УДК 330.46:519.86

В.О. Бабенко, канд. техн. наук, доцент
Харківський національний аграрний університет ім. В.В. Докучаєва

ФОРМАЛІЗАЦІЯ ЗАДАЧІ АДАПТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ІННОВАЦІЙНИМИ ПРОЦЕСАМИ ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ АПК

Постановка проблеми. Сучасні реалії вимагають від переробних підприємств АПК України вирішення нових завдань по вдосконалюванню їх інноваційної діяльності на основі раціонального управління інноваційними процесами (ІП) з використанням відповідних економіко-математичних моделей. Дослідивши поняття «управління», можна зробити висновок, що під управлінням розуміється 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 ІП мають на увазі результат інноваційної діяльності, спрямованої для випуску інноваційної продукції, застосування інноваційної технології або надання інноваційних послуг. Слід зазначити, що весь процес управління інноваційною діяльністю підприємства базується на реалізації обраних ІП, що визначають більшою мірою всі основні результати та показники діяльності підприємства. Причому управління здійснюється в дискретні моменти часу з урахуванням змін стану системи в кожний момент часу (адаптивне управління) на базі відповідних економіко-математичних моделей і методів їх розв’язку.

Аналіз основних досліджень і публікацій. Проблемам підвищення економічної ефективності виробничої діяльності підприємств присвячені різні наукові розробки. Питанням оптимального управління в економіці та економіко-математичного моделювання в аграрній сфері присвячені дослідження таких учених, як Л.М. Анічина, М. Базара, М.Є. Браславця, В.В. Вітлінського, В.Н. Глушкова, В.А. Кадієвського, Л.В. Канторовича, Н.Н. Красовського, А.В. Лотова, А.А. Первозванського, А.И. Пропоя, А.М. Тер-Крикорова, О.В. Ульянченка, В.В. Чепурка, К. Шетти [1-4] та інших учених. Проте, залишається невирішеною проблема розробки математичних моделей процесів інноваційного відновлення й їх управління у вітчизняному аграрному виробництві і, зокрема, адаптивних моделей управління інноваційними процесами переробних підприємств (ІПП) АПК в умовах невизначеності та наявності ризиків.

Мета дослідження. Аналіз та дослідження моделі управління інноваційними процесами переробних підприємств АПК при наявності ризиків. Формалізація задачі оптимізації адаптивного управління інноваційними процесами переробних підприємств АПК. Розробка нелінійної багатокрокової задачі мінімаксного адаптивного управління для досліджуємої динамічної системи.

Виклад основного матеріалу дослідження. Адаптивне управління широко використовується в багатьох додатках теорії управління. До адаптивного управління відносять методи теорії управління, що дозволяють синтезувати системи управління, які мають можливість змінювати параметри управління або його структуру в залежності від зміни параметрів об'єкта управління або зовнішніх збурень.

Для розробки адаптивної моделі, приведемо узагальнену економіко-математичну модель динаміки управління ІПП АПК, яка описується наступним рекурентним рівнянням:

$$\overline{x}(t+1) = \overline{A}(t)\overline{x}(t) + \overline{B}(t)\overline{u}(t) + \overline{C}(t)\overline{w}(t) + \overline{D}(t)\overline{v}(t),\ \overline{x}(0) = \overline{x}_0. \qquad (1)$$

Тут $t \in \overline{0, T-1}$; $\overline{x} \in \mathbf{R}^{\overline{n}}$ – фазовий вектор об'єкта *I*, який для моделі динаміки управління ІПП АПК складається з $\overline{n} = n + m + 2$ координат, тобто $\overline{x}(t) = (x_1(t), x_2(t), ..., x_n(t), y_1(t), y_2(t), ..., y_m(t), Z(t), k(t)) \in \mathbf{R}^{\overline{n}}$; $\overline{u}(t) \in \mathbf{R}^{\overline{p}}$ – управлінський вплив (управління) гравця *P*, стиснуте заданим обмеженням:

$$\overline{u}(t) \in \boldsymbol{U}_1(t) = U_{N_t}(t) \subset \mathbf{R}^{\overline{p}} \quad (\overline{p} \in \mathbf{N} : \overline{p} = n); \qquad (2)$$

$\overline{w}(t) = (w_1(t), w_2(t), ..., w_{\overline{m}}(t))' \in \mathbf{R}^{\overline{m}}$ $(\overline{m} = m)$ – вектор інтенсивності поповнення складських ресурсів у період часу t $(t \in \overline{0, T-1})$, який залежить від припустимої реалізації управління $\overline{u}(t) \in \boldsymbol{U}_1(t)$ та повинен задовольняти наступному заданому обмеженню:

$$\overline{w}(t) \in \boldsymbol{W}_1(\overline{u}(t)) = W_{M_t}(\overline{u}(t)) \subset \mathbf{R}^{\overline{m}} \qquad (\overline{m} \in \mathbf{N} : \overline{m} = m); \qquad (3)$$

Припускається також, що для всіх $t \in \overline{0, T-1}$, кожна припустима реалізація фазового вектора $\bar{x}(t) = (x_1(t), x_2(t), ..., x_n(t), y_1(t), y_2(t), ..., y_m(t), Z(t), k(t)) \in \mathbf{R}^{\bar{n}}$ задовольняє наступному фазовому обмеженню

$$\bar{x}(t) = (x_1(t), x_2(t), ..., x_n(t), y_1(t), y_2(t), ..., y_m(t), Z(t), k(t)) \in \boldsymbol{X}_1(t) =$$

$$= \begin{cases} x_j(t) \geq 0,\ x_j(0) = 0,\ j \in \overline{1,n}; \\ y_i(t) \geq 0,\ y_i(0) = b_i,\ i \in \overline{1,m}; \\ k(t) \geq 0,\ k(0) = G + G_0 \geq 0; \\ Z(t) \geq 0,\ \mathrm{Z}(0) = 0. \end{cases} \tag{4}$$

$\bar{v}(t) = (v(t), v'(t), v''(t)) \in \mathbf{R}^q \times \mathbf{R}^l \times \mathbf{R}^r$ – узагальнений вектор ризиків, який при управлінні ІПП АПК у період часу t $(t \in \overline{0, T-1})$ залежить від припустимої реалізації управління $\bar{u}(t) \in \boldsymbol{U}_1(t)$ й повинен задовольняти наступному заданому обмеженню:

$$\bar{v}(t) \in \boldsymbol{V}_1(\bar{u}(t)) = \overline{V}(\bar{u}(t)) \subset \mathbf{R}^{\bar{q}} \quad (\bar{q} \in \mathbf{N} : \bar{q} = q + l + r). \tag{5}$$

Матриці $\overline{A}(t), \overline{B}(t)$, $\overline{C}(t)$ і $\overline{D}(t)$ у векторному рівнянні (1) є відомими та містять параметри процесу управління ІПП АПК.

Для оцінювання якості гравцем P при адаптивному управлінні ІПП АПК у динамічній системі (1) − (5) на проміжку часу $\overline{\tau, T} \subseteq \overline{0, T}$, аналогічно формалізації описаної в попередньому розділі даної роботи, введемо векторний термінальний функціонал (показник якості процесу) $\boldsymbol{\Phi}_{\overline{\tau,T}} = (\Phi^{(1)}_{\overline{\tau,T}}, \Phi^{(2)}_{\overline{\tau,T}}, \ldots, \Phi^{(r)}_{\overline{\tau,T}})$, що представляє з себе набір з r опуклих функціоналів $\boldsymbol{\Phi}^{(k)}_{\overline{\tau,\mathrm{T}}}$: $\boldsymbol{\mathcal{G}}(\tau) \times \boldsymbol{U}(\overline{\tau, T}) \times \boldsymbol{W}(\overline{\tau, T}; \bar{u}(\cdot)) \times \boldsymbol{V}(\overline{\tau, T}; \bar{u}(\cdot)) \rightarrow \mathbf{R}^1$ ($k \in \overline{1, r}$) таких, що для реалізації набору $(g(\tau), \bar{u}(\cdot), \bar{w}(\cdot), \bar{v}(\cdot)) \in \boldsymbol{\mathcal{G}}(\tau) \times \boldsymbol{U}(\overline{\tau, T}) \times \boldsymbol{W}(\overline{\tau, T}; \bar{u}(\cdot)) \times \boldsymbol{V}(\overline{\tau, T}; \bar{u}(\cdot))$, де $g(\tau)\{\tau, \bar{x}(\tau)\} \in \boldsymbol{\mathcal{G}}(\tau)$, їхні значення визначаються наступними співвідношеннями:

$$\boldsymbol{\Phi}^{(k)}_{\overline{\tau,T}}(g(\tau), \bar{u}(\cdot), \bar{w}(\cdot), \bar{v}(\cdot)) = F^{(k)}_{\overline{\tau,\mathrm{T}}}(\bar{x}_{\overline{\tau,T}}(T; \bar{x}(\tau), \bar{u}(\cdot), \bar{w}(\cdot), \bar{v}(\cdot))) =$$

$$= F^{(k)}_{\overline{\tau,\mathrm{T}}}(\bar{x}(T)),\ k \in \overline{1,r}\,, \tag{6}$$

де $F^{(k)}_{\overline{\tau,T}} : \mathbf{R}^{\bar{n}} \to \mathbf{R}^1$ є випуклий функціонал.

На підставі введеного співвідношенням (6) векторного функціонала $\boldsymbol{\Phi}_{\overline{\tau,T}} = (\Phi^{(1)}_{\overline{\tau,T}}, \Phi^{(2)}_{\overline{\tau,T}}, \ldots, \Phi^{(r)}_{\overline{\tau,T}})$, для оцінки якості розглянутого процесу оптимізації УІПП АПК уведемо в розгляд скалярну цільову функцію $\boldsymbol{F}_{\overline{\tau,T}}(g(\tau), \bar{u}(\cdot), \overline{w}(\cdot), \bar{v}(\cdot))$, значення якої для всіх припустимих на проміжку часу $\overline{\tau,T}$ реалізацій наборів $(g(\tau), \bar{u}(\cdot), \overline{w}(\cdot), \bar{v}(\cdot)) \in \boldsymbol{\mathcal{G}}(\tau) \times \boldsymbol{U}(\overline{\tau,T}) \times \boldsymbol{W}(\overline{\tau,T}; \bar{u}(\cdot)) \times \boldsymbol{V}(\overline{\tau,T}; \bar{u}(\cdot))$, де $g(\tau) = \{\tau, \bar{x}(\tau)\} \in \boldsymbol{\mathcal{G}}(\tau)$, $\bar{u}(\cdot) = \{\bar{u}(t)\}_{t \in \overline{\tau,T-1}} \in \boldsymbol{U}(\overline{0,T})$, $\overline{w}(\cdot) = \{\overline{w}(t)\}_{t \in \overline{\tau,T}} \in \boldsymbol{W}(\overline{\tau,T}; \bar{u}(\cdot))$, $\bar{v}(\cdot) = \{\bar{v}(t)\}_{t \in \overline{\tau,T-1}} \in \boldsymbol{V}(\overline{0,T}; \bar{u}(\cdot))$, визначаються у відповідності з наступним співвідношенням:

$$\boldsymbol{F}_{\overline{\tau,T}}(g(\tau), \bar{u}(\cdot), \overline{w}(\cdot), \bar{v}(\cdot)) = \sum_{ki=1}^{r} \mu_k \cdot \Phi^{(k)}_{\overline{\tau,T}}(g(\tau), \bar{u}(\cdot), \overline{w}(\cdot), \bar{v}(\cdot)) =$$

$$= \sum_{k=1}^{r} \mu_k \cdot F^{(k)}_{\overline{\tau,T}}(\bar{x}_{\overline{\tau,T}}(T; \bar{x}(\tau), \bar{u}(\cdot), \overline{w}(\cdot), \bar{v}(\cdot)) = \sum_{k=1}^{r} \mu_k \cdot F^{(i)}_{\overline{\tau,T}}(\bar{x}(T)) = \widetilde{\boldsymbol{F}}(\bar{x}(T)),$$

$$\forall\, k \in \overline{1,r}\colon \mu_k \geq 0,\ \sum_{k=1}^{r} \mu_k = 1, \tag{7}$$

де $\bar{x}(T) = \bar{x}_{\overline{\tau,T}}(T; \bar{x}(\tau), \bar{u}(\cdot), \overline{w}(\cdot), \bar{v}(\cdot))$, а $\widetilde{\boldsymbol{F}}$ є випуклий функціонал.

Відмітимо, що цільова функція (функціонал) $\boldsymbol{F}_{\overline{\tau,T}}(g(\tau), \bar{u}(\cdot), \overline{w}(\cdot), \bar{v}(\cdot))$ являється випуклою скалярною згорткою векторного функціонала $\boldsymbol{\Phi}_{\overline{\tau,T}} = (\Phi^{(1)}_{\overline{\tau,T}}, \Phi^{(2)}_{\overline{\tau,T}}, \ldots, \Phi^{(r)}_{\overline{\tau,T}})$, тобто вона формується відповідно до методу скалярізації векторних цільових функцій (див., наприклад, [5]), з ненегативними ваговими коефіцієнтами μ_k, $k \in \overline{1,r}$, які можуть визначатися, наприклад, експертним шляхом або на підставі знання статистичної інформації про історію реалізації основних параметрів розглянутого управління ІПП АПК.

Нехай на заданому проміжку часу $\overline{0,T}$ $(T > 0)$ гравець P, розпоряджаючись вибором управління $\bar{u}(t) \in \overline{\boldsymbol{U}}_1(t),\ t \in \overline{0,T-1}$, у динамічній системі (1) − (5), знаходиться в умовах інформованості, оговорених у попередніх розділах даної роботи. Тоді на підставі викладеного вище можна сформулювати з позиції гравця P його ціль у задачі мінімаксного адаптивного управління ІПП АПК для динамічної системи (1) − (5) у такий спосіб.

Будемо вважати, що гравцеві P на проміжку часу $\overline{0,T}$ потрібно так організувати вибір свого управління $\bar{u}(\cdot) = \{\bar{u}(t)\}_{t \in \overline{0,T-1}}$ (для всіх $t \in \overline{0,T-1}$: $u(t) \in \overline{\boldsymbol{U}}_1(t)$) об'єктом I в адаптивному режимі (за принципом зворотного зв'язку) на підставі знання в кожний момент часу $t \in \overline{0,T-1}$ своєї t-позиції $g(t) = \{t, \bar{x}(t)\} \in \boldsymbol{\mathcal{G}}(t)$, щоб при завершенні реалізації управління ІПП АПК функціонал $\boldsymbol{F}_{\overline{0,T}}$, визначений співвідношенням (7) при $\tau = 0$, приймав найменше можливе значення, враховуючи, що можуть реалізуватися найгірші для нього значення вектор-функції $\bar{v}(\cdot) \in \boldsymbol{V}(\overline{0,T}; \bar{u}(\cdot))$, тобто максимізуючі даний функціонал, а реалізації вектор-функції $\bar{w}(\cdot) \in \boldsymbol{W}(\overline{0,T}; \bar{u}(\cdot))$ сприяють досягненню цілі гравця P.

Припустимою стратегією адаптивного управління ІПП $\boldsymbol{U}_a$ гравця P для дискретної динамічної системи (1) − (5) на проміжку часу $\overline{0,T}$ будемо називати відображення $\boldsymbol{U}_a$: $\boldsymbol{\mathcal{G}}(\tau) \to \boldsymbol{U}_1(\tau)$, яке кожному $\tau \in \overline{0,T-1}$ і можливій реалізації $\tau-$позиції $g(\tau) = \{\tau, \bar{x}(\tau)\} \in \boldsymbol{\mathcal{G}}(\tau)$ $(g(0) = g_0)$ назначає множину $\boldsymbol{U}_a(g(\tau)) \subseteq \boldsymbol{U}_1(t)$ управлінь $\bar{u}(\tau) \in \boldsymbol{U}_1(t)$ гравця P. Позначимо множину усіх припустимих стратегій адаптивного управління гравця P для розглянутого процесу через $\boldsymbol{U}_a^*$.

Далі, пучком рухів об'єкта I на проміжку часу $\overline{0,T}$, відповідним до рівняння руху (1), початкової позиції $g_0 = \{0, \bar{x}_0\} \in \boldsymbol{\mathcal{G}}_0$ гравця P, його припустимої стратегії $\boldsymbol{U}_a = \boldsymbol{U}_a(g^*(t)) \in \boldsymbol{U}_a^*$, $t \in \overline{0, T-1}$, $g^*(t) = \{t, \bar{x}^*(t)\} \in \boldsymbol{\mathcal{G}}(t)$, і припустимої програмної реалізації інтенсивності поповнення складських ресурсів $\bar{w}(\cdot) \in \boldsymbol{W}(\overline{0,T}; \bar{u}_a(\cdot))$, де $\bar{u}_a(\cdot) = \{\bar{u}_a(t)\}_{t \in \overline{\tau, T-1}} \in \boldsymbol{U}(\overline{0,T})$ будь-яке припустиме управління гравця P на проміжку, породжене стратегією $\boldsymbol{U}_a$, будемо називати множину:

$$\boldsymbol{X}(\cdot; \overline{0,T}, g_0, \boldsymbol{U}_a, \bar{w}(\cdot)) = \{\bar{x}^*(\cdot):\ \bar{x}^*(\cdot) \in \boldsymbol{S}_n(\overline{0,T}),\ \exists\, \bar{u}^*(\cdot) \in \boldsymbol{U}(\overline{0,T}),$$

$$\exists\, \bar{v}^*(\cdot) \in \boldsymbol{V}(\overline{0,T}; \bar{u}^*(\cdot)),\ \forall\, t \in \overline{0,T},\ \bar{x}^*(t) = \bar{x}_{\overline{0,T}}(t; \bar{x}_0, \bar{u}_t^*(\cdot), \bar{w}_t^*(\cdot), \bar{v}_t^*(\cdot)),$$

$$g^*(t) = \{t, \bar{x}^*(t)\} \in \boldsymbol{G}(0, g_0, t, \bar{u}_t^*(\cdot), \bar{w}_t^*(\cdot)) \subseteq \boldsymbol{\mathcal{G}}(t),\ g^*(0) = g_0,$$

$$\bar{u}_t^*(\cdot) = \{\bar{u}(\tau)\}_{\tau \in \overline{0, t-1}},\ \ \forall\, t \in \overline{0, T-1}, \bar{u}^*(t) \in \boldsymbol{U}_a(g^*(t)),$$

$$\bar{w}_t^*(\cdot) = \{\bar{w}(\tau)\}_{\tau \in \overline{0, t-1}}, \bar{v}_t^*(\cdot) = \{\bar{v}(\tau)\}_{\tau \in \overline{0, t-1}}\}. \tag{8}$$

Тоді можна сформулювати наступну багатокрокову задачу мінімаксного адаптивного управління ІПП АПК для системи (1) − (5).

Задача 1. Для заданих проміжку часу $\overline{0,T}$ (T>0) і початкової позиції $g_0 = \{0, \bar{x}_0\} \in \boldsymbol{\mathcal{G}}_0$ гравця P у дискретній динамічній системі (1) − (5), потрібно знайти його стратегію мінімаксного адаптивного управління ІПП $\boldsymbol{U}_a^{(e)} = \boldsymbol{U}_a^{(e)}(g(t)) \in \boldsymbol{U}_a^*$, $g(t) = \{t, \bar{x}(t)\} \in \boldsymbol{\mathcal{G}}(t)$, $t \in \overline{0, T-1}$, $(g(0) = g_0)$, яка задовольняє співвідношенню:

$$\boldsymbol{F}_{\overline{0,T}}^{(e,a)} = \min_{\bar{w}(\cdot) \in \boldsymbol{W}(\overline{0,T}; \bar{u}_a^{(e)}(\cdot))}\ \max_{\bar{v}(\cdot) \in \boldsymbol{V}(\overline{0,T}; \bar{u}_a^{(e)}(\cdot))} \boldsymbol{F}_{\overline{0,T}}(g_0, \boldsymbol{U}_a^{(e)}, \bar{w}(\cdot), \bar{v}(\cdot)) =$$

$$= \min_{\boldsymbol{U}_a \in \boldsymbol{U}_a^*}\ \min_{\bar{w}(\cdot) \in \boldsymbol{W}(\overline{0,T}; u_a(\cdot))}\ \max_{\bar{v}(\cdot) \in \boldsymbol{V}(\overline{0,T}; u_a(\cdot))} \boldsymbol{F}_{\overline{0,T}}(g_0, \boldsymbol{U}_a, \bar{w}(\cdot), \bar{v}(\cdot)) =$$

$$= \min_{\boldsymbol{U}_a \in \boldsymbol{U}_a^*}\ \min_{\bar{w}(\cdot) \in \boldsymbol{W}(\overline{0,T}; u_a(\cdot))}\ \max_{\bar{x}(T) \in \boldsymbol{X}(T; \overline{0,T}, g_0, \boldsymbol{U}_a, \bar{w}(\cdot))} \widetilde{\boldsymbol{F}}(\bar{x}(T)) =$$

$$= \max_{\bar{x}(T) \in \boldsymbol{X}(T; \overline{0,T}, g_0, \boldsymbol{U}_a^{(e)}, \bar{w}^{(e)}(\cdot))} \widetilde{\boldsymbol{F}}(\bar{x}(T)) = c_{\boldsymbol{F}}^{(e,a)}(\overline{0,T}, g_0), \tag{9}$$

як реалізацію кінцевої послідовності тільки однокрокових операцій.

Тут функціонал $\boldsymbol{F}_{\overline{0,T}}$ визначається згідно зі співвідношенням (7); $\bar{u}_a(\cdot) = \{\bar{u}_a(t)\}_{t \in \overline{\tau, T-1}} \in \boldsymbol{U}(\overline{0,T})$ будь-яке припустиме управління гравця P на проміжку $\overline{0,T}$, породжене стратегією $\boldsymbol{U}_a$; $\overline{u}_a^{(e)}(\cdot)=\{\overline{u}_a^{(e)}(t)\}_{t\in\overline{\tau,T-1}}\in\boldsymbol{U}(\overline{0,T})$ будь-яке припустиме управління гравця *P* на проміжку $\overline{0,T}$.

Число $c_{\boldsymbol{F}}^{(e,a)}(\overline{0,T},g_0)=\boldsymbol{F}_{\overline{0,T}}^{(e,a)}$ будемо називати оптимальним гарантованим (мінімаксним) результатом мінімаксного адаптивного управління ІПП АПК на проміжку часу $\overline{0,T}$ для дискретної динамічної системи (1) − (5) щодо його початкової позиції g_0 і функціонала $\boldsymbol{F}_{\overline{0,T}}$.

Далі, для будь-яких реалізацій управління $\overline{u}_a^{(e)}(\cdot)=\{\overline{u}_a^{(e)}(t)\}_{t\in\overline{0,T-1}}$, $\forall\ t\in\overline{0,T-1}$: $\overline{u}_a^{(e)}(t)\in\boldsymbol{U}_a^{(e)}(w^{(e)}(t))$ гравця *P*, породженого стратегією вектор $\boldsymbol{U}_a^{(e)}\in\boldsymbol{U}_a^{*}$, функцій $\overline{w}_a^{(e)}(\cdot)\in\boldsymbol{W}(\overline{0,T};\overline{u}_a^{(e)}(\cdot))$ і $\overline{v}_a(\cdot)\in\boldsymbol{V}(\overline{0,T};\overline{u}_a^{(e)}(\cdot))$, для відповідного до цього набору руху $\overline{x}^{(e)}(\cdot)=$ $=\overline{x}_{\overline{0,T}}(\cdot;\overline{x}_0,\overline{u}_a^{(e)}(\cdot),\overline{w}_a^{(e)}(\cdot),\overline{v}_a(\cdot))\in\ \boldsymbol{X}(\cdot;\overline{0,T},g_0,\boldsymbol{U}_a,\overline{w}_a^{(e)}(\cdot))$, на підставі співвідношень (6) – (9), неважко показати справедливість наступної нерівності:

$$\boldsymbol{F}_{\overline{0,T}}(g_0,u_a^{(e)}(\cdot),\overline{w}_a^{(e)}(\cdot),\overline{v}_a(\cdot))=\widetilde{\boldsymbol{F}}(\overline{x}_{\overline{0,T}}(T;\overline{x}_0,u_a^{(e)}(\cdot),\overline{w}_a^{(e)}(\cdot),\overline{v}_a(\cdot))=\widetilde{\boldsymbol{F}}(\overline{x}_a^{(e)}(T))\le$$

$$\le c_{\boldsymbol{F}}^{(e,a)}(\overline{0,T},g_0)=\boldsymbol{F}_{\overline{0,T}}^{(e,a)}\le\ \boldsymbol{F}_{\overline{0,T}}^{(e,)}=c_{\boldsymbol{F}}^{(e)}(\overline{0,T},g_0)\,, \tag{10}$$

де $g_0=\{0,\overline{x}_0\}\in\boldsymbol{G}_0$; $c_{\boldsymbol{F}}^{(e)}(\overline{0,T},g_0)$ є оптимальний гарантований (мінімаксний) результат рішення задачі програмного управління ІПП АПК.

Висновки. Відзначимо, що зі співвідношень (10) спливає, що результат розв'язку задачі 1 може тільки поліпшити результат рішення задачі мінімаксного програмного управління ІПП АПК, тобто мінімаксне адаптивне управління ІПП АПК більш перспективне в порівнянні з мінімаксним програмним управлінням для розглянутого процесу.

Таким чином, наведена формалізація задачі 1 мінімаксного адаптивного управління ІПП АПК для динамічної системи (1) − (5). Можливо зробити висновок, що для організації мінімаксного адаптивного управління ІПП АПК, тобто рішення задачі 1 в обраному класі припустимих стратегій адаптивного управління, пропонується рекурентний алгоритм, який зводить вихідну багатокрокову задачу до реалізації кінцевої послідовності задач мінімаксного програмного управління ІПП АПК.

Бібіліографічний список: 1. Витлинский В.В. Моделирование и управление инновационными технологиями на предприятиях АПК / В.В. Витлинский, В.А. Бабенко. – Анализ, моделирование, управление, развитие экономических систем: сб. научн. трудов VI Межд. школы-симпозиума АМУР-2012, Севастополь, 17-23 сентября 2012 / отв. ред. М.Ю. Куссый, А.В. Сигал. – Симферополь: ТНУ им. В.И.Вернадского, 2012. – 387 с. - С. 79-83. 2. Красовский Н.Н. Теория управления движением / Н.Н. Красовский. – М.: Наука, 1968. – 476 с. 3. Лотов А.В. Введение в экономико-математическое моделирование / А.В. Лотов. – М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1984. – 332 с. 4. Пропой А.И. Элементы теории оптимальных дискретных процессов / А.И. Пропой – М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1973. – 368 с. 5. Шориков А.Ф. Минимаксное оценивание и управление в дискретных динамических системах / А.Ф. Шориков. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 1997. – 242 с.

Бабенко В.А. Формализация задачи адаптивного управления нновационными процессами перерабатывающих предприятий АПК. Исследована динамическая модель управления инновационными процессами перерабатывающих предприятий АПК при наличии рисков, проанализированы информационные условия соответствующей задачи адаптивного управления инновационными процессами. Выполнена формализация задачи оптимизации адаптивного управления инновационными процессами перерабатывающих предприятий АПК.

Babenko V. Formalization of the Task of Adaptive Management of Innovation Processes of Processing Enterprises of Agro-Industrial Complex. Dinamical model of innovative process management processing of agricultural enterprises in the presence of risk, information conditions of the task of adaptive management of innovation processes are analyzed. Formal statement of the problem of optimization of adaptive management of innovation processes of processing of agricultural enterprises is made.