

В.А. Бабенко (*Харьковский национальный аграрный университет им. В.В. Докучаева, Украина*)

ФОРМИРОВАНИЕ ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДИНАМИКИ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ АПК

В статье рассмотрены вопросы формирования экономико-математической модели процесса управления инновационными технологиями на предприятиях АПК, использован детерминированный подход для моделирования исходной задачи в форме динамической задачи программного управления инновационными технологиями АПК на заданный момент времени с учетом наличия рисков.

Ключевые слова: управление инновационными технологиями, экономико-математическая модель, аграрные риски, динамическая модель, программное инновационное управление.

Форм. 4. Лит. 10.

В.О. Бабенко (*Харківський національний аграрний університет ім. В.В. Докучаєва, Україна*)

ФОРМУВАННЯ ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДИНАМІКИ ПРОЦЕСУ УПРАВЛІННЯ ІННОВАЦІЙНИМИ ТЕХНОЛОГІЯМИ НА ПІДПРИЄМСТВАХ АПК

У статті розглянуто питання формування економіко-математичної моделі процесу управління інноваційними технологіями на підприємствах АПК, використано детермінований підхід для моделювання вихідної задачі у формі динамічної задачі програмного управління інноваційними технологіями АПК на заданий момент часу з урахуванням наявності ризиків.

Ключові слова: управління інноваційними технологіями, економіко-математична модель, аграрні ризики, динамічна модель, програмне інноваційне управління.

V.A. Babenko (*Kharkov National Agrarian University of V. Dokuchaev, Ukraine*)

FORMATION OF ECONOMIC-MATHEMATICAL MODEL FOR PROCESS DYNAMICS OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES MANAGEMENT AT AGROINDUSTRIAL ENTERPRISES

The article considers the issue of formation of economic-mathematical model for the process of managing the innovative technologies at agroindustrial enterprises; a deterministic approach is used in simulating the output task as a dynamic task for program management of innovative technologies at agro-industrial enterprises at a given time, taking into account the existing risks.

Keywords: innovative technologies management; economic-mathematical model; agrarian risks; dynamic model; program innovative management.

Постановка проблеми. На підприємства агропромислового комплексу (АПК) України впливає велике число факторів зовнішнього середовища. В сучасних економічних умовах будь-яке підприємство АПК змушене за допомогою управління адаптувати свої ресурсні можливості до зовнішніх і внутрішніх умов, враховуючи ризики, пов'язані з нестабільністю і ускладненням соціально-економічних умов внутрішнього і зовнішнього ринку. Крім того, необхідно враховувати специфіку сільськогосподарсько-

го производства, основными признаками которого является его отраслевая направленность, что влечет к появлению «аграрных» рисков [4].

Существует особенность проявления «аграрных» рисков, которая заключается в изменении процессов органогенеза (роста и развития растений) в растениеводстве. При этом, одним их основных источников рисков в сельскохозяйственном производстве выступают погодные колебания и природно-климатические условия, приводящие к потере продукции [1]. Необходимо также учитывать, что в ряде случаев сельскохозяйственное сырье является в основном скоропортящимся продуктом, оно быстро теряет свои полезные свойства, что необходимо учитывать при его производстве, транспортировке и хранении.

Эти и другие факторы, связанные с особенностями функционирования предприятий АПК в современных социально-экономических условиях, обуславливают необходимость применения инновационных технологий (ИТ) при производстве продукции, а также оптимизации процессов управления, что необходимо учитывать при построении соответствующих экономико-математических моделей.

Анализ последних исследований и публикаций. Вопрос экономико-математического моделирования производственно-финансовых процессов, в т.ч. и в аграрном секторе экономики, рассмотрены в работах ведущих отечественных и зарубежных ученых: Р. Беллмана [2], В.В. Витлинского [3; 4], В.М. Вовка [9], В.А. Кадиевского [7], Н.Н. Красовского [5], А.В. Лотова [6], А.И. Пропоя [8], А.В. Тер-Крикорова [10] и других. Однако отдельные вопросы требуют дальнейшей проработки. Так, на данном этапе практически отсутствуют экономико-математические модели, учитывающие особенности динамики процесса производства в сельском хозяйстве, влияния рисков при управлении *ИТ* на предприятиях АПК и оптимизации этих процессов.

Исследование и решение задачи управления *ИТ* на предприятиях АПК требует разработки динамической экономико-математической модели, учитывающей наличие управляющих воздействий, неконтролируемых параметров (рисков, погрешностей моделирования и др.) и наличие дефицита информации. При этом существующие подходы к решению подобных задач базируются, в основном, на статических моделях и используют аппарат стохастического моделирования, для применения которого требуется знание вероятностных характеристик основных параметров модели и специальных условий реализации рассматриваемого процесса. Отметим, что для использования аппарата стохастического моделирования необходимы очень жесткие условия, которые на практике заранее не выполнимы.

Цель исследования. В статье предлагается рассмотреть вопрос формирования экономико-математической модели процесса управления инновационными технологиями на предприятиях АПК, использовать детерминированный подход для моделирования и решения исходной задачи в форме динамической задачи программного управления *ИТ* на предприятиях АПК на заданный момент времени с учетом наличия рисков.

Основные результаты исследования. Перейдем к формированию экономико-математической модели для рассматриваемой задачи.

Опишем информационные возможности в рассматриваемом процессе. Предполагается, что по ходу реализации рассматриваемого процесса управления *ИТ* для конкретного предприятия АПК и фиксированного натурального числа $s \gg T > 0$, в начальный момент времени $t = 0$ субъект управления имеет следующие информационные возможности, соответствующие реализациям фазового вектора, управляющего воздействия и векторов рисков на целочисленном промежутке времени $-s, 0$, предшествующем рассматриваемому процессу управления *ИТ*:

1) известна история реализации фазового вектора системы $x_{-s}(\cdot) = (x_1(\cdot)_{-s}, x_2(\cdot)_{-s}, \dots, x_n(\cdot)_{-s}) = \{(x_1(\tau), x_2(\tau), \dots, x_n(\tau))\}_{\tau \in \overline{-s, 0}} = \{x(\tau)\}_{\tau \in \overline{-s, 0}}$;

2) известна история реализации управляющего воздействия системы $u_{-s}(\cdot) = (u_1(\cdot)_{-s}, u_2(\cdot)_{-s}, \dots, u_p(\cdot)_{-s}) = \{(u_1(\tau), u_2(\tau), \dots, u_p(\tau))\}_{\tau \in \overline{-s, -1}} = \{u(\tau)\}_{\tau \in \overline{-s, -1}}$;

3) известна история реализации вектора рисков системы $v_{-s}(\cdot) = (v_1(\cdot)_{-s}, v_2(\cdot)_{-s}, \dots, v_q(\cdot)_{-s}) = \{(v_1(\tau), v_2(\tau), \dots, v_q(\tau))\}_{\tau \in \overline{-s, -1}} = \{v(\tau)\}_{\tau \in \overline{-s, -1}}$.

Процесс управления *ИТ* на предприятиях АПК на заданном целочисленном промежутке времени $0, T = \{0, 1, 2, \dots, T\}$ описывается векторным дискретным рекуррентным уравнением вида (*динамическая модель*):

$$x(t+1) = A(t)x(t) + B(t)u(t) + C(t)v(t), \quad x(0) = x_0, \quad (1)$$

где $t \in \overline{0, T-1} = \{0, 1, 2, \dots, T-1\}$ — есть момент времени, определяющий временной период (например, месяц, квартал, год), на котором осуществляется выбор управления; $0, T$ — заданный целочисленный промежуток времени ($T > 0$ и целочисленное).

Обозначим через $x(t+1)$ вектор объемов продукции на предприятии к концу периода времени $t, t+1$ (запасы продукции в момент времени $t+1$). Эта величина формируется на основании наличия:

- остатков нереализованной продукции к моменту времени $t+1$ (если в начале периода $t, t+1$ на предприятии имелись запасы в количестве $x(t)$, то к концу этого периода останется ее нереализованная часть, равная $A(t)x(t)$); где $x(t) = (x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t))' \in R^n$ — фазовый вектор, характеризующий состояние системы в момент времени t (вектор запасов продукции в момент $t (t \in \overline{0, T-1})$, у которого каждая i -ая координата $x_i(t)$ есть значение объема продукции i -го вида $i \in \overline{1, n}$ (n — общее количество видов выпускаемой продукции; $n \in N, N$ — множество всех натуральных чисел); R^n — n -мерное векторное пространство векторов-столбцов; $A(t) = \|a_{ij}(t)\|_{i \in \overline{1, n}}$ — диагональная матрица, характеризующая реализацию (матрица «реализации») продукции за период времени $t, t+1$;

- изготовленной продукции в период времени $t, t+1$ (вектор $B(t)u(t)$), где $u(t) = \{u_1(t), u_2(t), \dots, u_j(t), \dots, u_p(t)\} \in R^p$ — вектор управления инновационным процессом (вектор инновационного управления), каждая j -ая компонента которого $u_j(t) \in R^1$ — интенсивность использования j -го технологического способа производства в период времени $t, t+1 (j \in \overline{1, p}; p \in N)$;

- $B(t)$ — «технологическая матрица» производства, в которой каждый j -й способ организации производства ($j \in \overline{1, p}$) в период времени $t, t+1$ характеризуется вектором $\{b_{1j}(t), b_{2j}(t), \dots, b_{nj}(t)\}$: если $b_{ij}(t) < 0$, то величина $b_{ij}(t)$ определяет затраты i -го ингредиента ($i \in \overline{1, n}$) при j -м способе производства;

если $b_{ij}(t) > 0$, то величина $b_{ij}(t)$ определяет выпуск i -го ингредиента при j -м способе производства;

- слагаемого, учитывающего влияние помех: рисков, неопределенности или погрешности моделирования на производимую и имеющуюся в наличии продукцию в период времени $\overline{t, t+1}$ (вектор $C(t)v(t)$), где $v(t) = \{v_1(t), v_2(t), \dots, v_q(t)\} \in R^q$ есть вектор помехи (риска, неопределенности или погрешности моделирования процесса); $q \in N$. Например, недопоставки комплектующих материалов, неплатежи, порча сельскохозяйственной продукции при хранении или транспортировке, несоответствие требований к качеству сырья или готовой продукции и др. [5]; $C(t) = \|c_{ij}(t)\|_{i \in \overline{1, n}, j \in \overline{1, q}}$ есть матрица, состоящая из коэффициентов пересчета уровня влияния вектора помехи на выпускаемую и имеющуюся в наличии продукцию каждого вида, т.е. на процесс формирования вектора $x(t+1)$;

- $A(t)$, $B(t)$, $C(t)$ – матрицы размерностей $(n \times n)$, $(n \times p)$ и $(n \times q)$, соответственно, которые определяют динамику процесса управления ИТ на предприятии АПК.

На основе данных 1) ÷ 3), приведенных выше, можно решить задачу идентификации [8] всех основных элементов дискретной динамической системы (1), т.е. определить элементы матриц $A(t)$, $B(t)$ и $C(t)$, которые формируются на основе информации из документов отчетности конкретного предприятия путем решения соответствующей задачи идентификации [6; 10].

Предполагается также, что на основании этих данных и другой информации (например, новых возможностей для расширения ресурсов управляющего субъекта) формируются следующие ограничения:

$$u(t) \in U_1, v(t) \in V_1, \forall t \in \overline{0, T-1}, \quad (2)$$

где U_1 – конечное множество в R^p , а V_1 – выпуклый, замкнутый и ограниченный многогранник в R^q [6].

Пусть $\{U(0, T) = u(\cdot) : u(\cdot) = \{u(t)\}_{t \in \overline{0, T-1}}, \forall t \in \overline{0, T-1}, u(t) \in U_1\}$ есть множество всех допустимых программных инновационных управлений (всех возможных сценариев реализации инновационного управления) на целочисленном промежутке времени $0, T$, а $\{V(0, T) = \{v(\cdot) : v(\cdot) = \{v(t)\}_{t \in \overline{0, T-1}}, \forall t \in \overline{0, T-1}, v(t) \in V_1\}$ есть множество всех допустимых реализаций вектора рисков-помех (всех возможных сценариев реализации вектора рисков) на промежутке $0, T$ [5].

Выберем конкретное допустимое программное управление $u_T^*(\cdot) = \{u^*(t)\}_{t \in \overline{0, T-1}} \in U(0, T)$, $\forall t \in \overline{0, T-1}, u^*(t) \in U_1$, из конечного множества $U(0, T)$ всех допустимых программных управлений $u_T(\cdot)$ на промежутке времени $0, T$.

Тогда при реализации фиксированных и допустимых программного управления $u_T^*(\cdot) \in U(0, T)$ и вектора рисков $v_T^*(\cdot) \in V(0, T)$ система (1) перейдет в систему вида:

$$x^*(t+1) = A(t)x^*(t) + B(t)u^*(t) + C(t)v^*(t), \forall t \in \overline{0, T-1}, x^*(0) = x_0, \quad (3)$$

где $x^*(T) = x_{0, T}^*(T; x_0, u_T^*(\cdot), v_T^*(\cdot))$ есть состояние в момент времени T траектории рассматриваемого процесса управления ИТ, порожденной системой (1)–(2) и соответствующей набору $(x_0, u_T^*(\cdot), v_T^*(\cdot))$, т.е. финальное состояние этой системы.

Предположим, что для всех допустимых реализаций наборов $(x_0, u_T(\cdot), v_T(\cdot))$, $x(0) = x_0$, $u_T(\cdot) \in U(0, T)$ и для фиксированной реализации $\bar{v}_T(\cdot) = \{\bar{v}_T^{(i)}\}_{i \in \overline{0, T-1}} \in R^{(q \times T)}$ качество процесса управления в системе (1)–(2), описывающей процесс управления **ИТ**, предлагается оценивать, например, *векторным терминальным функционалом (показателем качества процесса)* $\Phi^{(1)} = (\Phi_1^{(1)}, \Phi_2^{(1)}, \dots, \Phi_r^{(1)})$, представляющим из себя набор из r выпуклых функционалов $\Phi_i^{(1)}$, $i \in \overline{1, r}$, значения которых оценивают уровень процесса управления **ИТ** и определяются следующими соотношениями:

$$\Phi_i^{(1)}(x_0, u_T(\cdot), v_T(\cdot)) = F_i(x(T)) = F_i(x_{0,T}(T; x_0, u_T(\cdot), v_T(\cdot))), \quad i \in \overline{1, r}, \quad (4)$$

где $F_i: R^n \rightarrow R^1$ есть выпуклый функционал для каждого $i \in \overline{1, r}$.

Выводы. Отметим, что с помощью функционала $\Phi^{(1)} = (\Phi_1^{(1)}, \Phi_2^{(1)}, \dots, \Phi_r^{(1)})$ на основании соотношения (4), определяющего его значения, можно оценивать также и влияние ущерба, который возможен при реализации конкретного вектора детерминированных рисков $v_T(\cdot) \in V(0, T)$.

В дальнейшем для решения задачи программного инновационного управления **ИТ** при наличии рисков можно предложить метод, который сводится к реализации решений конечного числа задач линейного и выпуклого математического программирования, а также задачи дискретной оптимизации. Предлагаемый метод даст возможность разрабатывать эффективные численные процедуры, позволяющие реализовать компьютерное моделирование динамики рассматриваемой задачи, сформировать программное минимаксное управление и получить оптимальный гарантированный результат.

1. *Бабенко В.О.* Методика класифікації й управління ризиками в агропромисловому виробництві // Вісник ХНАУ: Збірник наукових праць. – 2011. – №8. – С. 49–54.
2. *Беллман Р.* Динамическое программирование. – М.: Иностранная литература, 1960. – 400 с.
3. *Витлинский В.В.* Моделирование экономики: Учеб. пособие. – К.: КНЕУ, 2005. – 408 с.
4. *Витлинский В.В., Бабенко В.А.* Аспекты моделирования процессов управления инновационными технологиями на агропромышленных предприятиях // Анализ, моделирование, управление, развитие экономических систем: Сборник науч. трудов V Международной школы-симпозиума АМУР-2011 (Севастополь, 12–18 сентября 2011) / Отв. ред. М.Ю. Кусый, А.В. Сигал. – Симферополь: ТНУ им. В.И. Вернадского, 2011. – С. 63–69.
5. *Красовский Н.Н.* Теория управления движением. – М.: Наука, 1968. – 476 с.
6. *Лотов А.В.* Введение в экономико-математическое моделирование. – М.: Наука, 1984. – 392 с.
7. Моделирование экономики / В.А. Кадиевский и др. – К.: ГАСУА, 2007. – 214 с.
8. *Пролой А.И.* Элементы теории оптимальных дискретных процессов. – М.: Наука, 1973. – 255 с.
9. Современные проблемы моделирования социально-экономических систем: Монография / В.М. Вовк и др. – Харьков: ИНЖЕК, 2009. – 428 с.
10. *Тер-Крикоров А.М.* Оптимальное управление и математическая экономика. – М.: Наука, 1977. – 216 с.

Стаття надійшла до редакції 13.09.2012.