

УДК 004 (075)

Н.Ю. Карпенко, Ю.В. Левиков

*Харьковская национальная академия городского хозяйства*

## **ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК ЭЛЕМЕНТ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ**

*Рассмотрены вопросы использования имитационного моделирования при реализации дистанционных курсов в экономическом образовании. Предложена математическая модель поведения предприятия в условиях конкуренции, которая может использоваться при реализации дистанционных курсов в системе экономического образования.*

*имитационное моделирование, дистанционные курсы*

### **Введение**

Отличительной особенностью развития системы образования в последние годы является устойчивая тенденция к активному использованию дистанционных технологий. Дистанционные формы

обучения активно внедряются в учебный процесс, а в отдельных случаях – приобретают черты лидирующей технологии подготовки специалистов [1, 2]. Наряду с внушительным списком преимуществ, дистанционным технологиям присущ ряд недостат-

ков. Большинство из них являются следствием специфического восприятия информации через систему электронных коммуникаций. Это и низкая избыточность материала при подаче его в электронной форме, и неоправданно жесткие ограничения по форме представления, и недостаточно разнообразные формы взаимного общения слушателей.

Большинство упомянутых недостатков можно компенсировать разнообразием форм и методов организации учебного процесса. Немаловажную роль на этом пути играет создание мультимедийных демонстраций, компьютерных тренажеров, деловых игр с последующей их интеграцией в дистанционные курсы. В основе этого подхода лежат методы имитационного моделирования. Применительно к подготовке экономистов речь идет о моделировании экономических процессов на базе современных информационных технологий. Таких моделей может быть множество. Каждая из них призвана описывать тот или иной аспект поведения субъектов и объектов экономической системы. В то же время каждая модель должна быть частным случаем некоторого обобщенного описания бизнес-процесса или обобщенной модели работы предприятия.

**Обобщенная модель предприятия**

Структура бизнес-процесса поведения предприятия состоит из пяти блоков (рис. 1).

Блок «Производственная система» (ПС) реализует набор производственных функций. Входом являются ресурсы и параметры производства. К ресурсам относятся: основные производственные фонды (с учетом амортизации), трудовые ресурсы (численность персонала с учетом естественного прироста). К параметрам относятся: технический уровень производства и профессиональный уровень персонала. Выходом блока является выпуск продукции в натуральном выражении. Блок ПС моделируется автоматически, параметров управления в нем не предусмотрено.

Блок «Рынок» реализует 3 типа моделей ценообразования и поведения потребителя, определяющего объема реализации: 1) фиксированные цены; 2) назначаемые производителем цены; 3) конкурентные цены, определяемые на основе спроса и

предложения. Реализация выпущенной продукции в случаях 1), 3) – полная, в случае 2) – определяется моделью поведения потребителя на основе функций полезности. Управляющим параметром служат цены  $P$ . Нереализованные остатки накапливаются и включаются в выпуск на следующем шаге моделирования. По мере реализации продукции формируется доход  $R$ .

В распределительном блоке «S» доход он распределяется на две составляющие: инвестиции  $I$  и потребление  $C$ . Управляющим параметром служит норма накопления  $S$ .

Блок «Развитие производства» (РП) моделирует стратегию развития производства за счет инвестирования средств в:

- увеличение объема производственных фондов;
- повышение технического и профессионального уровня (влияет на фондоотдачу и производительность труда);
- снижение материальных затрат.

Блок «Трудовые ресурсы» (ТР) регулирует численность работающих  $I$  с учетом их перераспределения между предприятиями. Параметры бизнес-процесса приведены в табл. 1.

Таблица 1

Основные параметры бизнес-процесса

K	– основные фонды (стоимость);
L	– трудовые ресурсы (численность);
ПС	– производственная система;
F	– производственная функция;
Y	– выпуск продукции, $Y = F(K,L)$ ;
$\Delta Y$	– нереализованные остатки;
P	– цены;
R	– доход;
S	– норма накопления;
I	– инвестиции;
P	– цены;
R	– доход;
S	– норма накопления;
C	– потребление (ФЗП+ФЭС+ФСР)

Критерием оптимальности является максимизация суммарного потребления  $\mu_{max}$ .

На базе представленной схемы может быть сгенерировано множество частных моделей, отличающихся набором управляющих воздействий и условиями внешней среды. К ним относятся: цены на выпускаемые товары  $P$ , норма накопления  $S$ , повышение технического и профессионального уровней, снижение материальных затрат, регулирование численности работающих. Способы взаимодействия партнеров

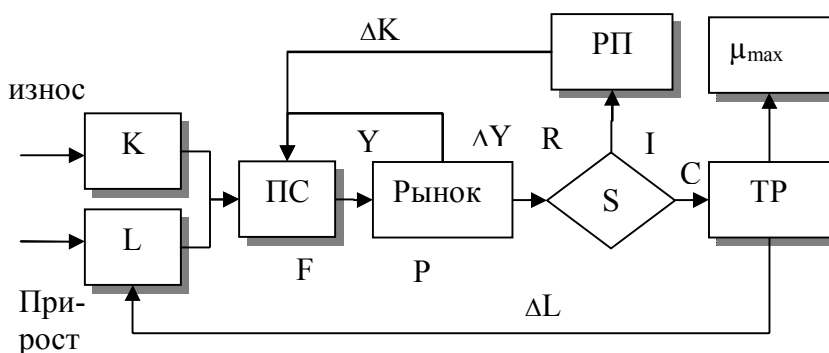


Рис. 1. Структура бизнес-процесса

регулируются тремя составляющими: конкурентное ценообразование, ограниченная реализация выпуска, обмен трудовыми ресурсами. Из многообразия частных моделей принято выделять 6 базовых компонент: «Экономический рост», «Экономическое равновесие», «Развитие производства», «Конкурентный выпуск», «Трудовые ресурсы», «Дуополия». Именно они являются неотъемлемой частью при построении дисциплин экономического цикла. Рассмотрим для примера формирование частной модели «Конкурентный выпуск».

### Модель «Конкурентный выпуск»

Цель этого бизнес-процесса – объединить три составляющие: набор экономических аспектов механизма образования дохода предприятия, расширения объема выпуска и снижения себестоимости продукции. С моделью работают несколько участников. Каждый из них управляет некоторым предприятием и является конкурентом для остальных слушателей. Ему известны исходные параметры модели: оценка спроса на продукцию, ее цена, объем основных фондов предприятия, предельный объем выпуска продукции, ее себестоимость, численность работающих.

Работа с моделью представляет собой итерационный процесс. На каждом шаге участники анализируют состояние экономической ситуации и распределяют доход своего предприятия, направляя его на капитальные вложения и потребление. Капитальные вложения способствуют увеличению объема основных фондов и повышению технического уровня производства. Это означает, что они снижают себестоимость продукции. Модель на каждом шаге формирует состояние рынка, определяет спрос и текущие цены, рассчитывает доход предприятий. Эти данные она показывает участникам.

Доход предприятия зависит от объема выпуска  $V$ , себестоимости  $Z$  и уровня цен  $P$ . Цены формируются рынком в зависимости от суммарного выпуска. Для этого в модель заложена функция эластичности спроса по цене, причем предельный спрос растет с постоянным темпом. Разумеется, что цена  $P$  зависит и от суммарного объема предложения.

Цель игры – выбрать стратегию, которая максимизирует суммарное потребление предприятия за некоторый период.

**Математическая модель конкурентного выпуска.** Обозначим  $V_{it}$  – объем продукции в натуральном выражении, выпущенной  $i$ -м предприятием за период  $t, i=1, \dots, N$  – количество предприятий, общий объем выпуска составит:

$$V_t = \sum_{i=1}^N V_{it} . \quad (1)$$

Считаем, что цена продукции линейно зависит от суммарного предложения:

$$P_t = -\frac{P^*}{G_t} V_t + P^* , \quad (2)$$

где  $P^*$  – предельная цена;  $G_t$  – предельный спрос на продукцию. Считаем, что  $P = 0$  при  $V_t \geq G_t$ .

Рассмотрим динамику одного предприятия, опустив индекс  $i$ . Производственная функция, определяющая выпуск продукции в периоде  $t (t = 1, 2, \dots, T)$  имеет вид:

$$V_t = V_0 F(K_t L_t) ,$$

где  $K_t$  – объем основных фондов;  $L_t$  – численность работающих.

В конкретной модели принято:

$$V_t = V_0 \sqrt{K_t/K_0} \sqrt{L_t/L_0} . \quad (3)$$

Объем реализации продукции  $V_t$  по цене  $P_t$  составляет величину  $P_t \times V_t$ , а затраты составят  $Z_t \times V_t$ , где  $Z$  – себестоимость единицы продукции. Следовательно, доход предприятия за период  $t$  равен:

$$V_t = V_t (P_t - Z_t) . \quad (4)$$

Величина  $Y_t$  распределяется предприятием на две составляющие:

- капитальные вложения

$$I_t = S_t V_t ; \quad (5)$$

- потребление

$$C_t = (1 - S_t) V_t , \quad (6)$$

где  $S_t$  – норма капитальных вложений ( $0 < S_t < 1$ ). В свою очередь капитальные вложения направляются на физическое увеличение объема основных фондов

$$\Delta K_t = S_t^* I_t \quad (7)$$

и повышение технического уровня производства, что способствует снижению себестоимости продукции:

$$R_t = (1 - S_t^*) I_t . \quad (8)$$

Управляющий параметр подчиняется условию:

$$0 < S_t^* < 1 .$$

Величина  $\Delta K_t$  увеличивает объем основных фондов:

$$K_{t+1} = K_t + \Delta K_t \quad (9)$$

и в силу (3) влияет на объем выпуска.

Средства, направляемые на повышение технического уровня производства, влияют на коэффициент технического уровня:

$$X_{t+1} = \sum_{i=1}^t R_i / K_{t+1} , \quad (10)$$

от которого зависит себестоимость продукции (в модели принято  $\alpha = 1$ )

$$Z_{t+1} = Z_0 e^{-\alpha X_{t+1}} . \quad (11)$$

Численность работающих и предельный спрос на продукцию растут соответственно с темпами  $\eta$  и  $\beta$

$$L_t = L_0 e^{-\eta X_{t+1}} ; \quad (12)$$

$$G_t = G_0 e^{-\beta X_{t+1}} . \quad (13)$$

Рекомендуется выбирать  $\beta > \eta$ . Схема работы с моделью приведена на рис. 2.

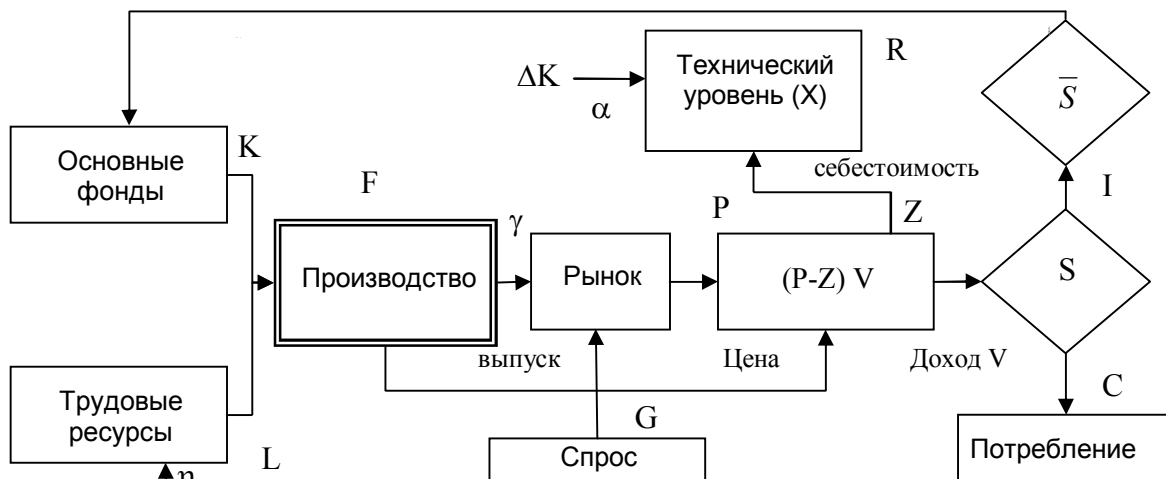


Рис. 2. Схема работы с моделью

Задача слушателя – добиться максимального суммарного потребления

$$F_i = \sum_{t=1}^T C_{it} \rightarrow \max.$$

Выбирая оптимальную стратегию, слушатель должен опираться на следующие рекомендации:

- малые значения управляющего параметра  $S_{it}$  (нормы накопления) приводит к увеличению доли потребления  $C_{it}$ , однако при этом медленно улучшаются факторы производства  $K_{it}$  и  $Z_{it}$ , при больших значениях  $S_{it}$  наблюдается противоположный эффект – снижается потребление, при  $S_{it} = 100$  имеем  $C_{it} = 0$ ;

- уменьшение  $S_{it}^*$  влечет медленный рост объема основных фондов  $K_t$  и выпуска  $V_t$ , однако при этом повышается технический уровень производства, снижается себестоимость продукции  $Z_t$ , что может компенсировать отрицательный эффект от снижения темпа роста выпуска;

- увеличение объемов выпуска вследствие быстрого роста объема основных фондов приводит к падению цены  $P_t$ ; при большом количестве предприятий, увеличивающих выпуск, это падение может быть значительным, что повлечет снижение доходов  $Y_{it}$ , поэтому необходимо учитывать поведение партнеров и экономические показатели их предприятий;

- снижение себестоимости за счет совершенствования технологии, экономии сырья и повышения технического уровня производства стабилизирует  $Y_{it}$  при колебаниях цены. Снижение себестоимости не безгранично и замедляется с ростом технического уровня производства;

- условие  $\beta > \eta$  в данной модели обеспечивает возможность роста цены  $P$  при ограничении роста объемов выпуска большинством предприятий ( $S_{it}^* = 0$ ), что увеличивает доход;

- условием, когда увеличение выпуска только одним предприятием  $i$  приводит к увеличению его дохода является равенство:  $P - Z_i > g(V_i + \Delta V_i)$ , где  $\Delta V_i$  – прирост выпуска продукции;  $g = P^* / G$  –

влияние роста выпуска на цену. При этом у  $j$ -го предприятия, не увеличивающего выпуск, доход уменьшается на величину:  $\Delta V_j = g \Delta V_i V_j$ .

Интересно, что при  $N = 1$ , максимизируя (4) с учетом (2), можно получить оптимальный объем производства:  $V_{opt} = (P^* - Z) / 2g$ .

## Выводы

Описанная модель реализована в качестве составной части дистанционной системы, которая используется для преподавания курсов экономики и менеджмента в Харьковской национальной академии городского хозяйства.

Весь программный комплекс состоит из 354 моделей, каждая из которых сориентирована на изучение отдельных аспектов деятельности предприятия. Результаты работы моделей трансформируются в электронную таблицу Excel, что облегчает их углубленный анализ.

Применение средств моделирования в сочетании с традиционными средствами электронного обучения подтвердило их высокую эффективность.

## Список литературы

1. Hans Kellerer, Ulright Pferschy et David Pisinger, *Knapsack Problems*, Springer, 2004. – 238 p.
2. Andrew Tanenbaum, *Systèmes d'exploitation*, Pearson Education France, 2003, 2<sup>e</sup> éd.
3. David A. Peterson, Nitin Indurkha, Patterson, *Computer Organization and Design*. – Morgan Koffman. – 212 p.
4. Интриллигатор М. *Математические методы оптимизации и экономическая теория*. – М.: Прогресс, 1975. – 344 с.
5. Иванюков Ю. П., Лотов А. В. *Математические модели в экономике*. – М.: Наука, 1979. – 422 с.

Поступила в редакцию 1.11.2007

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. В.П. Авраменко, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.