

УДК 330.46:519.86; 631.152:004

*В.О. БАБЕНКО, кандидат технічних наук, доцент, докторант
Харківський національний аграрний університет ім. В.В. Докучаєва*

Економіко-математичне моделювання в управлінні інноваційними процесами переробних підприємств АПК

Постановка проблеми. Тенденції розвитку аграрного виробництва в усьому світі визначають інноваційним розвитком сільськогосподарства, переробної та харчової галузей, які ґрунтуються на високотехнологічній глибинній переробці сільськогосподарської сировини та виробництві високоякісної конкурентоспроможної харчової продукції. У Законі України «Про пріоритетні напрями розвитку науки й техніки» інноваційні та ресурсозберігаючі технології в агропромисловому комплексі (АПК) визначено одним із пріоритетних напрямів розвитку [5]. У Законі «Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні» задекларовано, що одним із стратегічних напрямів є високотехнологічний розвиток сільського господарства й переробної галузі, а середньостроковими – інноваційні технології глибокої переробки рослинної та тваринної продукції; сучасні технології зберігання сільськогосподарської продукції; матеріали, технології й устаткування для фасування, пакування та маркування продуктів харчування і напоїв; екологічно чисті харчові продукти й продукти з високими оздоровчими властивостями [6].

Розв'язання пов'язаних із цими питаннями завдань неможливе без відповідного ефективного управління інноваційними процесами (ІП) переробних підприємств АПК, яке ґрунтується на комплексному дослідженні відповідних процесів і прийнятті управлінських рішень з урахуванням розробки та реалізації відповідних економіко-математичних моделей, методів і алгоритмів

розв'язку задач оптимізації управління ІП з використанням сучасних інформаційних технологій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблемам підвищення економічної ефективності виробничої діяльності підприємств присвячені різні наукові розробки. Питанням економіко-математичного моделювання й оптимального управління в економіці присвячені дослідження таких учених, як Н.П. Бусленко, В.В. Вітлінського [3], В.Н. Волкової, В.Н. Глушкова, А.Г. Гранберга, І.І. Єрьоміна, Л.В. Канторовича, А.В.Лотова [9], В.Д. Мазурова, В.Л. Макарова, В.Д. Ногіна, А.А. Первозванського, А.І. Пропоя [11], А.М. Тер-Крикорова, В.В. Федосєєва, С.В. Черемних, А.Г. Чхартишвілі та інших учених.

Із праць зарубіжних учених можна виділити роботи Н.А. Зайцева [7], У. Кінга [8], О.М. Моргерштерна і Дж. Неймана [10], А.Ф. Шорікова [12] та ін., присвячені методам оптимізації управління ІП.

Багатоаспектним дослідженням із питань економіко-математичного моделювання в аграрній економіці України найбільша увага приділялася: Анічиним Л.М., Браславцем М.Є., Кадієвським В.А. й ін. Проте залишається нерозв'язаною проблема розробки математичних методів і моделей процесів інноваційного відновлення та їх управління вітчизняного аграрного виробництва, яке являє собою складну, відкриту, здатну до самоорганізації і саморозвитку економічну систему з динамічно змінюваними недетермінованими й суперечливими характеристиками.

Мета статті – дослідження теоретичних та практичних аспектів процесу управління

інноваційними процесами, його моделювання й оптимізації; підходів до аналізу та підвищення економічної ефективності на підприємствах АПК за допомогою економіко-математичного моделювання. Розробка економіко-математичної моделі оптимізації управління інноваційними процесами на переробних підприємствах АПК з формуванням обмежень та критеріїв якості для оцінки досліджуваного процесу. Постановка задачі оптимізації програмного управління інноваційними процесами переробних підприємств АПК в умовах невизначеності економічних умов і середовища, а також обумовленого цим ризику.

Виклад основних результатів. Сучасні реалії вимагають від переробних підприємств АПК України розв'язання нових завдань щодо вдосконалення їх інноваційної діяльності на основі раціонального управління ІІ з використанням відповідних економіко-математичних моделей [3]. Враховуючи це, управління ІІ переробних підприємств АПК на основі економіко-математичного моделювання є важливою науковою проблемою та потребує подальшого дослідження. Дослідивши поняття «управління» [4, 7, 8] можна зробити висновок, що під ним розуміють сам процес або сукупність дій господарюючого суб'єкта по встановленню цілей і завдань його функціонування, а також формування послідовності дій, що забезпечують досягнення поставлених цілей. Під ІІ мають на увазі результат інноваційної діяльності, спрямованої на випуск інноваційної продукції, застосування інноваційної технології або надання інноваційних послуг. Слід зазначити, що весь процес управління інноваційною діяльністю підприємства ґрунтується на реалізації обраних ІІ, що визначають більшою мірою всі основні результати та показники діяльності підприємства.

ІІ підприємств АПК належать до таких основних напрямів:

запровадження нових технологічних процесів виробництва сільгосппродукції;

запровадження нових способів управління виробництвом;

запровадження в практику виробництва нових сільгоспкультур;

впровадження нових технологій переробки сільгосппродукції;

впровадження нових технологій зберігання та транспортування сільгосппродукції й ін.

У сучасних економічних умовах будь-яке агропромислове підприємство, у т.ч. по переробці сільськогосподарської продукції, змушене за допомогою управління пристосовувати свої ресурсні можливості до зовнішніх і внутрішніх умов, враховуючи ризики, пов'язані з нестабільністю й ускладненням соціально-економічних умов внутрішнього та зовнішнього ринків. Крім того, необхідно враховувати специфіку сільськогосподарського виробництва, основними ознаками якого є його галузева спрямованість, що призводить до появи «аграрних» ризиків [2]. Якщо для промислових галузей найбільш серйозними порушеннями виробничого процесу, зокрема, є відмови машин і устаткування, то особливостями прояву «аграрних» ризиків є зміни в процесах органогенезу (росту та розвитку рослин) у рослинництві. Це призводить до пошкодження й загибелі сільськогосподарських культур і, як наслідок, до недобору врожаю, хвороб та загибелі тварин.

Основним фактором джерела ризиків у сільськогосподарському виробництві є природно-кліматичні умови й погодні коливання, що призводять до втрати продукції. Необхідно також урахувати, що в ряді випадків сільськогосподарська сировина є в основному швидкопсувним продуктом, а також таким, який швидко втрачає свої корисні поживні властивості, що також необхідно враховувати при його виробництві, транспортуванні та зберіганні. Ці й інші фактори, пов'язані з особливостями функціонування переробних підприємств АПК, також зумовлюють необхідність застосування ІІ при випуску продукції та оптимізації його управління в умовах ризику й невизначеності, що необхідно враховувати при процедурі моделювання відповідних процесів.

Що стосується процесу моделювання як для теорії математичного моделювання, так і для основних сфер його застосувань, то для нього характерний одноразовий, однокроковий вибір рішення (наприклад, розподіл програми випуску необхідної продукції між кількома виробничими ділянками, визначення найкращого плану перевезень, розрахунки різного роду мереж, планування розміщення підприємств і т.д.). Відзначимо, що

такі моделі та задачі є статичними задачами умовної оптимізації.

Проте, як тільки виникають питання розвитку системи, управління нею протягом певного періоду часу, однокроковий розв'язок виявляється непридатним для більшості реальних практичних завдань економіки. У таких завданнях рішення необхідно приймати на кілька кроків уперед за часом, і задача оптимізації стає багатокроковою, тобто динамічною. Відзначимо, що до задач такого роду належать, наприклад, задачі управління ІІ, перспективного й оперативного планування, управління технологічними процесами в підприємстві, складання програм розвитку різних систем, розрахунки багатоступінчастих технологічних комплексів тощо.

Необхідно також враховувати, що в економіці певні явища мають дискретний характер, оскільки на практиці найчастіше інформація про стан системи та процесів, які реалізуються в ній, а також прийняття рішень здійснюються в дискретні моменти часу, тобто по кроках, тому розглядатимемо дискретну економіко-математичну модель досліджуваного процесу [11].

У підсумку рівняння динаміки економічної системи часто із самого початку формулюються в багатокроковому вигляді. Час у таких моделях виражається кінцевим рядом дискретних числових значень із заданими: початковим моментом t_0 ; проміжком між двома будь-якими сусідніми моментами часу, рівним τ , і кінцевим моментом часу T . Причому звичайно вважаються: $t_0=0$, $\tau=1$. У цьому випадку для опису розглянутої системи (об'єкта) використовують *багатокрокові (рекурентні) рівняння*.

З урахуванням вищесказаного та ґрунтуючись на концептуальних положеннях і принципах математичного моделювання й теорії оптимального управління, перейдемо до розробки економіко-математичної моделі процесу управління ІІ переробних підприємств АПК. Сформулюємо змістовну постановку: переробне підприємство сільськогосподарського профілю здійснює перехід на випуск продукції на основі ІІ. Технологічний процес містить у собі різні види виробничих факторів, сировини, проміжних та кінцевих продуктів і може складатися з певних технологічних способів організації виробництва. Необхідно здійснити оптимальне

управління на заданому тимчасовому проміжку T вибором пропонованих (можливих) ІІ так, щоб загальний обсяг прибутку від випуску продукції в підприємстві був максимальним.

Перейдемо до формальної постановки задачі й розбудуємо її за кілька етапів.

1. *Формування економіко-математичної моделі управління ІІ переробних підприємств АПК.* Пропонується процес управління ІІ переробного підприємства описувати векторним дискретним (рекурентним) рівнянням:

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

де $t \in \overline{0, T-1} = \{0, 1, 2, \dots, T-1\}$ - період часу (наприклад, місяць, квартал, рік), у якому здійснюється вибір управління; $\overline{0, T}$ - заданий проміжок часу ($T>0$ та цілочислове).

Позначимо через $x(t+1)$ вектор обсягів продукції в підприємстві до кінця періоду $t+1$ (запаси в період $t+1$). Ця величина визначається складовими:

Залишки нереалізованої продукції в період $t+1$ (якщо на початку періоду $t+1$ в підприємстві були запаси в кількості $x(t)$, то до кінця цього періоду залишиться їх нереалізована частина, рівна $A(t)x(t)$),

де $x(t) = (x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t))' \in R^n$ - вектор, що характеризує стан системи в період часу t (вектор запасів продукції в період t ($t \in \overline{0, T-1}$), в якого кожна i -та координата $x_i(t)$ є значення об'єму продукції i -го виду $i \in \overline{1, n}$ (n - загальна кількість видів продукції, що випускається)), R^n - n -мірний векторний простір векторів-стовпців;

$A(t) = \|a_{ii}(t)\|_{i \in \overline{1, n}}$ - є діагональна матриця, що характеризує реалізацію продукції (матриця «реалізації») за період часу $\overline{t, t+1}$.

Виготовлена продукція в період $t+1$ (вектор $B(t)u(t)$), де: $u(t) \in R^p$ - вектор управління ІІ (вектор інноваційного управління), компоненти якого є інтенсивності використання j -го технологічного способу виробництва в період часу t ; $p \in N$; $\forall t \in \overline{0, T-1}$ $u(t) \in U_1$ - кінцева множина в R^p .

$B(t)$ - «технологічна матриця» виробництва;

кожний j -ий спосіб організації виробництва ($j \in \overline{1, p}$) в період часу t ($t \in \overline{0, T-1}$) хара-

ктеризується вектором $(b_{1j}(t), b_{2j}(t), \dots, b_{nj}(t))$ норм затрат ресурсів для виготовлення одиничного об'єму виробництва продукції i -го виду ($i \in \overline{1, n}$).

Доданок, який ураховує вплив перешкод: ризиків, невизначеності, погрішності моделювання на продукцію в період $t+1$ (вектор $C(t)v(t)$), де:

$v(t) \in R^q$ – вектор перешкоди (ризика, невизначеності або погрішності моделювання процесу), що впливає на випуск і зберігання продукції, тобто на процес формування вектора $x(t+1)$; $q \in N$. Наприклад, інвестиційні виплати (або їх недоодержання), недопоставки комплектуючих матеріалів, псування сільськогосподарської продукції при зберіганні або транспортуванні, невідповідність вимог до якості сировини або готової продукції, обсяги інвестицій та ін.; $\forall t \in \overline{0, T-1}$ $v(t) \in V_1$ – опуклий, замкнений і обмежений багатогранник в R^q .

$C(t) = \|c_{il}(t)\|_{i \in \overline{1, n}, l \in \overline{1, q}}$ – матриця, що складається з коефіцієнтів перерахування впливу вектора перешкоди на продукцію кожного виду.

$A(t)$, $B(t)$, $C(t)$ – матриці розмірностей $(n \times n)$, $(n \times p)$ і $(n \times q)$ – відповідно, формуються на основі попередньої інформації з документів звітності підприємства, наявних статистичних даних про розглянутий процес, технічних і економічних прогнозів й інших джерел шляхом застосування методів оцінювання даних і рішенням окремої задачі ідентифікації параметрів досліджуваної системи.

2. *Формування обмежень для процесу управління ІП переробних підприємств АПК.*

Уведені вище вектор $u(t) = (u_1(t), u_2(t), \dots, u_p(t))' \in R^p$ інноваційного управління в системі (1) і вектор $v(t) = (v_1(t), v_2(t), \dots, v_q(t))' \in R^q$ перешкоди такі, що кожна пара $(u(t), v(t))$ повинна задовольняти наступному заданому обмеженню:

$$(u(t), v(t)) \in UV(t) = \{(u(t), v(t)) : u(t) \in R^p, v(t) \in R^q, \quad (2)$$

$$S_{\min}(t) \leq \langle B(t)u(t) \rangle_n \leq S_{\max}(t),$$

$$K_{\min}(t) \leq \langle C(t)v(t) \rangle_n \leq K_{\max}(t)\},$$

де $S_{\min}(t) = (S_{\min 1}(t), S_{\min 2}(t), \dots, S_{\min n}(t))' \in R^n$ – вектор мінімально прийнятного обсягу ви-

робництва продукції, в якого кожна i -та координата $S_{\min i}(t)$ є значенням мінімального прийнятного обсягу виробництва продукції i -го виду ($i \in \overline{1, n}$) (наприклад, точка беззбитковості для кожного виду продукції); $S_{\max}(t) = (S_{\max 1}(t), S_{\max 2}(t), \dots, S_{\max n}(t)) \in R^n$ – вектор верхньої межі випуску продукції, у якого кожна i -та координата є значенням максимально прийнятного обсягу виробництва продукції i -го виду ($i \in \overline{1, n}$) (наприклад, максимальна ємність ринку по кожному найменуванню продукції, максимальна потужність виробництва й ін.). $K_{\min}(t) = (K_{\min 1}(t), K_{\min 2}(t), \dots, K_{\min n}(t))$ та $K_{\max}(t) = (K_{\max 1}(t), K_{\max 2}(t), \dots, K_{\max n}(t))$ – вектори найменших і найбільших значень впливу вектора перешкод на випуск продукції кожного виду [1].

При цьому для всіх $t \in \overline{0, T-1}$ повинні також виконуватися наступні задані обмеження:

$$\begin{cases} x_i(t) \geq 0 & (i \in \overline{1, n}), \\ u_j(t) \geq 0 & (j \in \overline{1, p}), \\ v_l(t) \geq 0 & (l \in \overline{1, q}). \end{cases} \quad (3)$$

Відзначимо, що в процесі управління ІП підприємства облік обмежень (2), (3) є необхідною умовою, якій повинні задовольняти параметри станів системи, породжених реалізаціями оптимальних управлінських впливів у дискретній динамічній системі (1).

3. *Формування критеріїв якості для оцінки реалізацій процесу управління ІП переробних підприємств АПК.* Якість процесу управління системою (1) на цілочисловому проміжку часу $\overline{0, T}$, зокрема, оцінюється функціоналом $\Phi(u(\cdot))$, значення якого для фіксованого інноваційного управління $u(\cdot) \in U(\overline{0, T})$ обчислюють за формулою:

$$\begin{aligned} \Phi(u(\cdot)) &= \max_{v(\cdot) \in V(\overline{0, T})} \gamma(x_{\overline{0, T}}(T; x_0, u(\cdot), v(\cdot))) = \\ &= \max_{x(T) \in G_{\overline{0, T}}^+(T; x_0, u(\cdot), V(\overline{0, T}))} \gamma(x(T)), \end{aligned} \quad (4)$$

де $\gamma: R^n \rightarrow R^1$ є функціонал, визначений на фінальних векторах стану системи (1), який оцінює якість управління ІП.

Необхідно розглянути різні види функціонала γ .

лінійний вид функціонала.

Нехай $\gamma(x(T)) = \langle c, x(T) \rangle_n$ – скалярний добуток вектора $x(t) \in R^n$, відповідний фіксованому вектору $c(t) \in R^n$, тоді якщо в якості вектора $c(t) = \{c_1(t), c_2(t), \dots, c_n(t)\} \in R^n$ взяти вектор цін на продукцію одиничного обсягу кожного виду, то критерієм оптимізації буде максимум загального обсягу валового прибутку від реалізації продукції підприємства в період часу t ($t \in \overline{0, T-1}$);

нелінійний вид функціонала.

Нехай $\gamma(x(T))$ – опукла функція $\forall x \in R^n$, тобто опуклий функціонал. Цей випадок доцільно розглядати в задачах планування, коли задане фіксоване замовлення на обсяг виробленої продукції та необхідно максимально «наблизитися» до заданого обсягу. У цьому випадку розглядається евклідова відстань (проводиться операція нормування), яка є опуклою функцією.

4. *Постановка задачі оптимізації програмного управління ІП переробних підприємств АПК.*

Процес прийняття рішень в умовах невизначеності економічних умов і середовища, а також зумовленого цим ризику приводить до необхідності вирішувати задачу про найкращий вибір в умовах неповної інформації про розглянуту систему. Типовою ситуацією, пов'язаною з ухваленням рішення в динамічних системах, є необхідність організувати процедуру прогнозованого (*програмного*) управління в умовах ризику та невизначеності. Дану процедуру, направлену на досягнення тієї або іншої цілі управління, часто необхідно супроводжувати процесом оптимізації, що дає змогу одержати *гарантований*, найкращий або прийнятний у деякому сенсі результат, тобто використати мінімакський підхід [10].

Нехай $U(\overline{0, T}) = \left\{ u(\cdot) : u(\cdot) = \{u(t)\}_{t \in \overline{0, T-1}}, \right. \\ \left. \forall t \in \overline{0, T-1}, u(t) \in U_1 \right\}$ – є

множина всіх можливих програмних інноваційних управлінь на цілочисловому проміжку часу $\overline{0, T}$,

$V(\overline{0, T}) = \left\{ v(\cdot) : v(\cdot) = \{v(t)\}_{t \in \overline{0, T-1}}, \right. \\ \left. \forall t \in \overline{0, T-1}, v(t) \in V_1 \right\}$ – є

множина всіх припустимих реалізацій перешкод на проміжку $\overline{0, T}$.

Тоді для фіксованих припустимих реалізацій програмного інноваційного управління $u(\cdot) \in U(\overline{0, T})$ та перешкоди $v(\cdot) \in V(\overline{0, T})$, нехай $x_{\overline{0, T}}(T; x_0, u(\cdot), v(\cdot))$ – фінальний стан (стан у момент часу T) траєкторії процесу, породженою системою (1), відповідний до пари $(u(\cdot), v(\cdot))$ [9]. Нехай

$$G_{\overline{0, T}}^+(T; x_0, u(\cdot), V(\overline{0, T})) = \{x(T) : x(T) \in R^n, \\ x(T) = x_{\overline{0, T}}(T; x_0, u(\cdot), v(\cdot)), v(\cdot) \in V(\overline{0, T})\} \quad (5)$$

– є галузь досяжності [12] системи (1), тобто множина всіх припустимих фінальних станів цієї системи, що відповідає фіксованому програмному інноваційному управлінню $u(\cdot) \in U(\overline{0, T})$.

Маємо задачу програмного мінімаксного управління ІП: потрібно знайти оптимальне мі німа ксне програмне інноваційне управління $u^{(e)}(\cdot) \in U(\overline{0, T})$, що задовольняє умові (мінімакса):

Таким чином, сформовані співвідношення (1) – (6) є економіко-математична модель сформульованої вище задачі. Відзначимо, що ця система дає змогу моделювати динаміку багатокрокового процесу управління ІП переробного підприємства АПК залежно від заданих початкових умов і вибору конкретних реалізацій управлінських впливів.

Висновки. Розв'язок задачі управління ІП переробних підприємств АПК зводиться до реалізації рішень кінцевого числа задач лінійного й опуклого математичного програмування, а також задачі дискретної оптимізації. Як критерій ефективності оптимізації управління ІП підприємства може виступати загальний обсяг його прибутку.

Моделювання процесів управління ІП переробних підприємств АПК, їх аналіз і наступне вдосконалювання з метою оптимізації управління ІП – основний резерв для підвищення конкурентоспроможності й ефективності його роботи. Необхідно також мати інструментальні засоби, що уможливають збирати та обробляти найбільш повну і достовірну інформацію про діяльність усіх підрозділів агропромислового підприємства в рамках пропонованої єдиної методології.

$$\begin{aligned}
\Phi^{(e)} &= \Phi(u^{(e)}(\cdot)) = \max_{v(\cdot) \in V(0,T)} \gamma(x_{\frac{0}{0,T}}(T; x_0, u^{(e)}(\cdot), v(\cdot))) = \\
&= \min_{u(\cdot) \in U(0,T)} \max_{v(\cdot) \in V(0,T)} \gamma(x_{\frac{0}{0,T}}(T; x_0, u(\cdot), v(\cdot))) = \\
&= \max_{x(T) \in G_{\frac{0}{0,T}}^+(T; x_0, u^{(e)}(\cdot), V(0,T))} \gamma(x(T)) = \\
&= \min_{u(\cdot) \in U(0,T)} \max_{x(T) \in G_{\frac{0}{0,T}}^+(T; x_0, u(\cdot), V(0,T))} \gamma(x(T)),
\end{aligned} \tag{6}$$

де $\Phi^{(e)} = \Phi(u^{(e)}(\cdot))$ – оптимальний мінімаксний результат рішення задачі.

На базі запропонованої економіко-математичної моделі оптимізації управління ІП переробних підприємств АПК можливі рішення задачі формування оптимальної виробничої програми з використанням ІП та цінової політики конкретного підприємства по переробці сільськогосподарської продук-

ції на основі оптимального управління ІП. Пропонована схема дає змогу розробляти ефективні численні методи, що сприяють реалізації комп'ютерного моделювання розв'язку задачі управління ІП переробних підприємств АПК та створення комп'ютерної інформаційної системи підтримки прийняття управлінських рішень.

Список використаних джерел

1. Бабенко В.А. Методика экономико-математического моделирования оптимизации управления инновационными процессами на предприятиях АПК // Modeling and Analysis of Safety and Risk in Complex Systems / Proceedings of the Ninth International Scientific School MASR – 2011 (Saint-Petersburg, Russia, June, 28 – July 02, 2011) / SPb.: SUAI, SPb., 2011. – 426 p. – P. 231 – 236.
2. Бабенко В.А. Теоретические аспекты и методические подходы к оценке влияния природных рисков на производство сельскохозяйственной продукции // Збірник наукових праць Таврійського державного агротехнологічного університету (економічні науки). – №3 (11). Мелітополь, 2010. – С. 62-69.
3. Витлинский В.В. Моделирование и управление инновационными технологиями на предприятиях АПК / В.В. Витлинский, В.А. Бабенко // Анализ, моделирование, управление, развитие экономических систем: сб. науч. трудов VI Междунар. школы-симпозиума АМУР-2012. – Севастополь, 17-23 сент. 2012; отв. ред. М.Ю. Кусый, А.В. Сигал. – Симферополь: ТНУ им. В.И.Вернадского, 2012. – С. 79-83.
4. Деловой мир. Словарь-справочник предпринимателя ; под ред. Л.В. Балдина, А.А. Чичановского. – М.: Изд.-произв. фирма «Зевс», 1992. – 293 с.
5. Закон України «Про внесення змін до Закону України «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки» від 09.09.2010 № 2519-VI // Відом. Верхов. Ради України від 28.01.2011 р., № 4, стор. 123, стаття 23.
6. Закон України «Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні» 08.09.2011 № 3715-VI // Голос України від 01.10.2011 № 183.
7. Зайцев Н.А. Экономика организации / Н. А. Зайцев. - М.: Экзамен, 2000. – 768 с.
8. Кинг У. Стратегическое планирование и хозяйственная политика / Кинг У., Клиланд Д. [пер с англ.] – М.: Прогресс, 1993. – 400 с.
9. Лотов А.В. Введение в экономико-математическое моделирование / А.В. Лотов. – М.: Наука, 1984. – 392 с.
10. Моргенштерн О. Теория игр и экономическое поведение / О. Моргенштерн, Дж. Нейман. – М.: Наука, 1970. – 708 с.
11. Пропой А.И. Элементы теории оптимальных дискретных процессов / А.И. Пропой. – М.: Наука, 1973. – 256 с.
12. Шориков А.Ф. Минимаксное оценивание и управление в дискретных динамических системах / А.Ф. Шориков. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 1997. – 242 с.

Стаття надійшла до редакції 09.11.2012 р.

* * *