

## ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

В.Н. Дякин

*Кафедра «Информационные процессы и управление», ФГБОУ ВПО «ТГТУ»;  
vadim\_tmb@mail.ru*

**Ключевые слова и фразы:** динамические модели микроэкономики; управление промышленным предприятием.

**Аннотация:** Дано описание динамической модели управления развитием промышленного предприятия в среднесрочном периоде планирования.

---

Современная практика управления развитием промышленных предприятий сталкивается со все возрастающими требованиями к оперативности и обоснованности принимаемых решений. Добиться такого качества управления возможно путем построения и применения адекватных математических моделей и методов.

Применимость дифференциальных уравнений для описания динамики развития предприятий показана в [1]. Широко изучена и важна своими приложениями динамическая односекторная модель макроэкономики, введенная П. Рамсеем и Р. Солоу [2, с. 137]. Представляется перспективным построить модель для описания микроэкономической динамики развития промышленного предприятия на основе структуры данной макроэкономической модели Солоу.

Аналогичным образом выделим внешние (*экзогенные*) и внутренние (*эндогенные*) параметры модели управления предприятием. К внешним параметрам модели, вынесенным за рамки непосредственно производственной системы предприятия, относятся следующие:

1)  $P_x, P_l, P_k$  – векторы компонент цен на единицу материальных ресурсов, стоимости одного нормо-часа работы персонала данного вида и стоимости единицы оборудования данного вида соответственно, руб.;

2)  $h$  – вектор размерности  $k$  компонент цен на основные производственные фонды (например, машины, оборудование) по видам, руб.;

3)  $v$  – вектор компонент годового темпа прироста или выбытия общего рабочего времени персонала данного вида,  $-1 \leq v_l \leq v_l^{\max}$ ;

4)  $\mu$  – вектор компонент годового темпа прироста или выбытия общего рабочего времени основных производственных фондов по видам,  $-1 \leq \mu_k \leq 0$ ;

5)  $q$  – вектор компонент долей потерь в связи с порчей, а также затрат по доставке материальных ресурсов различных видов от поставщиков,  $0 \leq q_j \leq 1$ ;

6)  $r$  – вектор компонент долей прироста материальных запасов по видам,  $0 \leq r_j \leq r_j^{\max}$ ;

7)  $s$  – норма пополнения или возврата внешних финансовых заимствований из различных источников, число в диапазоне  $-1 \leq s_g \leq s_g^{\max}$ ;

8)  $\sigma$  – матрица компонент долей прибыли от продукции по видам  $n$ , идущей на инвестиции в приобретение оборудования (самофинансирование) по видам  $k$ , число в диапазоне  $[0,1]$ ;

9)  $\omega$  – матрица компонент долей кредитов и других внешних источников финансирования по видам  $g$ , идущих на инвестиции в приобретение оборудования по видам  $k$ , число в диапазоне  $[0,1]$ .

Некоторые внешние параметры не поддаются управлению со стороны управляющего органа предприятия и являются возмущениями, например цены на материальные, финансовые и прочие ресурсы, приобретаемые предприятием для осуществления производственной деятельности.

Другие параметры могут быть пронормированы руководством предприятия и переданы как управляющие воздействия на объект управления, например темп прироста материальных запасов, доля прибыли, идущая на инвестиции в предприятие. Данными параметрами можно управлять, влияя тем самым на эффективность работы производственной системы предприятия в целом.

В теоретических и прикладных исследованиях значительную роль играют степенные производственные функции, которые обычно отображаются в сле-

дующей форме:  $y = A \sum_{i=1}^m x_i^{\alpha_i}$  [3, с. 65].

С учетом этого вектор-функция компонент объемов выпуска продукции промышленного предприятия в натуральном выражении для  $i$ -го продукта в общем виде может быть представлена следующей степенной производственной функцией

$$y_i = y_i^0 \prod_k (N_k K_k)^{\alpha_{ik}} \prod_l (N_l L_l)^{\beta_{il}} \prod_x (X_x)^{\gamma_{ix}}, \quad i = \overline{1, n}, \quad (1)$$

где  $y_i^0$  – вектор компонент параметра нейтрального технологического прогресса размерности  $n$ ;  $\alpha_i$  – вектор компонент эластичности выпуска продукции вида  $i$  по фондам размерности  $k$ ;  $\beta_i$  – вектор компонент эластичности выпуска продукции вида  $i$  по труду размерности  $l$ ;  $\gamma_i$  – вектор компонент эластичности выпуска продукции вида  $i$  по материалам размерности  $x$ .

На параметры степенной производственной функции принято накладывать следующие ограничения:

$$0 < \sum_k \alpha_{ik} + \sum_l \beta_{il} + \sum_x \gamma_{ix} < 1, \quad i = \overline{1, n}. \quad (2)$$

С учетом (1) внутренними параметрами модели будут:

1)  $X$  – вектор компонент затрат материальных ресурсов в натуральном выражении размерности  $x$ ;

2)  $L$  – вектор компонент общего количества производственного персонала предприятия по видам размерности  $l$ ;

3)  $N_l$  – нормо-часы работы одного производственного рабочего вида  $l$  в год (количество часов в один трудодень  $\times$  количество трудодней в году или месяце);

4)  $K$  – вектор компонент общего количества основных производственных фондов размерности  $k$ ;

5)  $N_k$  – нормо-часы работы единицы оборудования вида  $k$  в год (количество часов в один день работы оборудования  $\times$  количество дней работы в году или месяце);

6)  $F$  – вектор компонент потока от финансовой деятельности предприятия, связанный со взятием или возвратом кредитов и других внешних заимствований размерности  $g$ , руб.;

7)  $Y$  – вектор компонент выпуска готовой продукции размерности  $n$  в натуральном выражении, то есть количество произведенной и проданной продукции данного вида;

8)  $W$  – вектор компонент прибыли предприятия от производства и продажи продукции размерности  $n$ , руб.;

9)  $Z$  – вектор компонент прямых материальных затрат на производство продукции в объеме  $Y$  размерности  $x$  в натуральном выражении;

10)  $A$  – матрица прямых материальных затрат на единицу выпускаемой продукции ( $a_{ij}$  – количество затрат ресурса  $j$  на производство единицы продукции  $i$ , количество материалов/количество продукции);

11)  $B$  – матрица затрат часов работы сотрудника вида  $l$  на производство единицы продукции  $i$ , часы работы/количество продукции);

12)  $C$  – матрица затрат часов работы основного фонда вида  $k$  на производство единицы продукции  $i$ , часы работы/количество продукции);

13)  $M$  – матрица процентных ставок по кредитам и другим внешним источникам финансирования, а также инвестициям в оборотный капитал с учетом доли в распределении кредитов  $g$  видов между видами выпускаемой продукции  $i$ , а также возможных льгот по процентам, размерности  $i$  на  $g$ ,  $0 \leq m_{ig} \leq m_{ig}^{\max}$ .

С учетом вышесказанного математическая модель, описывающая динамику развития промышленного предприятия, примет следующий вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dL_i}{dt} = v_i L_i, i = \overline{1, l}, \\ \frac{dK_i}{dt} = -\mu_i K_i + \frac{I_i}{h_i}, i = \overline{1, k}, \\ \frac{dX_j}{dt} = -q_j X_j - \sum_{i=1}^n a_{ij} y_i + r_j X_j, j = \overline{1, x}, \\ \frac{dF_i}{dt} = s F_i, i = \overline{1, g}, \\ \frac{dW_i}{dt} = p_i y_i - \sum_{j=1}^x p_j a_{ij} y_i - \sum_{j=1}^l p_j b_{ij} y_i - \sum_{j=1}^k p_j c_{ij} y_i - \sum_{j=1}^g m_{ij} F_j, i = \overline{1, n}, \\ \frac{dI_j}{dt} = \sum_{i=1}^n \sigma_{ij} W_i + \sum_{i=1}^g \omega_{ij} F_i, j = \overline{1, k}. \end{array} \right. \quad (3)$$

При этом выполняются ограничения на используемые производственные ресурсы в векторной форме:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^n a_{ij} y_i \leq X_j, j = \overline{1, x}, \\ \sum_{i=1}^n b_{ij} y_i \leq L_j, j = \overline{1, l}, \\ \sum_{i=1}^n c_{ij} y_i \leq C_j, j = \overline{1, k}. \end{array} \right. \quad (4)$$

Структурная схема модели динамики развития промышленного предприятия изображена на рисунке.

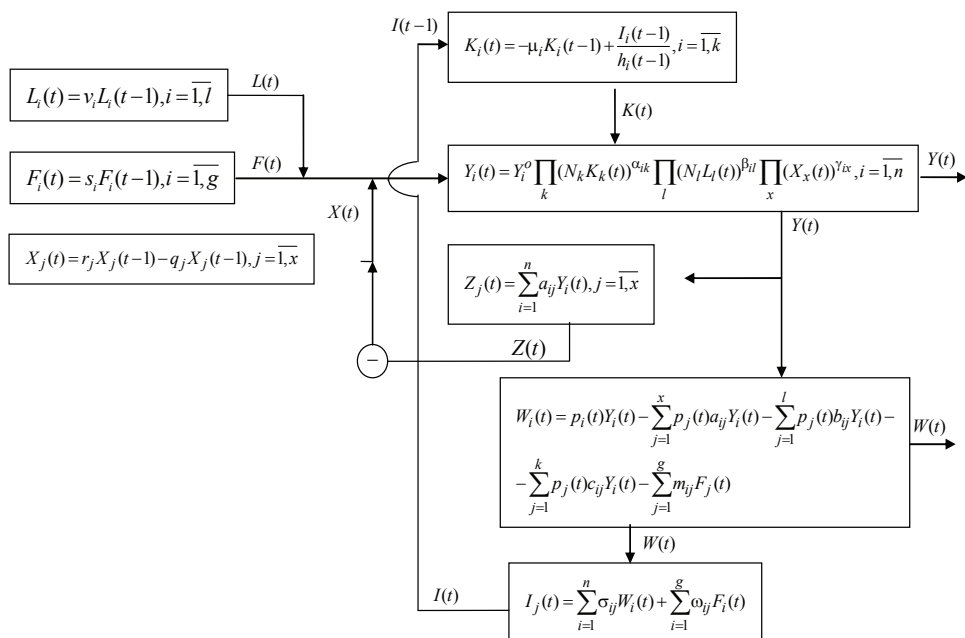


Схема модели динамики развития промышленного предприятия

Возвращаясь к внешним параметрам, можно выделить из них управляющие параметры, поддающиеся влиянию руководства предприятия:  $W(P_l, v, \mu, r, s, \sigma, \omega)$ . Если сравнивать с макроэкономическими параметрами, то, например, руководитель предприятия может установить темп прироста/выбытия персонала в отличие от общего числа занятых в экономике страны или отрасли.

Следует отметить, что возможность управления зарплатой рабочих и темпами прироста их рабочего времени не всегда существует. В частности, по некоторым категориям рабочих может присутствовать дефицит на рынке труда, что, в свою очередь, определяет ограничение на минимальную заработную плату и объемы увеличения фонда рабочего времени.

Модель (1)–(4) является основой для управления развитием промышленного предприятия как динамической непрерывной системой. Возникают задачи исследования траекторий развития предприятия в зависимости от различных внешних воздействий и определения устойчивости равновесных решений по отношению к описанным внешним возмущениям.

Возможна оптимизационная задача поиска управляющих воздействий, например, максимизирующих предложенный критерий накопленной дисконтированной прибыли

$$W_{\max} = \int_0^T d_t (W_1(t) + \dots + W_n(t)) dt \rightarrow \max, \quad (5)$$

где  $d_t$  – коэффициент дисконтирования денежных потоков в период времени  $t$ .

Представленная в статье модель является основой для построения систем управления промышленным предприятием с позиций теории автоматического управления.

### *Список литературы*

1. Егорова, Н.Е. Применение дифференциальных уравнений для анализа динамики развития малых предприятий, использующих кредитно-инвестиционные ресурсы / Н.Е. Егорова, С.Р. Хачатрян // Экономика и мат. методы. – 2006. – № 1. – С. 50–67.
2. Хацкевич, В.Л. Об устойчивости модифицированной модели Рамсея-Солоу, учитывающей запаздывание при вводе фондов / В.Л. Хацкевич // Экономика и мат. методы. – 2010. – № 1. – С. 137–143.
3. Багриновский, К.А. Методы анализа инновационных технологий на основе индекса Фаррела / К.А. Багриновский, Н.Е. Егорова // Экономика и мат. методы. – 2010. – № 1. – С. 64–74.

---

## **Dynamic Model of Management of Industrial Enterprise Development**

**V.N. Dyakin**

*Department «Information Processes and Management», TSTU;  
vadim\_tmb@mail.ru*

**Key words and phrases:** dynamic models of micro-economics; management of industrial enterprise.

**Abstract:** The paper proposes the dynamic model of management of industrial enterprise development in the intermediate-term period of planning.

---

## **Dynamisches Modell der Steuerung von der Entwicklung des industriellen Betriebes**

**Zusammenfassung:** Im Artikel wird das dynamische Modell der Steuerung von der Entwicklung des industriellen Betriebes in der mittelfristigen Periode der Planung vorgeschlagen.

---

## **Modèle dynamique de la gestion du développement de l'entreprise industrielle**

**Résumé:** Dans l'article est présenté le modèle dynamique de la gestion du développement de l'entreprise industrielle dans un délai de court terme de la planification.

---

**Автор:** *Дякин Вадим Николаевич* – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Информационные процессы и управление», ФГБОУ ВПО «ТГТУ».

**Рецензент:** *Дзюба Сергей Михайлович* – доктор физико-математических наук, профессор кафедры «Информационные системы», ФГБОУ ВПО «Тверской государственный технический университет», г. Тверь.