^2 T_j^2}{\gamma K_j^2 (1-d)^2} = \frac{dT_j}{1-d}. \quad (15)$$

В результате решения задачи (12), (13) выражение для оптимального с точки зрения центра размера доплат за интенсивность труда примет вид:

$$\alpha_j^* = \frac{d(1-d)\gamma K_j^2}{\tau_{xi}^2 T_j}. \quad (16)$$

Таким образом, получено выражение для оптимальной величины доплат с учетом индивидуальной интенсивности работы отдельного рабочего в составе бригады.

В результате решения задачи об оптимальной величине доплаты за выполнение нормированного задания рабочего СКП АО "АВТОВАЗ" получили зависимость интенсивности работы рабочего (трудоемкости) от величины ставки доплаты за интенсивность (15) и выражение для оптимальной величины ставки доплаты за интенсивность труда (16).

¹ Александровский Л.П. Показатели работы машиностроительного предприятия. Методика исчисления и анализ. М., 1971.

² Отчет по труду и заработной плате ОАО "АВТОВАЗ" за 2004 год / ОАО "АВТОВАЗ". Дирекция по производству. Сборочно-кузовное производство. Тольятти, 2005.

³ Коллективный договор Открытого акционерного общества "АВТОВАЗ" на 2004 г.: Зарег. в отделе труда по г. Тольятти Главного управления

труда администрации Самар. обл. 1 апр. 2004 г. № 032/4 / ОАО "АВТОВАЗ". Тольятти, 2004.

⁴ Генкин Б.М. Организация, нормирование и оплата труда на промышленных предприятиях: Учебник. М., 2004.

⁵ Новиков Д.А. Стимулирование в организационных системах. М., 2003.

⁶ Новиков Д.А. Стимулирование в социально-экономических системах (базовые математические модели). М., 1998.

Поступила в редакцию 07.08.2009 г.