

## ОРГАНИЗАЦИОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НОРМАТИВНОЙ МОДЕЛИ

Функциональная деятельность человека (коллектива людей) в организациях всегда регламентируется некоторыми принципами, инструкциями, правилами, научными и эмпирическими методами. Все они могут рассматриваться как функциональные частичные модели (ЧМ) желаемой (с точки зрения всей организации) деятельности человека, т.е. как своего рода нормативные (эталонные) модели.

В реальных ситуациях, когда нормативные модели не позволяют достаточно полно и верно определить наиболее эффективные действия человека, возникает задача стимулирования человека с тем, чтобы он стремился улучшить "рекомендуемые" ему нормативной моделью действия.

В данной статье предлагается способ построения показателей эффективности деятельности человека с использованием нормативной модели и приводятся функции материального стимулирования, зависящие от этих показателей.

Одним из наиболее распространенных способов оценки эффективности выбора человеком управляющих воздействий является использование показателя, который определяется как некоторая "норма" отклонений технико-экономических показателей (ТЭП) производственного процесса от соответствующих им "жестких" нормативов. Однако из-за существенной нестационарности реальных управляемых производственных процессов такой показатель эффективности деятельности человека, управляющего процессом, не позволяет достаточно полно учесть "личный" вклад человека в результат производственного процесса. Поэтому необходимо разработать "гибкие" нормативы, которые "отслеживали" бы нестационарные изменения внешних условий, и, тем самым, позволили бы построить адекватные показатели эффективности работы человека.

Прежде, чем перейти к построению таких показателей, опишем функционирование системы, включающей в свой состав

человека, нормативную модель и объект управления (производственный или технологический процесс).

Объект управления описывается в каждый момент  $t$  набором контролируемых параметров  $Z_t = \{U_t, W_t, S_t, y_t\}$ , где

$U_t$  - фактические управляющие воздействия,  $W_t$  - внешние воздействия,  $S_t$  - параметры состояния объекта,  $y_t$  - значения выходов объекта, а нормативная модель - параметрами  $X_t^N = \{U_t^N, I_t^N\}$ , где  $U_t^N$  - нормативные управления,  $I_t^N$  - нормативные информирующие решения. Деятельность человека определяется набором параметров  $X_t^C = \{U_t^C, I_t^C\}$ , где  $U_t^C$  - управляющие воздействия, а  $I_t^C$  - информирующие решения. Значение технико-экономического показателя  $Q_t$ , с помощью которого описывается эффективность работы всей системы (для простоты положим, что имеется всего один ТЭП), есть некоторая заданная функция  $Q_t = f(Z_t)$  от параметров  $Z_t$ .

Рассмотрим разность  $\delta_t = Q_t^C - Q_t^N$  между значениями  $Q_t^C$  и  $Q_t^N$  ТЭП в случаях, если бы были реализованы соответственно управляющие воздействия  $U_t^C$  и  $U_t^N$  при одних и тех же возмущениях  $W_t$ . Величина и знак этой разности характеризуют на сколько управляющие решения  $U_t^C$ , выбранные человеком, "лучше" ("хуже") управляющих решений  $U_t^N$  нормативной модели. Заметим, что величину  $Q_t^N$  можно интерпретировать как "гибкий" норматив, поскольку её значение зависит от внешних возмущений  $W_t$  так же, как и значение  $Q_t^C$ .

Используя в качестве показателя эффективности деятельности человека разность  $\delta_t$ , можно строить различные функции стимулирования, например,

$$R = R_0 + \alpha R_1 \quad (1)$$

либо

$$R = R_0 + \begin{cases} \alpha R_1, & \text{если } R_1 \geq C_{\max}, \\ 0, & \text{если } C_{\min} < R_1 < C_{\max}, \\ -\beta R_1, & \text{если } R_1 \leq C_{\min}, \end{cases} \quad (2)$$

где  $R_t = \int_0^B \delta_t dt$ , а  $R_0, \alpha, \beta, C_{min}, C_{max}$  - настроечные коэффициенты, выбираемые эмпирически в зависимости от чувствительности человека к стимулирующим решениям, размеры фонда стимулирования и других факторов, А и В - моменты времени, в пределах которых рассчитывается значение стимула.

Таким образом, задача построения функций стимулирования (1), (2) сводится к оценке показателя эффективности деятельности человека  $\delta_t$ .

Сначала укажем способ вычисления величины  $\delta_t$  для случая  $X_t^y = U_t^y$ ,  $X_t^n = U_t^n$ , а затем охарактеризуем специфику вычисления  $\delta_t$  в случае  $X_t^y = \{U_t^y, I_t^y\}$ ,  $X_t^n = \{U_t^n, I_t^n\}$ .

Чтобы определить  $\delta_t$ , необходимо по имеющимся данным об управлениях  $U_t^y$  и  $U_t^n$  и реализации  $Z_t$  оценить величины  $Q_t^y$  и  $Q_t^n$ , т.е. построить оператор  $\Phi[\cdot]$  такой, что  $Q_t^y = \Phi(U_t^y, Z_t)$  и  $Q_t^n = \Phi(U_t^n, Z_t)$ .

Способ оценки величин  $Q_t^y$  и  $Q_t^n$  заключается в сравнительном анализе эффективности управлений  $U_t^y$  и  $U_t^n$  с эффективностью  $Q_t$  фактически реализованного управления  $U_t$ . Для этого достаточно знать только приращения управляющих решений  $\Delta U_t^y = U_t^y - U_t$ ,  $\Delta U_t^n = U_t^n - U_t$  и соответствующие им приращения  $\Delta S_t^y$ ,  $\Delta S_t^n$ ,  $\Delta y_t^y$ ,  $\Delta y_t^n$  состояний  $S_t$  и выходов  $y_t$ , которые определяются с помощью натурно-математического моделирования [1-3], (предполагается, что все эти приращения достаточно малы). По приращениям  $\Delta U_t^y$ ,  $\Delta S_t^y$ ,  $\Delta y_t^y$  и  $\Delta U_t^n$ ,  $\Delta S_t^n$ ,  $\Delta y_t^n$  рассчитываются соответственно приращения ТЭП

$$\begin{aligned} \Delta Q_t^y &= Q_t^y - Q_t, \\ \Delta Q_t^n &= Q_t^n - Q_t, \end{aligned} \quad (3)$$

где  $Q_t$  - фактическое значение ТЭП. Если  $\Delta Q_t^y$  и  $\Delta Q_t^n$

определены, то, используя выражения (3), легко вычислить величины  $Q_t^y$ ,  $Q_t^n$  и  $\delta_t = Q_t^y - Q_t^n$ . Сразу же отметим, что ниже будет рассмотрен только способ построения оценки  $Q_t^n$ , поскольку оценка величины  $Q_t^y$  производится по аналогичным выражениям, в которых лишь  $U_t^n$  заменено на  $U_t^y$ . В том случае, когда управления человека  $U_t^n$  реализуются практически точно, т.е. можно принять, что  $U_t^n = U_t$ , то  $Q_t^n = Q_t$  и, следовательно, достаточно вычислить только  $Q_t^y$ .

Разложим в ряд Тейлора функцию  $f(Z_t)$ , выражающую зависимость  $Q_t$  от параметров  $Z_t$  в окрестности фактических значений параметров  $U_t$ ,  $S_t$ ,  $y_t$ . Ограничиваясь линейными членами разложения, получим следующую оценку нормативного значения ТЭП

$$Q_t^n \approx Q_t + a_t^1 (U_t^n - U_t) + a_t^2 (S_t^n - S_t) + a_t^3 (y_t^n - y_t), \quad (4)$$

где  $a_t^1$ ,  $a_t^2$ ,  $a_t^3$  - коэффициенты разложения ТЭП. Для определения приращений  $\Delta S_t^n = S_t^n - S_t$  и  $\Delta y_t^n = y_t^n - y_t$  в (4) используется, как отмечалось выше, метод натурно-математического моделирования [I-3].

В качестве примера расчета приращений выходов  $\Delta y_t^n$  (приращения  $\Delta S_t^n$  рассчитываются аналогично) приведем способ вычисления  $\Delta y_t^n$  для случая, когда известна динамическая модель объекта управления

$$\Delta y_t^n = \sum_{i=1}^m \frac{k_i}{T_i} \int_0^{3T_i} \exp\left(-\frac{\theta}{T_i}\right) \cdot [U_i(t-\theta-\tau_i) - U_i^n(t-\theta-\tau_i)] d\theta,$$

где  $k_i$  - передаточный коэффициент от приращений  $i$ -го управления к выходу,  $m$  - число управлений,  $T_i$  - постоянная времени инерции,  $\tau_i$  - время запаздывания.

Рассмотрим теперь некоторые особенности построения функции стимулирования, когда человек, кроме управлений  $U_t^n$ , выбирает информирующие решения  $I_t^y$ .

Вырабатывая решения  $I_t^y$ , человек выступает как источник исходной для расчета управлений  $U_t^n$  информации о входах, состояниях и выходах объекта управления. Выполнение этой функции человеком позволяет по-новому взглянуть на его роль в АСУ [4,5].

Во многих практически важных ситуациях человек может формировать информирующие решения  $I_t^H$ , достоверные оценки которых  $I_{t+\tau}$  поступают со значительным запаздыванием

$T$ . Такое положение дел характерно, например, при определении качества готовой продукции металлургических переделов. Человек может дать оценку качества продукции по её внешнему виду, а данные объективного контроля этой продукции с учетом времени отбора, транспортировки, подготовки и анализа ее проб поступают с большим запаздыванием.

В этом случае оценки качества информирующих решений  $\Delta I_t^H$  человека и  $\Delta I_t^N$  нормативной модели можно строить в виде

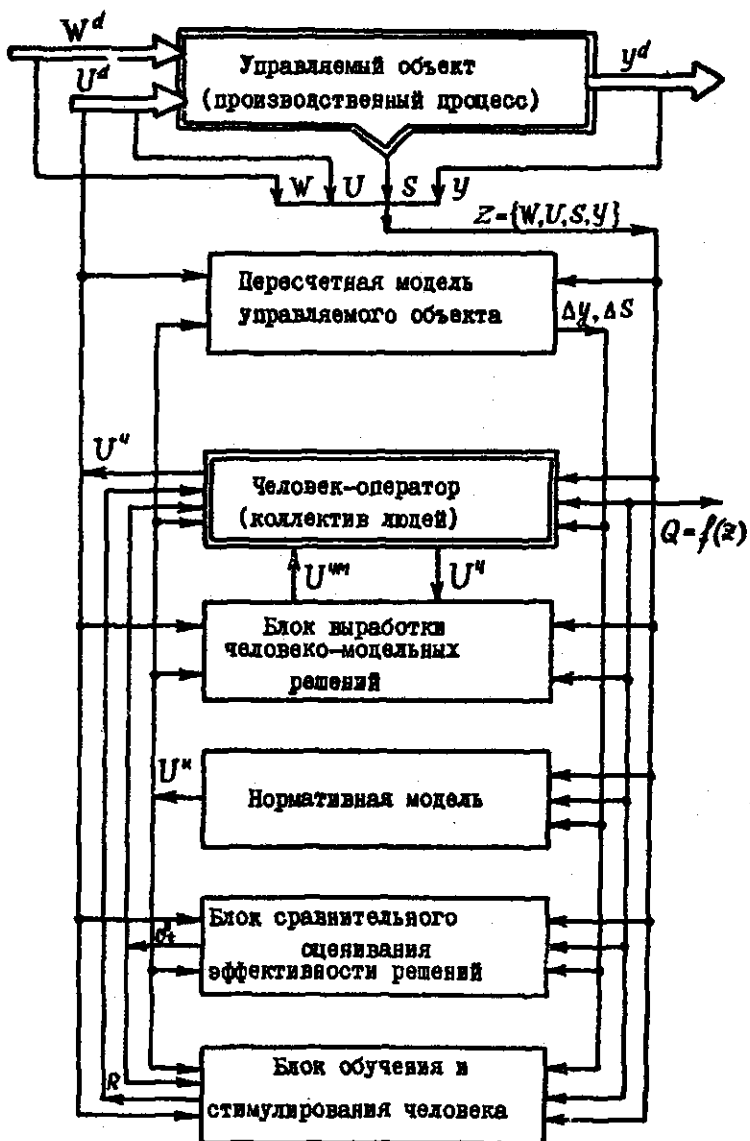
$$\Delta I_t^H = |I_t^H - I_{t+\tau}|,$$

$$\Delta I_t^N = |I_t^N - I_{t+\tau}|.$$

Стимулирующие воздействия  $R$  за качество информирующих решений отыскиваются в зависимости от  $\Delta I_t^H$  и  $\Delta I_t^N$  по аналогичным (1), (2) выражениям, где вместо  $Q_t^H$  и  $Q_t^N$  необходимо подставить соответственно  $\Delta I_t^H$  и  $\Delta I_t^N$ .

В более общей форме рассмотренные способы оценки деятельности и стимулирования человека предполагают выработку человеко-машинных решений  $X_t^{чм} = \{U_t^{чм}, I_t^{чм}\}$ , которые сопоставляются с нормативными решениями  $X_t^N = \{U_t^N, I_t^N\}$ . Возможное улучшение  $X_t^{чм}$  по сравнению с  $X_t^N$  ставится в заслугу человеку-оператору, выбирающему  $X_t^{чм}$ , и в связи с этим производится его стимулирование. Кроме того, персонал, который обслуживает выработку нормативных решений  $X_t^N$ , стимулируется так, чтобы нормативные решения приближались или даже превосходили по эффективности фактические решения.

Блок-схема организационного управления с использованием нормативной модели для выработки человеко-машинных управляющих решений  $U^{чм}$  представлена на рисунке.



Отметим, что между рассматриваемым методом управления и с использованием нормативной модели в организационных системах и методом автоматического управления с использованием эталонной модели [6] существует определенное сходство. Вместе с тем эти методы имеют значительное различие, связанное с тем, что организационные системы обладают свойством активности [5]. Активность организационной системы проявляется, например, в том, что человек, входящий в ее состав, может воздействовать на нормативные управляющие решения, целенаправленно формируя исходную для расчета управляющих решений  $U_t^H$  информацию  $I_t^H$ . В системах автоматического управления с использованием эталонной модели, такого воздействия на управляющие воздействия нет.

Практическое внедрение организационного управления с использованием нормативной модели требует, во-первых, реализации нормативной модели с применением средств вычислительной техники и, во-вторых, специального обучения человека на тренажерах в учебных заведениях и непосредственно в производственных системах.

Одним из наиболее конструктивных путей внедрения рассмотренного способа организационного управления с нормативной моделью в производственные процессы является соответствующее построение АСУ ТП и АСУП.

Организационный механизм с использованием нормативной модели способствует более рациональному применению средств вычислительной техники, повышению эффективности производства и качества продукции. Тем самым в какой-то мере реализуется концепция, выдвинутая в [4]. Соответствующие представления имеют, на наш взгляд, очевидные преимущества перед структурами типа "Советчик оператора" с чисто административной привязкой человека к УВМ. С позиций предлагаемого организационного механизма "Человек с нормативной моделью" можно и нужно усовершенствовать руководящие материалы по созданию, внедрению и эксплуатации АСУ ТП, АСУП и интегрированных систем.

Накопленный опыт использования рассмотренного подхода в учебном и исследовательском процессе Сибирского металлургического института, а также в работах АСУ Западно-Сибирского металлургического завода позволяет считать

его плодотворным и рекомендовать к дальнейшему обобщению и практическому применению.

В заключение приведем пример построения показателя эффективности работы человека-оператора при управлении кислородно-конверторным процессом производства стали.

В качестве ТЭИ  $Q_t$ , оценивающего эффективность производственного процесса, примем удельную себестоимость конверторной стали.

Удельная себестоимость конверторной стали, полученной в  $t$ -й плавке, включает удельные расходы  $Q_t^1$  на сырье и ресурсы, используемые в качестве управлений, а также условнопостоянные расходы  $Q_t^2$  (зарплата плата обслуживающему персоналу, амортизационные отчисления и т.п.):

$$Q_t = Q_t^1 + Q_t^2,$$

$$Q_t^1 = \frac{1}{y_t} \sum_{j=1}^m c_j U_j(t), \quad Q_t^2 = \frac{1}{y_t} c_1 \tau_t,$$

где  $y_t$  - среднее количество стали, полученное за  $t$ -ю плавку,  $c_j$  - плановая цена материала, используемого в качестве управления  $j$ -го вида,  $m$  - число управлений,

$U_j(t)$  - фактическое управление,  $c_1$  - плановые условнопостоянные расходы на единицу времени,  $\tau_t$  - время проведения  $t$ -й плавки.

Приращение  $\Delta Q_t$  показателя удельной себестоимости при изменении управлений на величины  $\Delta U_j(t)$  ( $j=1, 2, \dots, m$ ) оценивается как

$$\begin{aligned} \Delta Q_t &= \sum_{j=1}^m \left( \frac{\partial Q_t^1}{\partial U_j(t)} + \frac{\partial Q_t^2}{\partial U_j(t)} \right) \Delta U_j(t) = \\ &= \sum_{j=1}^m \left\{ \frac{c_j}{y_t} \Delta U_j(t) + c_1 \Delta \tau_t - \frac{1}{y_t^2} (c_j + c_1 \tau) \frac{\partial y_t}{\partial U_j(t)} \cdot \Delta U_j(t) \right\}. \end{aligned}$$

Отсюда выражение расчета показателя эффективности управления  $\delta_t$  имеет вид

$$\begin{aligned} \delta_t &= \frac{1}{y_t} \left\{ \sum_{j=1}^m c_j [U_j(t) - U_j''(t)] + c_1 \Delta \tau(t) \right\} = \\ &= \frac{c_2}{y_t^2} \sum_{j=1}^m b_j [U_j(t) - U_j''(t)], \end{aligned}$$



где  $U_j^*(t)$  - нормативные управления,  $\Delta\tau(t)$  - приращение длительности фактической плавки относительно расчетной,  $C_2$  - сумма плановых затрат на материалы и условно-постоянных расходов на плавку,  $\beta_j$  - коэффициенты, характеризующие приращение массы стали.

### Л и т е р а т у р а

1. Авдеев В.П., Мышляев Л.П., Соловьев В.И. О восстановительно-прогнозирующем регулировании технологических процессов. - Изв. ВУЗов. Черная металлургия, 1978, № 10.
2. Авдеев В.П. О производственно-исследовательских системах управления на базе натурно-модельных блоков. - Изв. ВУЗов. Черная металлургия, 1979, № 2.
3. Данильянц Л.Г., Ершов А.А., Авдеев В.П. и др. Исследование эффективности алгоритмов сглаживания экспериментальных данных. - Изв. ВУЗов. Черная металлургия, 1978, № 6.
4. Трапезников В.А. Человек в системе управления. - Автоматика и телемеханика, 1972, № 2.
5. Бурков В.Н. Математические основы теории активных систем - М.: Наука, 1977.
6. Петров Б.Н., Рутковский В.Ю., Крутова И.Н., Земляков С.Д. Принципы построения самонастраивающихся систем управления. - М.: Машиностроение, 1972.