

## ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ ПО УПРАВЛЕНИЮ СЕБЕСТОИМОСТЬЮ ПРОДУКЦИИ ПРИ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ПОРТФЕЛЯХ ЗАКАЗОВ

Криводубский О.А., Шушуря А.Н.

Кафедра ПМиТСУ, ДонНУ  
leshu@yandex.ru

### Abstract

*Krivodubsky O. A., Shushura A. N. The taking decision in prime cost management for variable stock of orders. The methodology contains mathematical models of the enterprise and prime cost forecast, methods of identifications models for a particular enterprise and algorithm dynamic prime cost management. Practical application of suggested models allows to give for the enterprise leadership some management references which let to reduce the losses of production.*

### Введение

В условиях современного переходного периода смены форм собственности подавляющее большинство промышленных предприятий работают при нестабильном портфеле заказов. При изменении позиций портфеля заказов руководство предприятия сталкивается с необходимостью решения следующих задач:

- определение условий договора по каждому новому заказу, при которых прибыль от его выполнения будет максимальной;
- принятие решений по оперативному планированию и перепланированию производства, обеспечивающих минимум себестоимости продукции.

Решение указанных задач возможно только на базе адекватного прогноза себестоимости продукции, учитывающего динамику современных экономических процессов. Существующие модели прогноза себестоимости, характерные для социалистической формы хозяйствования, не дают достоверных результатов, что требует разработки новых подходов к оценке затратного механизма предприятия.

В данной работе предложены правила формирования алгоритма динамической системы управления себестоимостью продукции на примере металлургического предприятия. Синтез алгоритма, согласно методики [1], включает разработку множественной логико-концептуальной модели предприятия, формирование динамических моделей прогноза себестоимости продукции производственных подразделений, постановку и формализацию задачи управления себестоимостью.

### 1. Множественная логико-концептуальная модель предприятия

Множественная логико-концептуальная модель содержит формальное представление декомпозированной структуры предприятия с заданием в виде множеств основных характеристик процесса материальных превращений и калькулирования себестоимости для производственных подразделений и связей между ними [2]. Структура предприятия представлена в виде множества  $A = \{ a_1^{00}, a_1^{11}, a_2^{11}, a_3^{11} \}$ , где  $a_1^{00}$  - предприятие в целом,  $a_1^{11}$  - литейный цех,  $a_2^{11}$  - цех №1 (круглый прокат),  $a_3^{11}$  -

цех №2 (плоский прокат). Характеристики материальных превращений и калькулирования себестоимости включают множества видов продукции  $P_i^k$ , ресурсов  $R_i^k$ , полуфабрикатов  $B_i^k$ , объектов калькулирования  $Q_i^k$  и статей себестоимости  $S_i^k$  с классификацией на статьи прямых материальных  $SM_i^k$ , прямых нематериальных  $SP_i^k$  и косвенных затрат  $SI_i^k$ , где  $k = 0, 1, i=1$  для  $k=0$  и  $i=1, 2, 3$  для  $k=1$ .

## 2. Динамическая модель прогноза себестоимости продукции

Математическая модель прогноза себестоимости для элемента  $a_2^{11}$  (цех №1) декомпозирована на подмодель материальных превращений и формирования затрат, подмодель распределения затрат между готовой продукцией и незавершенным производством и блок расчета себестоимости объектов калькулирования [3].

Блок материальных превращений и формирования затрат содержит зависимости (1 – 15). Скорость выпуска готовой продукции видов ассортимента  $p_i \in P_2^1$ :

$$\frac{dGP_{2i}^1}{dt} = pr_{2i}^1, \tag{1}$$

$$pr_{2i}^1 = \begin{cases} \alpha_{2i1}^1 \cdot prp_{2i}^1 + \alpha_{2i2}^1, & \alpha_{2i1}^1 \cdot prp_{2i}^1 + \alpha_{2i2}^1 \leq PMAX_{2i}^1 \\ PMAX_{2i}^1, & \alpha_{2i1}^1 \cdot prp_{2i}^1 + \alpha_{2i2}^1 > PMAX_{2i}^1 \\ 0, & prp_{2i}^1 = 0 \end{cases}, \tag{2}$$

где  $GP_{2i}^1$  – количество изготовленной продукции (тонны);  $prp_{2i}^1$  – плановое задание на выпуск продукции вида  $p_i$  (тонн/сутки);  $PMAX_{2i}^1$  – максимально возможный объем выпуска продукции вида  $p_i$  (тонн/сутки);  $\alpha_{2i1}^1$  и  $\alpha_{2i2}^1$  – параметры, характеризующие фактический выпуск продукции данного вида.

Скорость расхода ресурса  $p_{12} \in R_2^1$  (газ):

$$\frac{dGZR_{212}^1}{dt} = \sum_{p_i \in P_2^1} \beta_{212i-24}^1 \cdot nr_{212i}^1 \cdot \int_0^{th_{12i}^1} pr_{2i}^1(t + \tau_{2i}^1 - \varphi) d\varphi + \beta_{2125}^1 \cdot nor_{212}^1, \tag{3}$$

$$nor_{212}^1 = \begin{cases} norc_{212}^1, & \sum_{i=25}^{28} pr_{2i}^1(t + \tau_{2i}^1) = 0, \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}, \tag{4}$$

где  $GZR_{212}^1$  – количество израсходованного газа ( $m^3$ );  $nr_{212i}^1$  – норматив величины расхода газа на единицу продукции  $p_i$  ( $m^3/t$ );  $norc_{212}^1$  – норма расхода газа в сутки на поддержание печи в горячем состоянии при отсутствии выпуска продукции ( $m^3/сутки$ );  $\beta_{212}^1$  – параметры, характеризующие фактическую величину расхода газа;  $\tau_{2i}^1$  – длительность технологического цикла производства продукции  $p_i$ ;  $th_{12i}^1$  – среднее время нагрева слитков при изготовлении вида продукции  $p_i$ .

Потребление ресурса  $p_{13} \in R_2^1$  (электроэнергия) (квт.ч/сутки):

$$\frac{dGZR_{213}^1}{dt} = \sum_{p_i \in P_2^1} \int_0^{\tau_{2i}^1} \beta_{213i-24}^1 \cdot nr_{213i}^1 (pr_{2i}^1(t + \tau_{2i}^1 - \varphi)) d\varphi + \beta_{2135}^1 \cdot nor_{213}^1 \tag{5}$$



$$nr_{213i}^1(x) = \begin{cases} nr_{213i}^1 \cdot x, & x \leq LPR_i \\ nr_{213i}^2 \cdot x, & x > LPR_i \end{cases}, \quad (6)$$

где  $nr_{213i}^1$  и  $nr_{213i}^2$  - нормативы расхода электроэнергии на единицу продукции соответственно при объеме производства не превосходящем  $LPR_i$  (тонны) в сутки и большем него.

$$nor_{213}^1 = \begin{cases} nor_{213}^1, & \sum_{i=25}^{28} \int_0^{\tau_{2i}^1} pr_{2i}^1(t + \tau_{2i}^1 - \varphi) d\varphi \neq 0 \\ nor_{213}^2, & \text{иначе} \end{cases}, \quad (7)$$

где  $nor_{213}^1$  и  $nor_{213}^2$  - нормы расхода электроэнергии в сутки как общецеховых затрат соответственно при наличии и отсутствии производства.

Скорость расхода ресурса  $p_{15} \in R_2^1$  (вода) ( $m^3$ /сутки):

$$\frac{dGZR_{215}^1}{dt} = \sum_{p_i \in P_2^1} \beta_{215i-24}^1 \cdot nr_{215i}^1 \cdot pr_{2i}^1 + \beta_{2155}^1 \cdot nor_{215}^1, \quad (8)$$

где  $nor_{215}^1$  - норма расхода воды в рамках общецеховых затрат.

Потребление ресурса  $p_{16} \in R_2^1$  (сжатый воздух) ( $m^3$ /сутки):

$$\frac{dGZR_{216}^1}{dt} = \sum_{p_i \in P_2^1} \beta_{216i-24}^1 \cdot nr_{216i}^1 \cdot pr_{2i}^1(t + \tau_{2i}^1). \quad (9)$$

Потребление цехом слитков представлено уравнениями, аналогичными (9).

Потребление электроэнергии по статье  $s_6 \in SM_2^1$  при производстве продукции  $p_i \in Q_2^1$  (квт. ч./сутки):

$$\frac{dGZM_{26i}^1}{dt} = \int_0^{\tau_{2i}^1} \beta_{213i-24}^1 \cdot nr_{213i}^1 (pr_{2i}^1(t + \tau_{2i}^1 - \varphi)) d\varphi. \quad (10)$$

Изменение количества затрат  $GZP_{210i}^1$  (руб.) по статье  $s_{10} \in SP_2^1$  (основная заработная плата производственных рабочих) на производство продукции  $p_i \in Q_2^1$ :

$$\frac{dGZP_{210i}^1}{dt} = \int_0^{\tau_{2i}^1} \xi_{210i-24}^1 \cdot np_{210i}^1 \cdot pr_{2i}^1(t + \tau_{2i}^1 - \varphi) / \tau_{2i}^1 d\varphi + nrd_{210i}^1, \quad (11)$$

где  $np_{210i}^1$  - норматив затрат заработной платы на продукцию вида  $p_i$  (руб/т).

$$nrd_{210i}^1 = \begin{cases} nrs_{210i}^1, & \int_0^{\tau_{2i}^1} pr_{2i}^1(t + \tau_{2i}^1 - \varphi) d\varphi = 0 \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}, \quad (12)$$

где  $nrs_{210i}^1$  – заработная плата рабочих в сутки при отсутствии выпуска продукции (руб/сутки). Уравнение, описывающее расход средств по статье  $s_{11} \in SP_2^1$  (дополнительная заработная плата) аналогично (11).

Изменение количества затрат  $GZP_{212i}^1$  по статье  $s_{12} \in SP_2^1$  (отчисления в соц. страх), относимых на себестоимость продукции  $p_i \in Q_2^1$ :

$$\frac{dGZP_{212i}^1}{dt} = kcs \cdot \left( \frac{dGZP_{210i}^1}{dt} + \frac{dGZP_{211i}^1}{dt} \right), \quad (13)$$

где  $kcs$  – коэффициент отчислений на социальное страхование.

Изменение количества затрат  $GZI_{214}^1$  по статье  $s_{14} \in SI_2^1$  (общецеховые расходы):

$$\frac{dGZI_{214}^1}{dt} = \lambda_{2141}^1 \cdot ni_{214}^1 + \lambda_{2142}^1, \quad (14)$$

где  $\lambda_{214}^1$  – параметры, характеризующие фактическую величину затрат;  $ni_{214}^1$  рассчитывается аналогично (12).

Значения параметров  $\bar{\alpha}_{21}^1, \bar{\beta}_{21}^1, \bar{\xi}_{2n}^1, \bar{\lambda}_{214}^1$ , содержащихся в уравнениях модели (1–14), определяются в ходе процедуры идентификации. Представленные выше зависимости (1–14) образуют систему обыкновенных дифференциальных уравнений со следующими начальными условиями:

$$\begin{cases} GP_{2i}^1(t_0) = 0 \\ GZR_{2j}^1(t_0) = GZNR_{2j}^1(t_0) \\ GZM_{2n}^1(t_0) = GZNM_{2n}^1(t_0), \\ GZP_{2n}^1(t_0) = GZNP_{2n}^1(t_0) \\ GZI_{2n}^1(t_0) = 0 \end{cases} \quad (15)$$

где  $GZNR_{2j}^1(t_0), GZNM_{2n}^1(t_0), GZNP_{2n}^1(t_0)$ , – затраты соответственно вида ресурса  $p_j \in R_i^k$ , величины расходов по статьям  $s_n \in SM_2^1$  и  $s_n \in SP_2^1$  в незавершенном производстве в момент времени  $t_0$ .

Блок распределения затрат между готовой продукцией и незавершенным производством содержит зависимости (16–20). Величина затрат в незавершенном производстве по статьям  $s_n \in SM_2^1, n=\overline{1,8}$ , относимых на себестоимость продукции  $p_i \in Q_2^1$ :

$$GZNM_{2ni}^1(t) = dm_{2i}^1(t) \cdot GZM_{2ni}^1(t), n=\overline{1,6,8}, i=\overline{25,28}. \quad (16)$$

Доля  $dm_{2i}^1$  затрат по статье  $s_n \in SM_2^1$  в незавершенном производстве для продукции вида  $p_i \in Q_2^1$ :

$$dm_{2i}^1 = \left( \int_0^{\tau_{2i}^1} pr_{2i}^1(t + \tau_{2i}^1 - \varphi) d\varphi \right) / GP_{2i}^1. \quad (17)$$



Количество затрат в незавершенном производстве по статьям  $s_n \in SP_2^1$ ,  $n=\overline{9,12}$  определяется аналогично (16). Косвенные затраты по статьям  $s_n \in SI_2^1$ ,  $n=13,14$  на незавершенное производство не относятся, поэтому:

$$GZNI_{2n}^1(t) = 0, \quad n=13,14. \quad (18)$$

Прямые затраты, относимые на себестоимость продукции  $p_i \in Q_2^1$  по статьям  $s_n$ ,  $n=\overline{1,8}$ :

$$GZSM_{2n_i}^1(t) = GZM_{2n_i}^1(t) - GZNM_{2n_i}^1(t). \quad (19)$$

Величина прямых затрат, относимых на себестоимость продукции  $p_i \in Q_2^1$  по статьям  $s_n$ ,  $n=\overline{1,8}$  определяется аналогично (19). Количество косвенных затрат, относимых на себестоимость продукции  $p_i \in Q_2^1$  по статьям  $s_n$ ,  $n=13,14$ :

$$GZSI_{2n}^1(t) = GZI_{2n}^1(t). \quad (20)$$

Используя полученные величины, осуществляется расчет себестоимости продукции  $p_i \in Q_2^1$ .

Блок расчета себестоимости объектов калькулирования содержит зависимости (22)–(24). Величина затрат, относимых на себестоимость продукции  $p_i \in Q_2^1$ :

$$GS_{2i}^1(t) = \sum_{n=1}^8 GZSM_{2n}^1 \cdot gs_{2n}^1 + \sum_{n=9}^{12} GZSP_{2n}^1 + \sum_{n=13}^{14} GZSI_{2n}^1 \cdot dri_{2i}^1(t). \quad (21)$$

где  $gs_{2n}^1(t)$  - средняя стоимость (себестоимость) единицы ресурса, расходуемого по статье  $s_n \in SM_2^1$ . Доля  $dri_{2i}^1$  продукции  $p_i \in Q_2^1$  в косвенных расходах определяется величиной прямой заработной платы основных рабочих:

$$dri_{2i}^1 = \frac{GZSP_{210i}^1}{\sum_{i=25}^{28} GZSP_{210i}^1}. \quad (22)$$

Себестоимость калькуляционных единиц продукции  $p_i \in Q_2^1$ :

$$gs_{2i}^1 = \frac{GS_{2i}^1(t)}{GP_{2i}^1(t)}. \quad (23)$$

Зависимости (1–23) составляют математическую модель прогноза себестоимости для подразделения  $a_2^{11}$  (цех №1). Уравнения моделей для остальных подразделений множества  $A$  имеют аналогичный вид. Идентификация моделей проведена на основании статистических данных, собранных на предприятии за 2000 год. Найдены значения параметров моделей, обеспечивающие точность прогноза 3,5% по всем выходным переменным.

### 3. Постановка задачи управления

Разработанные модели прогноза себестоимости продукции позволили поставить и формализовать задачу управления затратами. Физическая постановка задачи имеет вид: определить для цехов такие плановые задания по выпуску продукции до конца текущего планового периода с шагом квантования сутки, которые обеспечат выполнение позиций портфеля заказов с минимальными затратами.

Согласно физической постановки задачи, динамических ограничений в виде системы уравнений с начальными условиями моделей прогноза себестоимости продукции подразделений предприятия, *формальная постановка задачи* имеет вид:

$$\sum_{i=1}^3 \sum_{l=17}^{34} GS_{il}^1(prp_{117}^1, \dots, prp_{334}^1, t) + \sum_{n=1}^3 GZSI_{1n}^0(t) \Big|_{t=T} \rightarrow \min, \quad (24)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dGP_{117}^1}{dt} = pr_{117}^1(prp_{117}^1, t) \\ \dots \\ \frac{dGZI_{13}^0}{dt} = \lambda_{131}^0 \cdot ni_{13}^0(prp_{117}^1, \dots, prp_{334}^1, t) + \lambda_{132}^0 \end{array} \right., \quad (25)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} GP_{117}^1(t_0) = 0 \\ GZR_{11}^1(t_0) = GZNR_{11}^1(t_0) \\ \dots \\ GZI_{33}^1(t_0) = 0 \end{array} \right., \quad (26)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} GZNM_{1117}^1(t) = dm_{117}^1(prp_{117}^1, \dots, prp_{334}^1, t) \cdot GZM_{1117}^1(t) \\ GZSM_{1117}^1(t) = GZM_{1117}^1(t) - GZNM_{1117}^1(t) \\ \dots \\ GZSI_{13}^0(t) = GZI_{13}^0(t) \end{array} \right., \quad (27)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} GP_{125}^0(T) = PLMZ_{125}^0 \\ \dots \\ GP_{134}^0(T) = PLMZ_{134}^0 \end{array} \right., \quad (28)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} prp_{117}^0(t) \leq PMAX_{117}^0(t) \\ \dots \\ prp_{134}^0(t) \leq PMAX_{134}^0(t) \end{array} \right. \quad (29)$$

где  $PLMZ_{il}^0$  – плановое задание на месяц по выпуску продукции вида  $p_l$ .

Минимизация функционала (24) проводится с помощью метода динамического программирования по переменным  $prp_{il}^k$  (рекомендуемый объем выпуска  $l$ -го вида продукции в сутки подразделением  $a_i^k$ , где  $k = 0, 1, i=1$  для  $k=0$  и  $i=1, 2, 3$  для  $k=1$ ) при ограничениях (25-29). Развернутая формальная постановка задачи (24–29) лежит в основе алгоритма автоматизированной системы управления себестоимостью.

#### 4. Алгоритм системы управления себестоимостью

Алгоритм системы предусматривает работу системы в режимах управления и идентификации (см. рис. 1). В режиме управления (блоки 2,3,4) система позволяет определять условия выполнения нового заказа и осуществлять оперативное планирование и перепланирование производства.

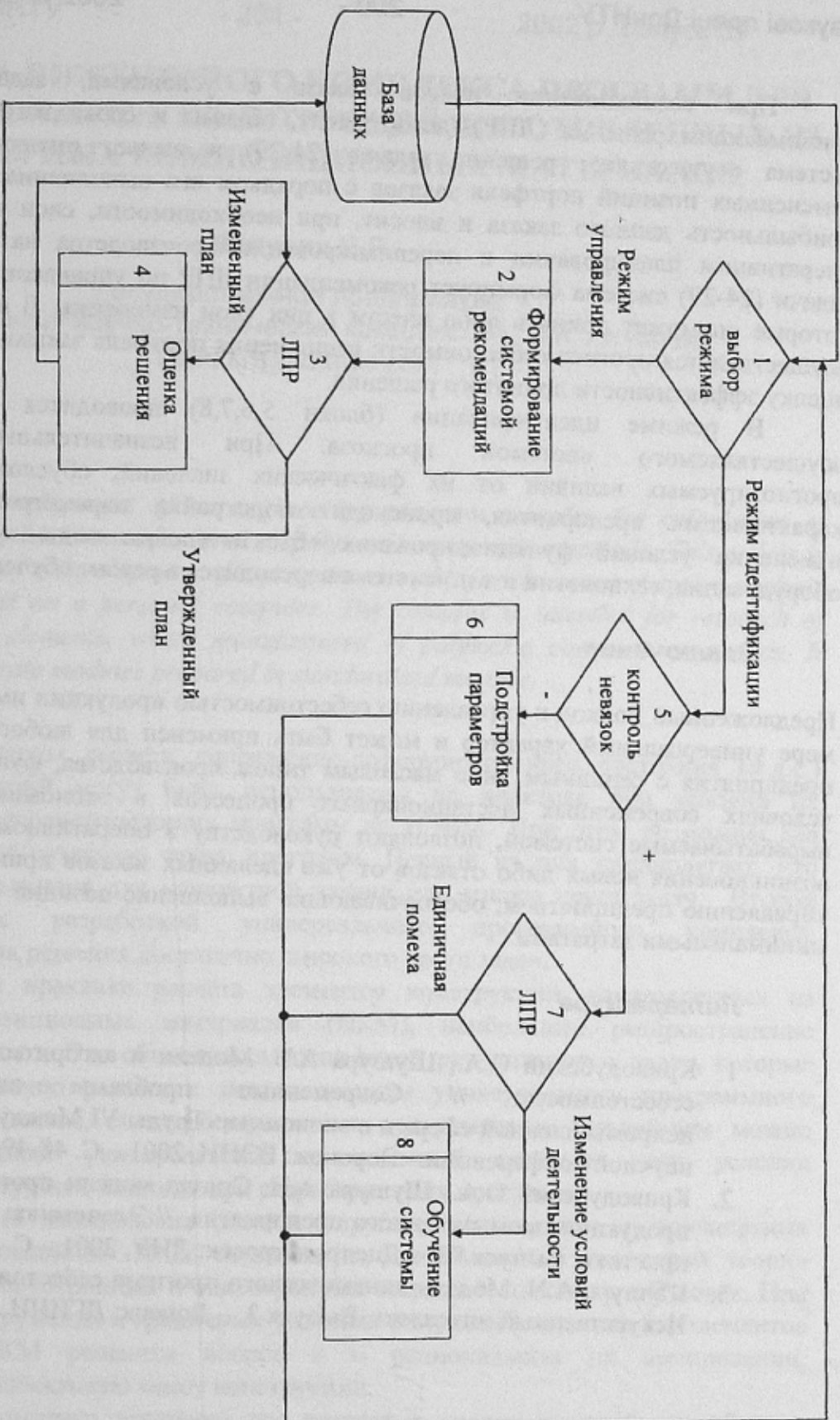


Рисунок 1 - Обобщенная функциональная схема алгоритма системы



При возникновении нового заказа с условиями, заданными лицом, принимающим решения (ЛПР) (ассортимент, объемы и сроки изготовления, цены) система осуществляет решение задачи (24-29) и выдает оценку себестоимости измененных позиций портфеля заказов с порядком его выполнения. ЛПР оценивает прибыльность данного заказа и вносит, при необходимости, свои коррективы. При оперативном планировании и перепланировании производства на основе решения задачи (24-29) система формирует рекомендации ЛПР по управлению предприятием, которые он может принять либо внести в них свои изменения. В последнем случае осуществляется прогноз себестоимости выполнения портфеля заказов и ЛПР получает оценку эффективности принятого решения.

В режиме идентификации (блоки 5,6,7,8) проводится анализ качества осуществляемого системой прогноза. При незначительных отклонениях прогнозируемых величин от их фактических значений, обусловленных трендом характеристик предприятия, происходит подстройка параметров моделей. При изменении условий функционирования объекта (новые виды продукции, сырья, оборудования, технологии и т.п.) система переводится в режим обучения.

### **Заклучение**

Предложенный подход к управлению себестоимостью продукции имеет в достаточной мере универсальный характер и может быть применен для любого промышленного предприятия с серийным либо массовым типом производства, функционирующего в условиях современных нестационарных процессов в экономике. Рекомендации, вырабатываемые системой, позволяют руководству в оперативном режиме в случае возникновения новых либо отказов от уже сделанных заказов принимать решения по управлению предприятием, обеспечивающие выполнение позиций портфеля заказов с минимальными затратами.

### **Литература**

1. Криводубский О.А., Шушура А.Н. Модели и алгоритмы оценки заказа по себестоимости. // Современные проблемы информатизации в непромышленной сфере и в экономике: Труды VI Международной открытой научной конференции. – Воронеж: ВЭПИ, 2001. – С. 48-49.
2. Криводубский О.А., Шушура А.Н. Синтез модели прогноза себестоимости продукции промышленного предприятия. // Экономика: проблемы теории и практики. Выпуск 93. – Днепропетровск: ДНУ, 2001. – С. 40-45.
3. Шушура А.Н. Модель динамического прогноза себестоимости продукции. // Искусственный интеллект. Выпуск 3. – Донецк: ДГИИИ, 2001. – С. 157-165.