

Проектирование оптимально-согласованной системы материального стимулирования работников сборочно-конвейерного производства

© 2010 Д.Ю. Иванов

кандидат экономических наук, доцент

Самарский государственный аэрокосмический университет

им. академика С.П. Королева

E-mail: ssau_ivanov@mail.ru

В статье 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.

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

Задачу построения оптимально-согласованной системы материального стимулирования работников сборочно-конвейерного производства рассмотрим на примере ОАО «АВТОВАЗ». Особенностью организации труда на сборочно-конвейерном предприятии является то, что весь трудовой процесс, как бы сложен он ни был, подразделяется на ряд мелких операций, равных или кратных по продолжительности¹. В основу схемы начисления заработной платы рабочим положена тарифная ставка, исходя из которой определяется размер остальных составляющих заработной платы². Основная проблема заключается в определении уровня доплат производственным рабочим в зависимости от условий и результатов труда, а именно: выполнения нормированного задания, уровня интенсивности и трудоемкости выполнения операций. При построении системы материального стимулирования необходимо учитывать экономические интересы руководства и исполнителей, т.е. речь идет об оптимально-согласованных механизмах оплаты труда.

Интенсивность выполнения сборочных операций производственным рабочим на конвейере согласно анализу схемы начисления заработной платы производственным рабочим сборочно-конвейерного производства 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 рассмотрим 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 сборочно-конвейерного производства 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, машино-комплектов;
 x_i - плановый объем сборки автомобилей, машино-комплектов.

Объем производства бригады (плановый и фактический) в машино-комплектах 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.

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 i -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, н/ч;

$\hat{\delta}_x$ - 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 того, 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.

Представим функцию стимулирования производственного рабочего, определяемую с учетом трудоемкости сборки автомобилей⁴:

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

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:

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

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

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

где \bar{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:

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

В соответствии с положениями теории организации и производственного менеджмента⁵ предельным уровнем выполнения нормативов принято считать уровень, в 1,3 раза превышающий установленный нормами организации труда на предприятии. Также согласно действующим принципам организации труда СКП пересмотр нормативов по трудоемкости выполнения операций производится при регулярном перевыполнении норматива в 1,3 раза. В соответствии с этим предельный уровень фактической трудоемкости выполнения операций определяется следующим выражением:

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

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

$\hat{\delta}_x^{(1490)ep} = 1,1500$ 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);

$\hat{\delta}_y^{nped(1490)} = 1,15 / 1,3 = 0,8846$ 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

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

Получим

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

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 интенсивности норм труда производственных рабочих 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:

$$F = \sum_{i=1}^n H_i t_{\phi i} \rightarrow \min, \quad F(\alpha_i, \tau_{yi}^*) = \sum_{i=1}^n H_i t_{\phi i} = \sum T_i \left(1 + \left(\frac{\tau_{xi}}{K_i \tau_{yi}^*} - d \right) \frac{\alpha_i}{1-d} \right) t_{\phi i} \rightarrow \min_{\alpha_i}. \quad (11)$$

Исходя из того, что критерием эффективности выступает минимум затрат, получена задача стимулирования второго рода⁶. Оптимальным с точки зрения теории активных систем является класс систем стимулирования, при которых затраты центра на стимулирование минимальны при реализации любого действия исполнителя⁷.

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:

$$F(\alpha_i, \tau_{yi}^*) = \sum_{i=1}^n T_i \left(1 + \left(\frac{\tau_{xi}}{K_i \tau_{yi}^*} - d \right) \frac{\alpha_i}{1-d} \right) t_{\phi i} \rightarrow \min_{\alpha_i}$$

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

Математическое описание модели механизма стимулирования производственных рабочих сборочно-конвейерного производства 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:

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

$$f_i(\tau_{yi}) = T_i + \frac{\alpha_i \tau_{xi} T_i}{K_i \tau_{yi} (1-d)} - \frac{\alpha_i d T_i}{1-d} - \frac{\gamma}{\tau_{yi}^2} \rightarrow \max_{\tau_{yi}},$$

$$\frac{\partial f_i}{\partial \tau_{yi}} = 0, \quad \frac{\partial f_i}{\partial \tau_{yi}} = -\frac{\alpha_i \tau_{ix} T_i}{\tau_{iy}^2 K_i (1-d)} + \frac{2\gamma}{\tau_{iy}^3} = 0,$$

$$\frac{\alpha_i \tau_{xi} T_i}{K_i (1-d)} = \frac{2\gamma}{\tau_{yi}}, \quad \tau_{yi}^*(\alpha_i) = \frac{2\gamma K_i (1-d)}{\alpha_i \tau_{xi} T_i}. \quad (13)$$

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.

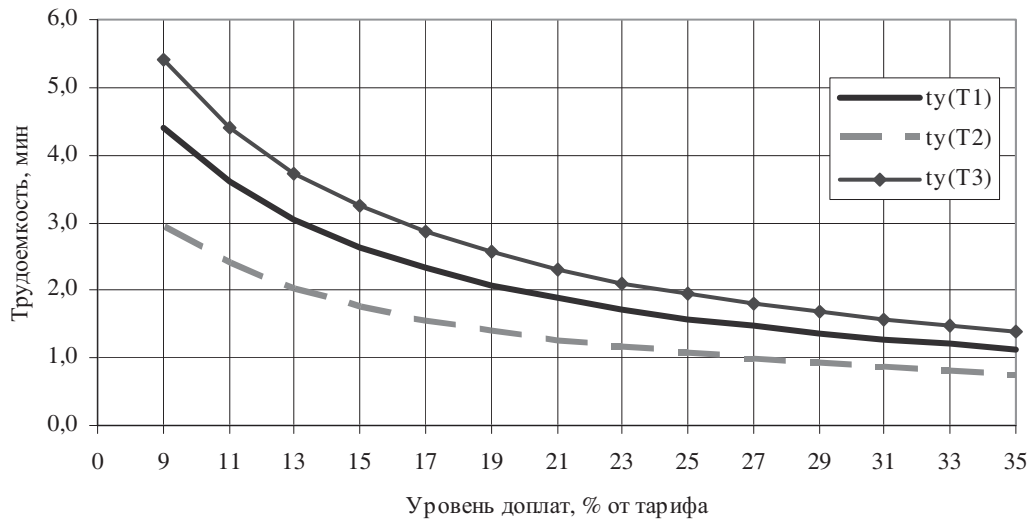


Рис. Зависимость фактической трудоемкости выполнения операции исполнителем от доплат при различных уровнях оплаты по тарифу ($T_1 > T_2 > T_3$)

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

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

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

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

отсюда

$$\frac{dF}{d\alpha_i} = 0, \quad \frac{dF}{d\alpha_i} = \frac{2\alpha_i \tau_{xi}^2 T_i^2}{2\gamma K_i^2 (1-d)^2} - \frac{dT_i}{1-d} = 0,$$

$$\frac{\alpha_i \tau_{xi}^2 T_i^2}{\gamma K_i^2 (1-d)^2} = \frac{dT_i}{1-d}. \quad (15)$$

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

$$\alpha_i^* = \frac{d(1-d)\gamma K_i^2}{\tau_{xi}^2 T_i}. \quad (16)$$

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

Проведем анализ зависимости фактической трудоемкости, с которой готов выполнять операцию работник, от доплат при изменении прочих параметров полученного выражения (15). С целью анализа построим изолинии, которым соответствует тот или иной параметр (тариф, тех-

нологическая трудоемкость, коэффициент занятости). В случае изменения тарифной ставки получим следующую зависимость (см. рисунок).

Вдоль каждой изолинии происходит снижение фактической трудоемкости с увеличением уровня доплат. Однако снижение тарифных ставок приводит к переходу на более отдаленную от начала координат изолинию. Это означает, что чем больше тарифная ставка, тем меньше требуется величина доплат за интенсивность труда для того, чтобы исполнитель был согласен работать с фиксированным уровнем фактической трудоемкости (фиксированной интенсивностью).

В результате решения задачи об оптимальной величине доплаты за выполнение нормированного задания рабочего сборочно-конвейерного производства ОАО «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. Зарегистрирован в отделе труда по г. Тольятти Главного управления труда Администрации Самарской области 1 апреля 2004 г. □ 032/4. / ОАО «АВТОВАЗ». Тольятти, 2004.

⁴ Модели и методы материального стимулирования: Теория и практика / О.Н. Васильева [и др.]. М., 2007.

⁵ Генкин Б.М. Организация, нормирование и оплата труда на промышленных предприятиях: учебник. М., 2004.

⁶ Новиков Д.А. Стимулирование в организационных системах. М., 2003.

⁷ Новиков Д.А. Стимулирование в социально-экономических системах (базовые математические модели). М., 1998.