

В.П.Авдеев, В.Н.Бурков, А.К.Еналеев, В.В.Кондратьев,
Л.П.Мышляев

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 $X_t^* = \{U_t^*, I_t^*\}$, где U_t^* - нормативные управления, I_t^* - нормативные информирующие решения. Деятельность человека определяется набором параметров $X_t = \{U_t, I_t\}$, где U_t - управляющие воздействия, а I_t - 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 $\delta_t = Q_t^* - Q_t$ между значениями Q_t^* и Q_t ТЭП в случаях, если бы были реализованы соответственно управляющие воздействия U_t^* и U_t при одних и тех же возмущениях W_t . Величина и знак этой разности характеризуют на сколько управляющие решения U_t^* , выбранные человеком, "лучше" ("хуже") управляющих решений U_t нормативной модели. Заметим, что величину Q_t^* можно интерпретировать как "гибкий" норматив, поскольку её значение зависит от внешних возмущений W_t так же, как и значение Q_t .

Используя в качестве показателя эффективности деятельности человека разность δ_t , можно строить различные функции стимулирования, например,

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

либо

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

где $R_1 = \int_A^B \delta_t dt$, а $R_o, \alpha, \beta, C_{min}, C_{max}$ - настроочные 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 δ_t .

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

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

Способ оценки величин Q_t^U и Q_t^H заключается в сравнительном анализе эффективности управлений U_t^U и U_t^H с эффективностью Q_t фактически реализованного управления U_t . Для этого достаточно знать только приращения управляющих решений $\Delta U_t^U = U_t^U - U_t$, $\Delta U_t^H = U_t^H - U_t$ и соответствующие им приращения ΔS_t^U , ΔS_t^H , ΔY_t^U , ΔY_t^H 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 ΔU_t^U , ΔS_t^U , ΔY_t^U и ΔU_t^H , ΔS_t^H , ΔY_t^H рассчитываются соответственно приращения ТЭП

$$\begin{aligned}\Delta Q_t^U &= Q_t^U - Q_t, \\ \Delta Q_t^H &= Q_t^H - Q_t,\end{aligned}\tag{3}$$

где Q_t - фактическое значение ТЭП. Если ΔQ_t^U и ΔQ_t^H

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

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 . Ограничиваюсь линейными членами разложения, получим следующую оценку нормативного значения ТЭП.

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

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

В качестве примера расчета приращений выходов Δy_t^h (приращения ΔS_t^h рассчитываются аналогично) приведем способ вычисления Δy_t^h для случая, когда известна динамическая модель объекта управления

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

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

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

Вырабатывая решения I_t^u , человек выступает как источник исходной для расчета управлений U_t^h 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^u , достоверные оценки которых $I_{t+\tau}$ поступают со значительным запаздыванием τ .

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 ΔI_t^u человека и $\Delta I_{t+\tau}^u$ нормативной модели можно строить в виде

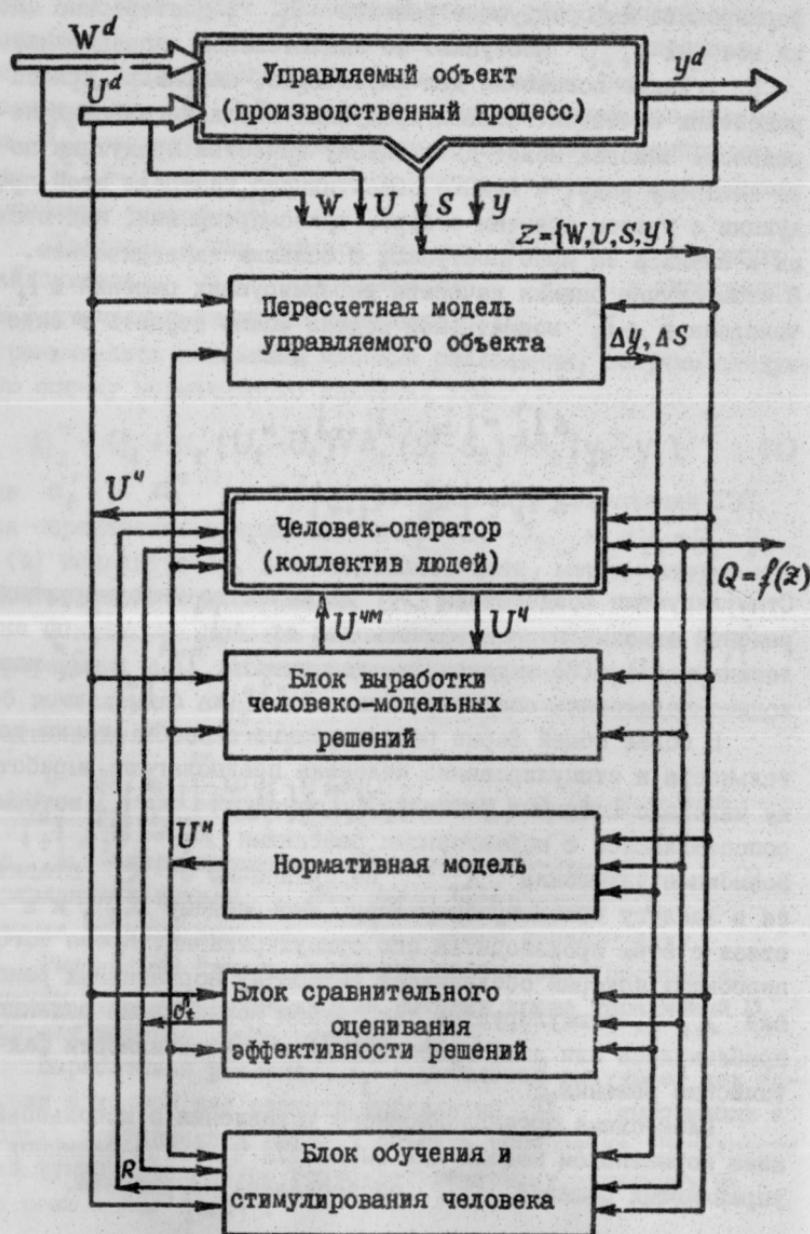
$$\Delta I_t^u = |I_t^u - I_{t+\tau}|,$$

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

Стимулирующие воздействия R за качество информирующих решений отыскиваются в зависимости от ΔI_t^u и $\Delta I_{t+\tau}^u$ по аналогичным (1), (2) выражениям, где вместо Q_t^u и $Q_{t+\tau}^u$ необходимо подставить соответственно ΔI_t^u и $\Delta I_{t+\tau}^u$.

В более общей форме рассмотренные способы оценки деятельности и стимулирования человека предполагают выработку человеко-машинных решений $X_t^{uM} = \{U_t^{uM}, I_t^{uM}\}$, которые сопоставляются с нормативными решениями $X_t^u = \{U_t^u, I_t^u\}$. Возможное улучшение X_t^{uM} по сравнению с X_t^u ставится в заслугу человеку-оператору, выбирающему X_t^u , и в связи с этим производится его стимулирование. Кроме того, персонал, который обслуживает выработку нормативных решений X_t^u , 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_t^{uM} представлена на рисунке.



Отметим, что между рассматриваемым методом управления и 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^* информацию I_t^* . 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 привычкой 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 работающих 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 ТЭП 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 (заработка платы обслуживающему персоналу, амортизационные отчисления и т.п.):

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

$$Q_t^1 = \frac{1}{y_t} \sum_{j=1}^m U_j U_j(t), \quad Q_t^2 = \frac{1}{y_t} C_1 \tau_t,$$

где y_t - среднее количество стали, полученное за t -ю плавку, U_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, τ_t - время проведения t -й плавки.

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

$$\begin{aligned} \Delta Q_t &= \sum_{j=1}^m \left(\frac{\partial Q_t^1}{\partial U_j(t)} + \frac{\partial Q_t^2}{\partial U_j(t)} \right) \Delta U_j(t) = \\ &= \sum_{j=1}^m \left\{ \frac{U_j}{y_t} \Delta U_j(t) + C_1 \Delta \tau_t - \frac{1}{y_t^2} (U_j + C_1 \tau_t) \frac{\partial y_t}{\partial U_j(t)} \cdot \Delta U_j(t) \right\}. \end{aligned}$$

Отсюда выражение расчета показателя эффективности управления δ_t имеет вид

$$\begin{aligned} \delta_t &= \frac{1}{y_t} \left\{ \sum_{j=1}^m U_j [U_j(t) - U_j''(t)] + C_1 \Delta \tau(t) \right\} = \\ &- \frac{C_1}{y_t^2} \sum_{j=1}^m B_j [U_j(t) - U_j''(t)], \end{aligned}$$

где $U_j''(t)$ - нормативные управлении, $\Delta\tau(t)$ - приращение длительности фактической плавки относительно расчетной, C_2 - сумма плановых затрат на материалы и условно-постоянных расходов на плавку, b_j - коэффициенты, характеризующие приращение массы стали.

Л и т е р а т у р а

1. Авдеев В.П., Мышилев 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.