

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОБОРАЧИВАЕМОСТИ СРЕДСТВ, ВЛОЖЕННЫХ В ПРОИЗВОДСТВО ПРОКАТА АЗОЦМ

Криводубский О.А., Жилин А.В.

кафедра ПОИС, ДГИИИ
alvizh@yandex.ru

Abstract

Krivodubsky O.A., Zhilin A.V. Development of mathematical model of capital turnover, enclosed in manufacture of hire of AfPCM. On the basis of a technique of modeling of process of capital turnover the system analysis is conducted for main manufacture of flat and round hire Artyomovsky factory of processing of colour metals; mathematical model of the forecast of industrial activity is developed and physical statement of a problem of management of capital turnover is generated.

Введение

Современные технологии организации финансовой деятельности предприятия, с одной стороны, опираются на систему «клиент-банк», обеспечивающую высокую скорость движения фондов обращения. С другой стороны, движение производственных фондов, авансированных в сырьевые запасы, осуществляется субъективно, и опирается на опыт экономистов предприятия. Портфель заказов предприятия, содержащий госзаказ, договорные и маркетинговые заказы, определяет обязательную поставку сырья по госзаказу и предоплату договорных заказов. Рациональное использование производственных фондов госзаказа и предоплаты договорных заказов позволит увеличить прибыль предприятия за счет использования этих статей и соответствующего выполнения маркетинговых и договорных заказов.

Для того чтобы такая постановка задачи была возможной, необходимо иметь инструментарий динамической оценки движения оборотных средств. Кроме этого, такой инструментарий позволит ускорить движение собственных средств предприятия, т.е. реализовать скрытые резервы получения прибыли за счет увеличения скорости оборачиваемости. Приведенные положения определяют актуальность работы, в соответствии с чем, для Артемовского завода по обработке цветных металлов разработана математическая модель процесса оборачиваемости средств, вложенных в сырьевые запасы, и синтезирована система принятия решений при управлении производственными фондами.

1. Математическая модель

На основании методики моделирования процесса оборачиваемости, рассмотренной в [1], проведен системный анализ основного производства плоского и круглого проката Артемовского завода по обработке цветных металлов (АзОЦМ) с декомпозицией в виде множества блоков – производственных отделов предприятия и разработана математическая модель прогноза оборачиваемости.

Ниже приводится блок уравнений подмодели, описывающий процесс обо-

рачиваемости средств, вложенных в сырьевые запасы меди для производства листов Л63 толщины 0.4-0.9.

Расход сырьевых запасов меди:

$$\frac{dG_{1,0,1}(t)}{dt} = g^3(t) - ptr_{0,1}^{1,1} \cdot y_{1,1,1}(t) - ptr_{0,1}^{1,2} \cdot y_{1,1,2}(t) - ptr_{0,1}^{1,3} \cdot y_{1,1,3}(t) - ptr_{0,1}^{1,4} \cdot y_{1,1,4}(t), \quad (1)$$

где $G_{k,i,j}(t)$ – количество j -го продукта блока B_i^k , кг; k – уровень агрегирования; i – номер блока; j – номер продукта; $y_{k,i,j}(t)$ – количество j -го продукта, произведенного блоком B_i^k ; $ptr_{i,j}^{q,m}$ – параметр, оценивающий интенсивность производства единицы m -го продукта блоком B_q^i из j -го продукта блока B_i^1 , 1/час; $\overline{g^3}(t)$ – векторная функция, определяющая поставку сырьевых запасов на склад, кг/час.

В правой части уравнения (1) представлены члены, описывающие поставку меди и потребление медных ресурсов на формирование шихты.

Процесс шихтовки Л63:

$$\begin{aligned} \frac{dG_{1,1,2}(t)}{dt} = & [ptr_{0,1}^{1,2} \cdot (1 + \chi_{0,2}^{1,2} + \chi_{0,5}^{1,2}) - \beta_{1,2}] \cdot y_{1,1,2}(t) + \\ & + (\gamma_{2,2} - ptr_{1,2}^{2,2}) \cdot y_{1,2,2}(t) + (\gamma_{2,3} - ptr_{1,2}^{2,3}) \cdot y_{1,2,3}(t) + \\ & + (\gamma_{3,2} - ptr_{1,2}^{3,2}) \cdot y_{1,3,2}(t) + \gamma_{4,2} \cdot y_{1,4,2}(t) + \gamma_{6,1} \cdot y_{1,6,1}(t) + \\ & + \gamma_{8,1} \cdot y_{1,8,1}(t) + \gamma_{9,2} \cdot y_{1,9,2}(t) + \gamma_{10,2} \cdot y_{1,10,2}(t) + \\ & + \gamma_{11,1} \cdot y_{1,11,1}(t) + \gamma_{11,2} \cdot y_{1,11,2}(t), \end{aligned} \quad (2)$$

где $\gamma_{i,j}$ – весовой коэффициент, определяющий долевою часть возвратных отходов при производстве j -го продукта блока B_i^1 ; $\beta_{i,j}$ – весовой коэффициент, определяющий долевою часть безвозвратных отходов (отбраковку) при производстве j -го продукта блока B_i^1 ; $\chi_{i,j}^{q,m}$ – весовой коэффициент, определяющий долевою участие j -го продукта блока B_i^1 по отношению к основному продукту блока B_i^1 при производстве m -го продукта блоком B_q^1 .

В правой части уравнения (2) присутствуют члены, описывающие процессы поступления сырьевых запасов меди, цинка, покупного лома Л63, отбраковку шихты, поступление возвратных отходов из блоков $B_2^1 - B_3^1$, B_4^1 , $B_6^1 - B_{11}^1$, задание шихты Л63 в производство слитков.

Уравнения, описывающие расход сплава Л63 отделами полунепрерывного и наполнительного литья, представлены формулами (3-5).

Расход сплава Л63 при производстве слитков Л63 размера 185x510 в отделе полунепрерывного литья:

$$\frac{dG_{1,2,2}(t)}{dt} = [ptr_{1,2}^{2,2} - \gamma_{2,2} - \beta_{2,2}] \cdot y_{1,2,2}(t) - ptr_{2,2}^{4,2} \cdot y_{1,4,2}(t) \quad (3)$$

Расход сплава Л63 при производстве слитков Л63 размера 150x250 в отделе полунепрерывного литья:

$$\frac{dG_{1,2,3}(t)}{dt} = [ptr_{1,2}^{2,3} - \gamma_{2,3} - \beta_{2,3}] \cdot y_{1,2,3}(t) - ptr_{2,3}^{4,2} \cdot y_{1,4,2}(t) \quad (4)$$

Расход сплава Л63 при производстве слитков Л63 размера 176x595x x1550 в отделе наполнительного литья:

$$\frac{dG_{1,3,2}(t)}{dt} = [ptr_{1,2}^{3,2} - \gamma_{3,2} - \beta_{3,2}] \cdot y_{1,3,2}(t) - ptr_{3,2}^{9,2} \cdot y_{1,9,2}(t) \quad (5)$$

Правая часть уравнений (3-5) определяет производство, расход и отбраковку сплава Л63 по литейному цеху.

Производство и расход плоских заготовок Л63:

$$\begin{aligned} \frac{dG_{1,9,2}(t)}{dt} = & [ptr_{3,2}^{9,2} - \gamma_{9,2} - \beta_{9,2}] \cdot y_{1,9,2}(t) - ptr_{9,2}^{10,2} \cdot y_{1,10,2}(t) - \\ & - ptr_{9,2}^{11,1} \cdot y_{1,11,1}(t) - ptr_{9,2}^{11,2} \cdot y_{1,11,2}(t) \end{aligned} \quad (6)$$

В правой части уравнения (6) представлены: поступление слитков Л63, отбраковка, производство и задание плоских заготовок в листовой и ленточный отделы.

Производство и отгрузка листов Л63 на склад готовой продукции:

$$\frac{dG_{1,10,2}(t)}{dt} = [ptr_{9,2}^{10,2} - \gamma_{10,2} - \beta_{10,2}] \cdot y_{1,10,2}(t) - ptr_{10,2}^{12,6} \cdot y_{1,12,6}(t) \quad (7)$$

Движение листов Л63 на складе готовой продукции плоского проката:

$$\frac{dG_{1,12,6}(t)}{dt} = [ptr_{10,2}^{12,6} - \beta_{12,6}] \cdot y_{1,12,6}(t) - g_6^p(t), \quad (8)$$

где $\overline{g^p}(t)$ – векторная функция, определяющая реализацию и отгрузку готовой продукции, кг/час.

Ценовое прогнозирование отражено в уравнениях (9-16):

Динамика денежных средств, вложенных в сырьевые запасы меди,:

$$\begin{aligned} \frac{dS_{1,0,1}(t)}{dt} = & smr_1(t) \cdot g_1^3(t) - c_{1,0,1} \cdot [ptr_{0,1}^{1,1} \cdot y_{1,1,1}(t) - ptr_{0,1}^{1,2} \cdot y_{1,1,2}(t) - \\ & - ptr_{0,1}^{1,3} \cdot y_{1,1,3}(t) - ptr_{0,1}^{1,4} \cdot y_{1,1,4}(t)], \end{aligned} \quad (9)$$

где $S_{k,i,j}(t)$ – стоимость запаса сырья k -го вида, перенесенная в процессе оборачиваемости на j -й продукт блока B_i^1 , у.е.; $\overline{smr}(t)$ – вектор рыночных закупочных цен на сырье, у.е.; $c_{k,i,j}$ – параметр, оценивающий долевое (в денежном выражении) участие закупаемого k -го вида сырья в изготавливаемом j -м продукте блока B_i^1 , у.е. / кг.

Перенос стоимости запасов меди при шихтовке Л63:

$$\begin{aligned} \frac{dS_{1,1,2}(t)}{dt} = & [c_{1,0,1} \cdot ptr_{0,1}^{1,2} - c_{1,1,2} \cdot \beta_{1,2}] \cdot y_{1,1,2}(t) + c_{1,4,2} \cdot \gamma_{4,2} \cdot y_{1,4,2}(t) + \\ & + c_{1,2,2} \cdot (\gamma_{2,2} - ptr_{1,2}^{2,2}) \cdot y_{1,2,2}(t) + c_{1,6,1} \cdot \gamma_{6,1} \cdot y_{1,6,1}(t) + \\ & + c_{1,2,3} \cdot (\gamma_{2,3} - ptr_{1,2}^{2,3}) \cdot y_{1,2,3}(t) + c_{1,8,1} \cdot \gamma_{8,1} \cdot y_{1,8,1}(t) + \\ & + c_{1,3,2} \cdot (\gamma_{3,2} - ptr_{1,2}^{3,2}) \cdot y_{1,3,2}(t) + c_{1,9,2} \cdot \gamma_{9,2} \cdot y_{1,9,2}(t) + \\ & + c_{1,10,2} \cdot \gamma_{10,2} \cdot y_{1,10,2}(t) + c_{1,11,1} \cdot \gamma_{11,1} \cdot y_{1,11,1}(t) + \\ & + c_{1,11,2} \cdot \gamma_{11,2} \cdot y_{1,11,2}(t). \end{aligned} \quad (10)$$

Перенос стоимости запасов меди на сплав Л63 при производстве слитков размера 185x510, 150x250 (отдел полунепрерывного литья) и размера 176x595x1550

(отдел наполнительного литья) определяется (11-13):

$$\frac{dS_{1,2,2}(t)}{dt} = [c_{1,1,2} \cdot ptr_{1,2}^{2,2} - c_{1,2,2} \cdot (\gamma_{2,2} + \beta_{2,2})] \cdot y_{1,2,2}(t) - c_{1,4,2} \cdot ptr_{2,2}^{4,2} \cdot y_{1,4,2}(t), \quad (11)$$

$$\frac{dS_{1,2,3}(t)}{dt} = [c_{1,1,2} \cdot ptr_{1,2}^{2,3} - c_{1,2,3} \cdot (\gamma_{2,3} + \beta_{2,3})] \cdot y_{1,2,3}(t) - c_{1,4,2} \cdot ptr_{2,3}^{4,2} \cdot y_{1,4,2}(t), \quad (12)$$

$$\frac{dS_{1,3,2}(t)}{dt} = [c_{1,1,2} \cdot ptr_{1,2}^{3,2} - c_{1,3,2} \cdot (\gamma_{3,2} + \beta_{3,2})] \cdot y_{1,3,2}(t) - c_{1,9,2} \cdot ptr_{3,2}^{9,2} \cdot y_{1,9,2}(t). \quad (13)$$

Динамика перенесенной стоимости запасов меди при производстве плоских заготовок ЛБ3:

$$\begin{aligned} \frac{dS_{1,9,2}(t)}{dt} = & [c_{1,3,2} \cdot ptr_{3,2}^{9,2} - c_{1,9,2} \cdot (\gamma_{9,2} + \beta_{9,2})] \cdot y_{1,9,2}(t) - \\ & - c_{1,9,2} \cdot [ptr_{9,2}^{10,2} \cdot y_{1,10,2}(t) + ptr_{9,2}^{11,1} \cdot y_{1,11,1}(t) + ptr_{9,2}^{11,2} \cdot y_{1,11,2}(t)]. \end{aligned} \quad (14)$$

Динамика оборота перенесенной стоимости запасов меди при производстве листов ЛБ3 листовым отделом:

$$\frac{dS_{1,10,2}(t)}{dt} = [c_{1,9,2} \cdot ptr_{9,2}^{10,2} - c_{1,10,2} \cdot (\gamma_{10,2} + \beta_{10,2})] \cdot y_{1,10,2}(t) - c_{1,10,2} \cdot ptr_{10,2}^{12,6} \cdot y_{1,12,6}(t). \quad (15)$$

Динамика оборота перенесенной стоимости запасов меди на реализованную и отгруженную готовую продукцию – листы ЛБ3:

$$\frac{dS_{1,12,6}(t)}{dt} = [c_{1,10,2} \cdot ptr_{10,2}^{12,6} - c_{1,12,6} \cdot (\gamma_{12,6} + \beta_{12,6})] \cdot y_{1,12,6}(t) - c_{1,12,6} \cdot g_6^p(t). \quad (16)$$

Расчет значений $G_{1,i,j}(t)$, $y_{1,i,j}(t)$, $S_{k,i,j}(t)$ для любого момента времени t производится следующим образом:

$$y_{1,i,j}(t) = prv_{1,i,j} \cdot G_{1,i,j}(t-1), \quad (17)$$

где $prv_{1,i,j}$ – весовой коэффициент, определяющий выпуск j -го продукта блока B_i^1 .

$$G_{1,i,j}(t) = G_{1,i,j}(t-1) + \int_{t-1}^t \frac{dG_{1,i,j}}{dt} d\tau, \quad (18)$$

$$S_{k,i,j}(t) = S_{k,i,j}(t-1) + \int_{t-1}^t \frac{dS_{k,i,j}}{dt} d\tau, \quad (19)$$

Совокупное количество уравнений модели прогноза оборачиваемости средств, вложенных в производство плоского и круглого проката на АзОЦМ, составляет 1670.

Приведенный блок уравнений (1-19) подмодели, описывающей оборачиваемость средств, вложенных в производство листов ЛБ3, включает параметры модели, определяемые численной процедурой идентификации. Начальная идентификация параметров модели проведена с использованием сменно-суточных фактических показателей деятельности АзОЦМ за 3-й квартал 2000 г., ошибка прогноза по моделям не превышает 4%.

2. Постановка задачи управления

Разработанные модели позволяют прогнозировать движение оборотных средств и служат основой для принятия решений при управлении оборачиваемостью.

На основании системного анализа специфики производственной деятельности АзОЦМ сформирована физическая постановка задачи управления: исходя из

потребности предприятия определить объем сырьевой поставки и цену сырья так, чтобы минимизировать время полного оборота стоимости, авансированной на поставку в целом, которое определяется как максимальное время оборота по каждому из ресурсов, входящих в поставку.

Формальная постановка задачи управления имеет вид:

Найти $\bar{u} = [\bar{g}^3(t), \overline{smr}(t)]$, доставляющие

$$\max_i \inf \left\{ t \mid \int_{t_0}^t \frac{dS_{i,12,j}}{dt} d\tau \geq S_i^* \right\} \rightarrow \min_{\bar{u}}, \quad (20)$$

$$S_i^* = \left(S_{i,0,i} + (\bar{g}_i, \overline{smr}) + \sum_{k=1}^{12} \sum_{j=1}^{|НОМ(B_i^1)|} S_{i,k,j} \right) \Big|_{t_0}, \quad (21)$$

где $\bar{x} = [G_{1,i,j}(t), y_{1,i,j}(t), S_{k,i,j}(t)]$ – вектор состояния объекта управления;

$\bar{u} = [\bar{g}^3(t), \overline{smr}(t)]$ – управляющее воздействие; $\bar{u}^* = [\bar{g}^p(t)]$ – задающее воздействие;

$\bar{z} = [\chi, \beta, k, \gamma, c]$ – параметры;

с динамической системой ограничений, образованных уравнениями математической модели, как закона движения объекта управления в фазовом пространстве состояний:

$$\begin{cases} \bar{F}(\bar{x}, \bar{u}, \bar{u}^*, \bar{z}) \geq 0 \\ G_{1,0,j}(t) \geq gap_{1,0,j} \\ \overline{smr} \leq smr(t) \leq \overline{smr} \\ t \in [t_0, T] \end{cases}, \quad (22)$$

где $gap_{1,0,j}$ – величина гарантийного (страхового) запаса сырья j -го вида номенклатуры продуктов блока входа B_0^1 ; \overline{smr} и \overline{smr} – нижняя и верхняя граница цены закупасемого сырья.

Время оборота i -й позиции поставки определяется как нижняя грань множества действительных чисел t , таких, что долевая часть перенесенной на реализованную продукцию стоимости i -го сырья за период времени $[t_0, t]$ превысит величину S_i^* – общую стоимость средств, авансированных на образование запаса этого сырья и находящихся в начальный момент t_0 в запасах и производственном обороте завода.

Заключение

Решение данной задачи позволяет в ритме с производством определять оптимальный объем закупасемого сырья, обеспечивающего наискорейший возврат вложенных средств, прогнозировать моменты последующих поставок и динамику производства.

Литература

1. Криводубский О.А., Жилин А.В. Прогноз оборачиваемости производственных фондов предприятия // В сб. Математическое и информационное моделирование. – Тюмень: Изд-во ТГУ, 2000. – 216 с.

Поступила в редакційну колегію 28.11.2001 р.