



В.В. Шарапков, В.А. Скворцов, Т.В. Касаева

Модель E (Enterprise)

Модель E представляет собой математическую формализацию основных взаимосвязей и зависимостей производственной системы (предприятия). Общая концепция ее реализации и направления использования представлены нами в [1]. Базовые посылки для построения модели E изложены в работах К.А.Багриновского и Н.Е. Егоровой [2], В.И.Дудорина и Ю.Н.Алексеева [3].

1. Условные обозначения

Для простоты и большей наглядности в приведенных ниже обозначениях переменных модели опущены индексы, которые имеют следующий смысл: нг, кг – значение показателя на начало и конец года соответственно; индекс о обозначает начальные данные, п, ф, н – соответственно плановые, фактические и нормативные величины. Кроме того опущен параметр времени t и помещаемые перед переменной модели символы: "С" (усредняет значение переменной за период) и "Δ" (определяет абсолютный прирост показателя за период). Интервальные показатели оценивают явления в расчете за год.

A – основные производственные фонды (ОПФ), млн. руб. Индексы "вв" и "выв" при переменной A обозначают соответственно вводимые в производство и выводимые из него ОПФ; И – износ ОПФ, млн. руб.; F – фонд заработной платы (ФЗП), млн. руб.; L – оборотные средства (ОС), млн. руб.; M – стоимость материалов, топлива и энергии, млн. руб.; NL – совокупный запас ОС; L1 – запас ОС по основным материалам и покупным полуфабрикатам, млн. руб.; L2 – запас ОС по незавершенному производству, млн. руб.; L3 – запас ОС по расходам будущих периодов и на готовую продукцию, млн. руб.; П – объем товарной продукции (ТП), млн. руб.; P – объем реализованной продукции (РП), млн. руб.; кр – коэффициент реализации ТП; ка – коэффициент реализации выбывших ОПФ; С – себестоимость ТП, млн. руб.; k1 – удельные затраты ОПФ на 1 руб. ТП; k2 – удельные затраты заработной платы на 1 руб. ТП; k3 – удельные затраты ОС на 1 руб. ТП; k4 – коэффициент оборачиваемости; k5 – коэффициент выбытия ОПФ; k6 – коэффициент пересчета стоимости ОПФ на 1.01. текущего года; k7 – коэффициент корректировки ФЗП (доли этого фонда); k8 – число минимальных заработных плат в ФЗП; k9 – коэффициент, характеризующий отношение фактически израсходованных ОС к расчетным; h1 – стоимость материалов на 1 руб. ТП, руб./руб.; h2 – стоимость топлива и энергии всех видов со стороны на 1 руб. ТП, руб./руб.; h3 – средняя норма амортизации ОПФ (доли их стоимости); h4 – отчисления на социальное страхование (доли ФЗП); h5 – отчисления на содержание детских дошкольных учреждений, в фонд занятости, на ликвидацию последствий аварии на Чернобыльской АЭС (доли ФЗП); h6 – прочие расходы в себестоимости ТП, млн. руб.; h7 – ставка налога на недвижимость (доли остаточной стоимости ОПФ); h8 – ставка налога на прибыль (доли прибыли облагаемой налогом на прибыль); h9 – доля ФЗП стимулирующего характера; d – расчетный запас ОС, дни; v – переводной коэффициент, приводящий размерность

технологического и организационно-технического времени к календарному, календарные дни/нормо-часы. T1 – технологическое время, нормо-часы; T2 – организационно-техническое время, нормо-часы; lw – индекс производительности труда; lm – индекс изменения расхода материалов, топлива и энергии; f1 – фондоотдача, руб./руб.; f2 – производительность труда (ПТ), руб./руб.; u – фондовооруженность, руб./руб.; БП – балансовая прибыль, млн. руб.; ПО – прибыль, облагаемая налогом на прибыль, млн. руб.; ЧП – чистая прибыль, млн. руб.; R – рентабельность продукции, коэфф.; R' – рентабельность производства, коэфф.; НН – налог на недвижимость, млн. руб.; НП – налог на прибыль, млн. руб.; ФН – фонд накопления, млн. руб.; ФП – фонд потребления, млн. руб.; ФД – фонд выплаты дивидендов по акциям предприятия, млн. руб.; КС – кредитные средства, млн. руб.; ПК – сумма погашения кредита, млн. руб.; g1 – доля ЧП направляемая в ФП; g2 – доля ЧП направляемая в ФН; g3 – доля ЧП направляемая в ФД; g4 – доля средств из ФП направляемая на стимулирование ПТ; g5 – доля средств из ФП направляемая на стимулирование экономии материальных затрат; dH – доля средств в части ФН направляемая на увеличение ОПФ; dK – коэффициент освоения кредитных ресурсов в целях перевооружения и расширения производства в текущем году; s – коэффициент, характеризующий степень использования производственных возможностей предприятия.

2. Производственный блок

$$\Pi(t)\Phi \leq \Pi[CA(t), CF(t), CL(t), k_1(t), k_2(t), k_3(t), lw(t), lm(t)] \quad (E.1)$$

$$CA(t) = A(t-1)kr + 0,5(Aвв(t) - Aвыв(t)) \quad (E.2)$$

$$F(t) = F(t-1) + k_7(F_0/П_0)(\Pi(t) - \Pi(t-1)) \quad (E.3)$$

$$CF(t) = 0,5(F(t-1) + F(t)) \quad (E.4)$$

$$L(t) = k_9 * NL(t) = k_9(L_1(t) + L_2(t) + L_3) \quad (E.5)$$

$$L_1(t) = (1/360)h_1 * \Pi(t)lm(t) * d \quad (E.6)$$

$$L_2(t) = (1/720)(h_1 * lm(t) + C(t)) * v(T_1(t)/lw(t) + T_2)\Pi(t) \quad (E.7)$$

$$C(t) = (h_1 + h_2)lm(t)\Pi(t) + h_3 * CA(t) + (1 + h_4 + h_5)F(t) + h_6 \quad (E.8)$$

$$P(t) = k_p(t)\Pi(t) \quad (E.9)$$

$$БП(t) = P(t) - C(t) \quad (E.10)$$

$$НН(t) = h_7(CA(t) - (И(t-1) + 0,5h_3 * CA(t))) \quad (E.11)$$

$$ПО(t) = БП(t) - (НН(t) + (Aвв(t) - h_3 * CA(t))), \text{ если } Aвв(t) > h_3 * CA(t). \quad (E.12)$$

$$\text{Иначе, когда } Aвв(t) \leq h_3 * CA(t), ПО(t) = БП(t) - НН(t) \quad (E.13)$$

$$НП(t) = h_8 * ПО(t) \quad (E.14)$$

$$ЧП(t) = ПО(t) - НП(t) \quad (E.15)$$

$$ФН(t) = g_1 ЧП(t) + h_3 * CA(t) \quad (E.16)$$

$$ФП(t) = g_2 ЧП(t) \quad (E.17)$$

$$ФД(t) = g_3 ЧП(t) \quad (E.18)$$

$$lw(t) = 1 + X[1 - \exp(-((g_4 * ФП(t) + h_9 * F(t))/F(t)))] \quad (E.19)$$

$$lm(t) = 1 - Y[1 - \exp(-((g_5 * ФП(t) + h_9 * F(t))/F(t)))] \quad (E.19)$$

3. Блок планирования

$$\Pi(t+1) = \min\{CA(t+1)/k_1(t+1); CF(t+1)/k_2(t+1); CL(t+1)/k_3(t+1)\} \quad (E.20)$$

$$A(t+1)kr = A(t+1)нr + \Delta A(t+1) = A(t)kr + Aвв(t+1) - Aвыв(t+1) = A(t)kr + dH * ФН(t+1) + dK * KC(t+1) - k_5 * A(t)kr \quad (E.21)$$

$$CA(t+1) = A(t+1)нr + 0,5 \Delta A(t+1) \quad (E.22)$$

$$F(t+1) = F(t) + (F_0/П_0)(\Pi(t+1) - \Pi(t)) \quad (E.23)$$

$$CF(t+1) = F(t) + 0,5 (F_0/П_0)(\Pi(t+1) - \Pi(t)) \quad (E.24)$$

$$L(t+1) = k_9(L_1(t+1) + L_2(t+1) + L_3) \quad (E.25)$$

$$L_1(t+1) = (1/360)h_1 * \Pi(t+1) * d \quad (E.26)$$

$$L_2(t+1) = (1/720)(h_1 + C(t+1)) * v(T_1 + T_2)\Pi(t+1) \quad (E.27)$$

$$CL(t+1) = 0,5(L(t) + L(t+1)) \quad (E.28)$$

$$C(t+1) = (h1 + h2)\Pi(t+1) + h3*CA(t+1) + (1 + h4 + h5)F(t+1) + h6 \quad (E.29)$$

$$P(t+1) = kp(t+1)(\Pi(t+1) + \Pi(t) - P(t)) \quad (E.30)$$

$$БП(t+1) = P(t+1) - C(t+1) + ka*k5*A(t+1)нг \quad (E.31)$$

$$\begin{aligned} ЧП(t+1) = БП(t+1) - НН(t+1) - НП(t+1) = БП(t+1) - [h7(CA(t+1) - \\ - (И(t)+0,5h3*CA(t+1)))] - [h8(БП(t+1) - [h7(CA(t+1) - (И(t) + 0,5h3*CA(t+1)))] - \\ - [dH*ФН(t+1) - h3*CA(t+1)]], \text{ если } dH*ФН(t+1) > h3*CA(t+1). \end{aligned}$$

Иначе, когда $dH*ФН(t+1) \leq h3*CA(t+1)$,

$$\begin{aligned} ЧП(t+1) = БП(t+1) - НН(t+1) - НП(t+1) = БП(t+1) - [h7(CA(t+1) - (И(t) + \\ + 0,5h3*CA(t+1)))] - [h8(БП(t+1) - [h7(CA(t+1) - (И(t) + 0,5h3*CA(t+1)))])] \quad (E.32) \end{aligned}$$

$$ФН(t+1) = g1(ЧП(t+1) - ПК(t+1)) + h3*CA(t+1) \quad (E.33)$$

$$ФП(t+1) = g2(ЧП(t+1) - ПК(t+1)) \quad (E.34)$$

$$ФД(t+1) = g3(ЧП(t+1) - ПК(t+1)) \quad (E.35)$$

$$R(t+1) = ЧП(t+1)/C(t+1) \quad (E.36)$$

$$R'(t+1) = БП(t+1)/(CA(t+1) + CL(t+1)) \quad (E.37)$$

4. Пояснения к модели

Блок производства.

Уравнение (E.1). Используя производственные фонды предприятие производит определенный объем продукции. Зависимость между выпуском продукции и производственными факторами выражается производственной функцией, которая носит нелинейный характер. Ее общий вид: $\Pi(t)\phi = \min\{f1(CA(t)); f2(CF(t)); f3(CL(t))\}$, то есть объем выпускаемой продукции определяется дефицитным ресурсом.

При выборе зависимостей $f1(CA(t))$, $f2(CF(t))$, $f3(CL(t))$ используются известные соотношения экономической статистики. Так, если известны коэффициенты фондоемкости, трудоемкости и материалоемкости, то объем произведенной товарной продукции дается в следующем виде: $\Pi(t)\phi = \min\{CA(t)/k1(t); CF(t)/k2(t); CL(t)/k3(t)\}$. Данная функция является нелинейной разновидностью производственной функции типа Стоуна, для которой все ее переменные изменяются во времени [3].

Значения коэффициентов $k1(t)$, $k2(t)$, $k3(t)$ изменяются в результате производственной и коммерческой деятельности предприятия. Основным внутренним фактором, определяющим технологические коэффициенты, является фонд потребления. Влияние ФП на фондоотдачу в соответствии с имеющимися в литературе рекомендациями [1] может быть определено с учетом функции $f1(t) = f2(t)kсм(t)/u(t)$, где $ксм(t)$ - коэффициент сменности. Влияние ФП на ПТ определяется выражением $f2(t) = f2(t-1)lw(t)$.

Коэффициент сменности непосредственно не зависит от ФП и поэтому при измерении влияния фонда потребления на фондоотдачу может считаться неизменным. Фондовооруженность при изменении ФП на основании предположений модели не изменяется. Поэтому можно записать: $ксм(t) = ксм(t-1)$ и $u(t) = u(t-1)$. Используя эти равенства, получим из предыдущих двух формул: $f1(t) = f2(t)ксм(t)/u(t) = f2(t-1)lw(t)ксм(t-1)/u(t-1) = f1(t-1)lw(t)$. Так как фондоотдача является обратной величиной к фондоемкости, то $k1(t) = 1/f1(t) = 1/f1(t-1)lw(t) = k1(t-1)/lw(t)$. Точно так же производительность труда является величиной, обратной к величине трудоемкости: $k2(t) = 1/f2(t) = 1/f2(t-1)lw(t) = k2(t-1)/lw(t)$.

Аналогичная зависимость используется для описания динамики коэффициента материалоемкости, который будет уменьшаться с сокращением материальных расходов на единицу изделия. В принятых обозначениях $k3(t) = k3(t-1)lw(t)$.

Уравнение (Е.2). Для целей моделирования среднюю годовую стоимость ОПФ определяют на основе предположения о равномерном в течении года изменении их стоимости по формуле средней арифметической простой.

Уравнения (Е.3), (Е.4). В модели Е прирост фонда заработной платы пропорционален приросту продукции: $F(t) - F(t-1) = k7(F_0/P_0)(\Pi(t) - \Pi(t-1))$. При этом коэффициент пропорциональности представляет собой произведение двух величин: F_0/P_0 – норматива заработной платы на рубль продукции, рассчитанного по данным для базисного года; коэффициента корректировки фонда заработной платы ($k7$), устанавливаемого на ряд лет.

Уравнение (Е.4) характеризует средний уровень фонда заработной платы в год t . Данная формула построена на предположении о равномерном в течении года приросте оплаты труда работников предприятия.

Уравнения (Е.5) – (Е.7). Модель Е предусматривает учет оборотных средств по трем статьям: производственные запасы (сырье, материалы и покупные полуфабрикаты); незавершенное производство; готовая продукция и расходы будущих периодов.

Фактические запасы оборотных средств по материалам рассчитываются по формуле (Е.6). При этом ежедневные затраты перечисленных факторов, скорректированные с учетом достигнутой экономии, умножаются на число дней запаса.

Фактический запас оборотных средств по незавершенному производству определяется следующим образом: $L_{2\phi}(t) = (1/360)knз(t)Tц(t)C_{\phi}(t)P_{\phi}(t)$. Величина $(1/360)C_{\phi}(t)P_{\phi}(t)$, где $C_{\phi}(t)$ – удельная себестоимость 1 руб. продукции, характеризует ежедневные средние затраты на всю произведенную в течение года продукцию. Она умножается на продолжительность производственного цикла в днях и корректируется с учетом коэффициента нарастания затрат. В модели используется коэффициент нарастания затрат вида $knз(t) = J_{\phi}(t)/J_y(t) = J_{\phi}(t)/C_{\phi}(t)Tц(t)$, где условная величина связывания оборотных средств $J_y(t)$ соответствует предельному случаю единовременных затрат $C_{\phi}(t)$ в самом начале цикла производства изделия. Фактическая величина действительного связывания оборотных средств $J_{\phi}(t)$ соответствует тому типичному случаю, когда часть затрат $C_n(t)$ делается в начале периода, а затем в ходе производственного процесса за время $Tц(t)$ затраты нарастают до величины $C_{\phi}(t)$. Затраты в начале цикла обычно состоят из затрат сырья и основных материалов, то есть $C_n(t) = h1(t)$. В предположении относительно равномерности характера нарастания затрат в ходе производства очевидно, что $J_{\phi}(t) = Tц(t)(C_n(t) + C_{\phi}(t))/2$. Следовательно, $knз(t) = (C_n(t) + C_{\phi}(t)) Tц(t) / 2C_{\phi}(t) Tц(t) = (h1(t) + C_{\phi}(t)) / 2C_{\phi}(t)$. С учетом коэффициента lm и при $h1(t) = const$ эта формула примет вид: $knз(t) = (h1*lm(t) + C_{\phi}(t)) / 2C_{\phi}(t)$. Так как $h1*lm(t) > C_{\phi}(t)$, то $knз(t) > 1$ и возрастает с увеличением начальных затрат $h1*lm(t)$.

Длительность производственного цикла определяется как $Tц(t) = T1(t) + T2(t)$. При этом время $T1(t)$ изменяется в зависимости от индекса производительности труда, а время $T(2)$ может быть принято за константу. Тогда, $Tц(t) = v(T1(t)/lw(t) + T2)$. После подстановки полученных величин $knз(t)$ и $Tц(t)$ в исходное выражение для $L2(t)$ получаем окончательную формулу (Е.7). При фиксированной норме расходов будущих периодов, считаем $L3(t) = const$. После определения запаса оборотных средств по различным статьям по формуле (Е.5) вычисляем величину общего запаса $L_{\phi}(t)$.

Уравнение (Е.8). Величина $lm(t)$, как и в формулах (Е.6), (Е.7), корректирует нормы материальных затрат с учетом экономии, достигнутой к концу года t .

Средняя норма амортизации основных производственных фондов может быть определена из начальных условий: $h3 = I_0/CA(t-1)$, где I_0 – начисленный износ основных фондов за $(t+1)$ -й год.

Уравнение (Е.9). Применение коэффициента k_p ($0 < k_p < 1$) представляет собой обобщение возможных результатов коммерческой деятельности фирмы в текущем году. При $k_p(t) = 1$, $P(t) = \Pi(t)$.

Уравнения (Е.10) – (Е.14). Расчет чистой прибыли осуществляется согласно действующего законодательства Республики Беларусь.

Уравнения (Е.15) – (Е.17). Чистая прибыль предприятия распределяется на фонды экономического стимулирования. Модель Е предусматривает образование трех фондов: фонд накопления (Е.15), фонд потребления (Е.16) и фонд выплаты дивидендов по акциям предприятия (Е.17). Распределение прибыли, остающейся в распоряжении предприятия, осуществляется в текущем году без остатка по принятым в практике фондообразования конкретного субъекта хозяйствования долям g_1 , g_2 и g_3 .

В фонде накопления можно учесть начисленную амортизацию основных производственных фондов (составляющая $h_3 \cdot CA(t)$ уравнения (Е.15)).

Уравнение (Е.18), (Е.19). Интенсивное развитие предприятия предполагает использование чистой прибыли на стимулирование основных воспроизводственных процессов. В модели при решении этого вопроса исследуется гипотеза о том, что фонд потребления (с учетом премиального фонда заработной платы) воздействует на производство по двум основным направлениям: влияет на производительность труда и экономию материалов (топлива, энергии).

С учетом практики хозяйствования предприятий, можно записать: $g_4 + g_5 \leq 1$ при неотрицательных g_4 и g_5 для каждого t . Обозначим: $G_1(t) = (g_4 \cdot \Phi \Pi(t) + h_9 \cdot F(t)) / F(t)$; $G_2(t) = (g_5 \cdot \Phi \Pi(t) + h_9 \cdot F(t)) / F(t)$. Тогда уравнения (Е.18) и (Е.19) примут вид: $lw(t) = 1 + X[1 - \exp(-G_1(t))]$; $lm(t) = 1 - Y[1 - \exp(-G_2(t))]$.

В этом случае при $G_1(t) = 0$ имеем $\exp(0) = 1$ и $lw = 1$, а при $G_1(t) \rightarrow \infty$ имеем $\exp(-\infty) \rightarrow 0$ и $lw(t) \rightarrow (1+X)$. Соответственно при $G_2(t) = 0$ получим $lm(t) = 1$, а при $G_2(t) \rightarrow \infty$ получим $lm(t) \rightarrow (1-Y)$.

Блок планирования.

Этот блок представлен в модели формулами (Е.20) – (Е.37). В силу аналогичности их характера формулам производственного блока он не требует специальных пояснений. Такие зависимости как (Е.20), (Е.22) описываются в комментариях к соответствующим формулам производственного блока. Формулы (Е.21), (Е.30) – (Е.35) имеют некоторые отличия по форме представления без изменения их экономической сущности. Новыми соотношениями в блоке будут лишь уравнения (Е.28), (Е.36) и (Е.37). Поясним особенности построения некоторых уравнений.

Уравнение (Е.20). Для целей моделирования классическую производственную функцию вида (Е.20) видоизменяют по критерию, определяющему производственную мощность предприятия фактора производства.

Уравнение (Е.21). Изменение стоимости основных производственных фондов на конец $(t+1)$ -го года $A(t+1)$ происходит под воздействием разницы стоимостей вводимых и выводимых основных фондов в этом периоде.

Составляющие Avv и $Avыв$ планируются исходя из анализа состояния ОПФ конкретного предприятия (на базе статистической информации о возрасте и износе основных фондов) и являются параметрами управления.

Прирост фондов осуществляется в настоящее время из следующих основных источников: собственных средств предприятия из фонда накопления и средств коммерческих кредитов.

Поскольку использование фонда накопления не всегда связано с вводом новых производственных мощностей, в последнее время средства данного фонда направляются на пополнение оборотных средств предприятия, формула (Е.21) содержит соответствующий коэффициент dH , который может выступать в роли параметра управления. В современных условиях одним из основ-

ных источников расширения производства является коммерческий кредит. Учет данного фактора в уравнении (E.21) реализуется слагаемым $dK \cdot KС$. Особенность модельной реализации данной составляющей прироста ОПФ состоит в следующем. Срок освоения кредитных средств под проект как правило больше года. В целях упрощения модели целесообразно считать использование кредита по годам равномерным, то есть $dK = \text{const}$. При этом, если величина лага на капитальные вложения за счет кредитных средств γ , то $dK = 1/\gamma$.

Вывод основных производственных фондов из производства осуществляется путем их списания с баланса предприятия и реализацией по остаточной стоимости (договорным ценам). Как правило этот процесс носит плановый характер. В уравнении (E.21) учитывается, что выбытие ОПФ определяется по стоимости этих фондов на начало периода и коэффициент выбытия $k5$ задается.

Уравнения (E.26), (E.27). Составляющие запаса оборотных средств $L1$ и $L2$ в плановом периоде не имеют коррекции на индексы производительности труда и материальных затрат, что вполне допустимо при условии неизменных технологии и организации производства.

Уравнение (E.31). Поскольку в плановом периоде намечается вывод из производства некоторой части ОПФ с их последующей реализацией на сторону, уравнение (E.31) учитывает статью балансовой прибыли "Прибыль от прочей реализации". Коэффициент ka определяется экспертным путем в зависимости от степени изношенности планируемых к замене ОПФ.

Уравнение (E.32) интегрирует в себе блок уравнений (E.11) – (E.14).

Уравнения (E.33) – (E.35). Чистая прибыль предприятия уменьшается на величину платы за коммерческий кредит средне- и долгосрочного характера в случае, когда срок его освоения истек. Поэтому применение в формулах (E.33) – (E.35) составляющей $ПК(t+1)$ правомерно только с учетом лага на капитальные вложения (первооружение).

Уравнения (E.36) – (E.37). Для аналитических целей блок плановых расчетов содержит в себе формулы для определения рентабельности продукции (E.36), характеризующей эффективность использования живого и овеоществленного труда, и рентабельности производства (E.37), характеризующей эффективность использования производственных фондов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шаранков В.В., Скворцов В.А. О математическом обеспечении метода имитационного моделирования производственных систем // "Вестник ВДУ", №4(6), 1997. С. 65 - 69.
2. Багриновский К.А., Егорова Н.Е. Имитационные системы в планировании экономических объектов. М.: Наука, 1980. - 240 с.
3. Дудорин В.И., Алексеев Ю.Н. Системный анализ экономики на ЭВМ. М.: Финансы и статистика, 1986. - 191 с.

S U M M A R Y

The building methods of industrial plant imitation as a social-ekonomik system is suggested in the given article. The complex of ekonomik-mathematical models forming the main system's intercommunications during middle- and longterm time intervals is in the basis of this article.