

## **КОНЦЕПТУАЛЬНІ ОСНОВИ СИНТЕЗУ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СТІЙКОСТІ СИСТЕМИ РАДІОМОНІТОРИНГУ (ІНФОРМАЦІЙНІ АСПЕКТИ)**

Проведено аналіз недоліків та вимог, які висуваються до сучасної системи радіомоніторингу, запропоновано алгоритм створення інформаційної системи для забезпечення функціональної стійкості, що базується на багатокритеріальній оптимізації процесу ведення радіомоніторингу шляхом залучення різнотипних засобів місцевизначення та оптимальному розподілу постів спостереження методом динамічного програмування з метою забезпечення необхідних оперативно-тактичних показників ведення радіомоніторингу в різних умовах обстановки.

Функціональна стійкість, системи підтримки прийняття рішення, системи радіомоніторингу

### **Вступ**

В даний час дослідженню принципів побудови інформаційної системи підтримки прийняття рішень для розв'язання нештатних ситуацій при веденні радіомоніторингу й окремих напрямків цієї проблеми приділяється посилена увага в науково розвинених країнах (США, ЄС, Росія, Китай). Але розробляються тільки деякі напрямки: забезпечення живучості комплексів радіомоніторингу за рахунок удосконалення конструкцій; забезпечення надійності шляхом апаратного, програмного, часового резервування; забезпечення високої точності функціонування автоматизованої системи підтримки прийняття рішень для розв'язання нештатних ситуацій при веденні радіомоніторингу за рахунок використання відповідних апаратних і програмних засобів.

Висока вартість і потенційна небезпека складних автоматизованих технічних систем, що функціонують в екстремальних умовах (наприклад систем радіомоніторингу) потребують забезпечення відповідного рівня надійності й безпеки застосування. При цьому традиційні методи, засновані на багаторазовому резервуванні, введенні систем вбудованого контролю й елементів з підвищеним рівнем надійності, погіршували техніко-економічні характеристики проєктованих систем, не приводячи до необхідного зменшення ймовірності виникнення небезпечних ситуацій. Необхідність введення додаткової апаратної надмірності для забезпечення надійності системи стало принциповим обмеженням даного підходу.

Відомо, що властивість автоматизованих динамічних систем, до яких відносяться і системи РМ характеризується наступними поняттями.

Надійність – як властивість системи зберігати в часі у встановлених

межах значення всіх параметрів, які характеризують здатність виконувати необхідні функції в заданих режимах і умовах.

Живучість – як властивість системи, що полягає в здатності зберігати працездатність при впливі вражаючих засобів і нерозрахованих умов експлуатації тобто протидіяти зовнішнім впливам.

Стійкість - як властивість системи, що полягає в продовженні функціонування при дії збурень.

Адаптивність - збереження частини функцій системи при зміні більшості параметрів, що дозволяє досягти тієї мети, яка була передбачена.

Таким чином, розглянуті вище властивості характеризують поведінку складної системи в умовах дії деяких чинників зовнішнього середовища, здатних порушити задане функціонування системи:

У той же час окремо жодна з цих властивостей не відображає того, що розуміється під функціональною стійкістю системи, і всі вони у комплексі також не можуть її характеризувати, оскільки не відображають одночасно активний характер властивості функціональної стійкості при дії невідомих збурень, обґрунтований відбір тих якостей, які повинні бути збережені і за рахунок чого це збереження може бути одержано.

### **Постановка проблеми**

Забезпечення функціональної стійкості систем РМ виходить за рамки традиційних для класичної теорії автоматичного регулювання завдань оптимізації, тому що припускає неповну апріорну інформацію про об'єкт, оперативне формування програмної траєкторії для поточної обстановки й оптимальне використання всіх розташовуваних ресурсів.

Тому завдання забезпечення функціональної стійкості можна розглядати як вид завдань адаптивного керування, що припускають оптимальне використання на кожному етапі або режимі функціонування системи РМ всіх розташовуваних ресурсів (енергетичних, інформаційних, обчислювальних), для досягнення головної для цього етапу мети при дотриманні обмежень.

Процес прийняття рішення по забезпеченню функціональної стійкості системи радіомоніторингу характеризується неповнотою і недостовірністю інформації, малим резервом часу. В нештатних ситуаціях дуже важливо швидко і правильно прийняти рішення по оптимізації функціонування системи радіомоніторингу з метою забезпечення необхідної інформативності.

Складність рішення даної задачі полягає в її багатокритеріальності, оскільки вимагає розгляду в комплексі різних аспектів: організаційних, технічних, управлінських, інформаційних, що потребує, у свою чергу, розробки нових підходів з використанням систем підтримки прийняття рішень на основі теорії функціональної стійкості.

### **Огляд останніх досліджень і публікацій**

Уперше поняття "функціональна стійкість", його визначення й принципи основи забезпечення функціональної стійкості були наведені в

публікаціях, присвячених рішенням конкретних завдань керування складними автоматизованими системами [1-3]. Було встановлено, що принциповою умовою забезпечення даної властивості є можливість перерозподілу наявних ресурсів в середині системи.

У роботах [4-6] показаний тісний зв'язок поняття "функціональна стійкість" з поняттями "надійність", "живучість" і "стійкість". Показано принципову відмінність між ними: методи забезпечення функціональної стійкості спрямовані не на зменшення кількості відмов і порушень (як традиційні методи підвищення надійності, живучості й стійкості технічних систем), а на забезпечення виконання найбільш важливих функцій, коли ці порушення вже відбулися.

Було запропоновано розглядати позаштатні стани системи, викликані відмовами, як допустимі, і для них формувати адекватне (функціонально стійке) керування, спрямоване на парирування наслідків відмов і підтримку виконання функцій системи. За рахунок цього керування забезпечується перерозподіл ресурсів системи для досягнення головної мети, навіть в умовах відмов.

Питанням управління в умовах нештатних ситуацій і побудови інформаційних систем підтримки прийняття рішень присвячені дослідження і публікації учених і фахівців – О.А. Машкова, Б.М. Герасимова, М.М. Дивизинюка, І.Ю. Субача та ін. Останніми роками активно розвиваються науково-практичні розробки в цій області з використанням теорії нечіткої логіки, серед яких можна виділити роботи Л.А. Заде, А.П. Ротштейна, Е.Х. Мамдані, С.Д. Штабова, Р.Є. Беллмана.

Задачі прийняття рішень при веденні радіомоніторингу в умовах нештатних ситуацій або динамічних змін обстановки необхідно досліджувати як складний динамічний процес, що впливає на характеристики, властивості функціонування системи РМ та організацію в ній управління. Для таких умов необхідно розробити основи створення функціонально стійкої системи інформаційної підтримки прийняття рішень для нештатних ситуацій на основі їх моделювання. Методологія системних досліджень по забезпеченню функціональної стійкості системи РМ вимагає забезпечення підтримки прийняття рішень з урахуванням існуючої організаційної структури, розміщення її елементів, різноманітності засобів та змін задач ведення розвідки.

### **Формулювання завдання дослідження**

Як відомо [7], ефективність функціонування складної динамічної системи визначається за показниками її функціональної стійкості.

Функціональна стійкість системи РМ - це її властивість, що полягає в здатності виконувати протягом заданого часу хоча б встановлений нормативними вимогами мінімальний об'єм своїх основних функцій в нештатних ситуаціях або динамічних змінах обстановки (при відмовах в інформаційній, обчислювальній, енергетичній частинах системи, несправностей, збоях, руйнуваннях та інших пошкодженнях), а також

зовнішніх впливів, що не передбачені умовами.

Доцільність використання саме цих показників для системи РЕР полягає у наявності великої кількості можливих нештатних ситуацій та умов обстановки, що унеможлиблює їх врахування при оцінці ефективності іншими методами. Найбільш відомі показники функціональної стійкості для системи радіомоніторингу - похибка визначення координат об'єктів та джерел радіовипромінювання (ОРДРВп) та спостереження з необхідною інформативністю.

Таким чином, функціональна стійкість системи РМ повинна визначатись через вірогідність визначення координат ОРДРВп з заданою точністю та їх спостереження з необхідною інформативністю за визначений термін для вирішення задач радіомоніторингу.

Система РМ представляє собою розподілену інформаційно-керуючу систему, яка являє собою розосереджені на деякій території засоби автоматизованої обробки інформації для рішення завдань накопичення, обробки, збереження й пересилання інформації. Така система складається з вузлів комутації й каналів (ліній) зв'язку між окремими елементами системи. Головною функцією даної системи є забезпечення абонентів потенційної можливістю доступу до спеціальних інформаційних ресурсів. У сучасних умовах на систему РМ негативно впливають як внутрішні (відмови, збої, помилки корпоративних абонентів), так і зовнішні (активний або пасивний вплив зовнішнього середовища) фактори. Тому забезпечення функціональної стійкості системи РМ є актуальним завданням.

### **Виклад основного матеріалу дослідження**

#### Вимоги щодо забезпечення функціональної стійкості системи радіомоніторингу.

З визначення функціональної стійкості системи витікають основні вимоги до забезпечення функціональної стійкості системи РМ [8].

Ефективність функціонування системи РМ кількісно оцінюється характеристиками, що відображають точність, наприклад, за похибкою визначення місцеположення джерел радіовипромінювання, відповідно до географічної довготи, широти, висоти  $\sigma_\lambda$ ,  $\sigma_\varphi$ ,  $\sigma_H$ .

Виходячи з умов задач, які вирішує система РМ, висувуються вимоги до точності місцевизначення ОРДРВп:

$$\sigma_\lambda \leq \sigma_\lambda^{\max}, \sigma_\varphi \leq \sigma_\varphi^{\max}, \sigma_H \leq \sigma_H^{\max}, \quad (1)$$

Виконання умови (1) – випадкова подія, ймовірність якої  $P_H$  назвемо ймовірністю вирішення задачі пеленгування із заданою якістю. Висувається вимога до значення цього показника:

$$P_H \geq P_H^{\min}. \quad (2)$$

Імовірність спостереження з необхідною інформативністю джерел РМ  $P_{снп}$  описується функціоналом, що враховує пріоритетність, важливість та інформативність джерел радіовипромінювання:

$$P_{cни} = f(\Pi_{орв}, B_{орв}, I_{орв}). \quad (3)$$

До імовірності спостереження з необхідною інформативністю висувається також вимога щодо її значення:

$$P_{cни} \geq P_{cни}^{\min}. \quad (4)$$

Умови (2,4) необхідні, але й недостатні для функціональної стійкості системи радіомоніторингу і є ознакою функціональної стійкості.

Можливий такий стан системи, при якому дотримання цієї умови задовольнятиме споживача по точності та інформативності, але лише до появи нештатної ситуації або змін обстановки, оскільки не буде можливості париувати її наслідки, тобто система буде працездатною, але не функціонально стійкою.

Таким чином, для кількісної оцінки функціональної стійкості ще необхідні показники, які характеризують здатність париувати наслідки нештатних ситуацій або змін обстановки, що, в свою чергу, визначається наявністю надмірності і можливістю нею управляти. В умовах часткової невизначеності це можна описати таким чином.

Нехай  $A$  – подія, що полягає в тому, що система РМ має властивість париувати наслідки нештатних ситуацій, обумовлених умовами, тоді ймовірність цієї події -  $P(A) = P_{нар}$ .

Виходячи із попередніх міркувань, можна записати, що:

$$A = A_{над} \cap A_{упр}; \quad A \cap (\overline{A_{над}} \cup \overline{A_{упр}}) = \emptyset, \quad (5)$$

де  $A_{над}$  – подія, яка полягає в наявності надмірності; а  $A_{упр}$  – подія, яка полягає в тому, що є можливість керувати надмірністю. Тоді,  $P(A_{над}) = P_{над}$  – ймовірність наявності надмірності у системі;  $P(A_{упр}/A_{над}) = P_{нар}$  – ймовірність того, що є можливість керувати надмірністю або ймовірність керувати надмірністю. Висувається вимога до значення цього показника:

$$P_{нар} \geq P_{нар}^{\min}. \quad (6)$$

Отже, запишемо умову функціональної стійкості системи радіомоніторингу:

$$\begin{cases} P_H \geq P_H^{\min} \\ P_{cни} \geq P_{cни}^{\min} \\ P_{нар} \geq P_{нар}^{\min} \end{cases}. \quad (7)$$

Під надмірністю у системі розуміються різні її види: надлишковий математичний апарат, додаткові (резервні) пости вимірювання параметрів, використання додаткових методів визначення координат тощо.

Тобто знаходження системи радіомоніторингу у стані можливості виконання основних функцій (можливо, з погіршенням якості) є складною подією, а ймовірність знаходження системи у стані функціональної стійкості залежить від ймовірностей множини подій. Деякими з ймовірностей подій

можливо керувати в певних межах. Це і є ті параметри управління, за рахунок яких потрібно підвищувати функціональну стійкість системи радіомоніторингу.

### **Шляхи підвищення функціональної стійкості системи радіомоніторингу.**

Відповідно до методологічних основ забезпечення функціональної стійкості [7], напрямками підвищення функціональної стійкості системи РМ доцільно обрати наступні: створення чітких математичних моделей визначення координат з можливістю комплексування методів місцевизначення з використанням точних моделей земної поверхні [9]; оптимального вибору кількості та типів розвідувальних постів, що задіяні для розрахунку місця положення, та розподіл їх по об'єктам та джерелам РЕР на основі методів динамічного програмування [10]; розробку практичних методик розрахунку координат та побудову їх на карті, створення алгоритмів дій системи у нештатних ситуаціях.

Для підвищення функціональної стійкості системи РМ із розглянутих параметрів управління доцільно збільшувати  $P_n$ ,  $P_{снпн}$  та  $P_{нар}$  (ймовірності вирішення задач визначення координат з заданою якістю, спостереження з заданою інформативністю, парирування нештатної ситуації).

Практична реалізація вирішення даної задачі в системі РМ здійснюється за рахунок створення відповідної методики та інформаційних системи підтримки прийняття рішення (ІСППР), що ґрунтується на принципах:

- комплексування застосування засобів кутомірного та різницево - далекомірного методів місцевизначення;

- створення на їх основі математичної моделі визначення координат (з використанням сферичних моделей земної поверхні);

- обчислення координат з використанням точних моделей земної поверхні;

- розподілу сил та засобів радіомоніторингу по об'єктам та джерелам радіовипромінення на основі методів динамічного програмування.

Така інформаційна система підтримки прийняття рішень повинна забезпечити: вибір найкращого рішення з множини можливих по забезпеченню функціональної стійкості та їх упорядкування за перевагою.

Крім того, ІСППР для системи радіомоніторингу повинна працювати в реальному часі при визначенні ОРДРВп або близькому до реального при проведенні перерозподілу сил та засобів й одночасно використовувати кількісну (похибки місцеположення ОРДРВп) і якісну (експертну) інформації про важливість об'єктів та джерел радіомоніторингу.

Численні дослідження показують, що самі особи, які приймають рішення (ОПР) без додаткової аналітичної підтримки використовують спрощені, а іноді і суперечливі вирішальні правила. В умовах дефіциту часу ОПР приймає рішення по «згорнутим» алгоритмах, покладаючись на свою інтуїцію і досвід. При цьому виникає ризик неправильних дій, що веде до нерішучості оператора, що часто є причиною невиконання або несвоєчасного виконання

дій по усуненню конфліктних ситуацій.

Системи підтримки прийняття рішень є людино-машинними об'єктами, що дозволяють особам, що приймають рішення, використовувати дані, знання, об'єктивні і суб'єктивні моделі при прийнятті рішень у ситуаціях, де неможливо або небажано мати автоматичну систему, що цілком виконує весь процес рішення.

Підтримка прийняття рішень і полягає в допомозі ОПР у процесі ухвалення рішення. Вона включає:

- допомога ОПР при аналізі й оцінці ситуації й обмежень, що накладаються зовнішнім середовищем;
- виявлення переваг ОПР, тобто ранжирування пріоритетів при ухваленні рішення;
- генерацію можливих рішень, тобто формування списку альтернатив;
- оцінку можливих альтернатив результату з переваг ОПР і обмежень, що накладаються зовнішнім середовищем;
- аналіз наслідків прийнятих рішень;
- вибір кращого, з погляду ОПР, варіанта.

Суть комп'ютерної підтримки прийняття рішень полягає у формалізованому описі процесів обробки вихідних даних і виробленні рішення, а також алгоритмізації цих процесів.

Функціонально в ІСППР повинні входити як мінімум дві складові: бази знань, як основа для аналізу визначення структури системи РМ: по заданій точності та розподілу сил та засобів радіомоніторингу; аналітичний апарат, що формує поради та здійснює обґрунтування, проводить обробку інформації і розрахунки [11,12].

На основі аналізу відомих методик побудови систем підтримки прийняття рішення основними етапами синтезу ІСППР системи радіомоніторингу повинні бути:

- формування баз знань про характер ОРДРВп та їх розміщення на основі збору експертної інформації і її обробки;
- створення алгоритму розподілу і перерозподілу сил та засобів радіомоніторингу, у разі виникнення нештатних ситуацій, за допомогою динамічного програмування для забезпечення необхідної інформативності;
- розробка методики визначення необхідної структури системи РЕР для забезпечення необхідної точності місцевизначення ОРДРВп
- навчання і донавчання системи на основі експертної інформації й оперативної інформації про стан радіоелектронної обстановки (РЕО) – переміщення ОРДРВп або поява нових ОРДРВп.

Система РМ, включає  $N_X$ ;  $N_Y$  постів радіомоніторингу розміщені певним чином, що використовують кутомірні ( $N_X$ ) та різницево – далекомірні ( $N_Y$ ) методи місцевизначення, і які при веденні розвідувально-пошукової роботи дають первинну інформацію про ОРДРВп.

**Підсистема вводу інформації** визначає області зміни вхідних показників точності та інформативності  $x_i \in [\underline{x}, \bar{x}]$ ,  $i = \overline{1, n}$ , де  $x_i(\bar{x}_i)$  – нижнє (верхнє) значення вхідних показників  $x_i$ ,  $i = \overline{1, n}$ . Сукупність цих показників утворює початковий вектор  $X$ .

Вихідний вектор  $X^* = \langle x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^* \rangle$  – вектор фіксованих значень вхідних показників на момент часу  $t$ , де  $x_i^* \in \left[ \begin{matrix} x_i, \bar{x}_i \\ - \end{matrix} \right]$ ,  $i = \overline{1, n}$ , який поступає на вхід бази знань.

**База знань** забезпечує обґрунтування рішення щодо вибору структури системи РМ, здійснення ідентифікації нештатної ситуації та перерозподілу сил та засобів. Для її побудови створюються математичні моделі, що установлюють взаємозв'язок між вхідними параметрами точності та інформативності і вихідними рішеннями, що приймаються ІСППР. В основу математичної моделі покладена нечітка база знань, що представляє собою сукупність лінгвістичних правил "ЯКЩО-ТО", що зв'язують оцінки вхідних параметрів і вихідні рішення системи.

До складу бази знань включаються також критерії якості прийнятих рішень і алгоритми рішення задач даного класу (наприклад, необхідна точність визначення ОРДРВП). В базі знань підтримується хронологія: нарівні з поточними зберігаються історичні дані (наприклад координати та похибка місцеположення ОРДРВП і його важливість) з указівкою часу, до якого вони відносяться. У результаті необхідні доступні дані про ОРДРВП збираються в одному місці, приводяться до єдиного формату, узгоджуються і, у ряді випадків, приводяться до мінімально необхідного рівня узагальнення.

**Блок підтримки прийняття рішень** формує гіпотези про можливі рішення, план їхньої перевірки і довідкову інформацію. Ці дані видаються користувачу на екран як рекомендації по прийняттю рішення. Для інформаційної системи забезпечення функціональної стійкості системи радіомоніторингу він включає блоки інформаційної та структурної оптимізації.

**Блок структурної оптимізації** містить матрицю похибок місцеположення ОРДРВП, визначених кутомірним чи гіперболічним методами або їх комплексуванням (для всієї множини можливих варіантів розрахунку місцеположення ОРДРВП):  $\sigma = \{ \sigma_{11}, \dots, \sigma_{22}, \dots, \sigma_{nm} \}$ , забезпечує визначення необхідної структури системи РЕР для забезпечення необхідної точності місцевизначення ОРДРВП. Вимога (1) забезпечується за допомогою ІСППР у вигляді прийняття рішення і видачі рекомендацій по вибору методу місцевизначення ДРВ або їх комплексування за допомогою залучення різнотипних засобів РМ.



**Блок інформаційної оптимізації** обґрунтовує прийняття одного із множини рішень  $d_j (j = \overline{1, m})$  щодо перерозподілу постів для забезпечення необхідної інформативності ведення радіомоніторингу.

Для забезпечення спостереження з заданою інформативністю необхідно розробити математичні моделі розподілу сил та засобів радіомоніторингу по об'єктам і джерелам розвідки в залежності від задач розвідки, змін обстановки та їх пріоритетності. Досягнення максимальної інформативності забезпечується за допомогою видачі рекомендацій по оптимальному розподілу постів РМ на пошук і спостереження, використовуючи метод динамічного програмування. Використання цього способу дозволить суттєво знизити обсяг обчислень по розподілу наявних засобів РМ і забезпечить оперативність отримання необхідних результатів по кількості постів РМ, які необхідно виділити на пошук і спостереження, близьку до реального режиму часу при проведенні перерозподілу сил та засобів

**Блок навчання**, у ньому зберігається модель функціонування системи РМ, та її структура, яка оптимальна щодо забезпечення функціональної стійкості на момент часу  $t$ , створені на основі обробки кількісної та експертної інформації. За допомогою блоку навчання формується матриця знань про характеристики стану РМ і обробляється спеціальним чином та вводитьься в базу знань.

## **Висновки**

Методи забезпечення функціональної стійкості спрямовані на більше повне використання розташовуваних засобів системи РМ. Їхньою особливістю є те, що ІСППР приділяється не пасивна роль виконання твердої програми, а активний перерозподіл ресурсів для досягнення поставлених цілей. Але інформаційна система не керує всією системою РМ а тільки видає рекомендації по забезпеченню функціональної стійкості даної системи.

Запропоновані принципи синтезу інформаційної системи дозволяють забезпечити вирішення задач радіомоніторингу в умовах динамічних змін обстановки або при появі нештатних ситуацій.

Визначена структура інформаційної системи потребує створення чітких математичних моделей для визначення координатних та інформаційних характеристик ОРДРВп.

1. *Машков О.А., Юньов В.П.* Функціонально-стійка система попередження та запобігання авіаційних пригод з використанням кількісної оцінки і прогнозування безпеки., - К., АКАУ, 2003, 185с.
2. *Машков О.А., Барабаш О.В.* Синтез структури автоматизированной системы по критерию максимума функциональной устойчивости / Научный сборник: „Аерокосмічні системи моніторингу та керування”, 2003 т. 2, К., НАУ , с. 24.193-24.196.
3. *Машков О.А., Кравченко Ю.В., Савченко В.А.* Синтез високоточної радіонавігаційної системи на основі метода аналізу ієрархій показників якості /

Збірник наукових праць НАН України, ІПМЕ – „Моделювання та інформаційні технології”, 2003, Вип.. 22, с. 41- 48.

4. *Машков О.А., Чумакевич В.О., Шуренко В.А.* Шляхи створення та дослідження функціонально-стійкої моделі вимірювально-обчислювального комплексу/Збірник наукових праць НАН України, ІПМЕ – „Моделювання та інформаційні технології”, 2003, Вип.. 24, с. 40- 47.

5. *Машков О.А. Барабаш О.В.* Топологічні критерії та показники функціональної стійкості складних ієрархічних систем /Збірник наукових праць НАН України, ІПМЕ – „Моделювання та інформаційні технології”, 2003, Вип.. 25, с. 29-35.

6. *Машков О.А., Барабаш О.В.* Оцінка функціональної стійкості розподілених інформаційно-керуючих систем / Фізико-математичне моделювання та інформаційні технології, НАН України, Вип1, 2005, с. 159

7. *Машков В.А., Машков О.А.* Обеспечение функциональной устойчивости сложных иерархических систем / Тези доповідей І Української конференції з автоматичного управління. – К.: АН України, 1994, ч.І, с. 205.

8. *Пічугін М. Ф., Шуренко В.А., Самчишин О.В.,* Концептуальні основи забезпечення функціональної стійкості системи радіомоніторингу / Проблеми створення, випробування, застосування та експлуатації складних інформаційних систем. Технічні науки: Зб. наук. пр. / Житомир. ЖВІ НАУ, 2008. – Вип 1. С.81-95.

9. *Смирнов Ю. А.* Радиотехническая разведка. М.: Военное издательство, 2001. – 456 с.

10. *Калихман И.Л., Войтенко М.А.* Динамическое программирование в примерах и задачах. М.: Наука, 1979. – 125 с.

11. *Герасимов Б.М., Дивизинюк М.М., Субач И.Ю.* Системы поддержки принятия решений: проектирование, применение, оценка эффективности. Севастополь.: 2004. – 320с.

12. *Герасимов Б.М., Тарасов В.А., Токарев И.В.* Человеко-машинные системы принятия решений с элементами искусственного интеллекта. Киев.: Наукова думка, 1993. – 183 с.165.

*Поступила 1.03.2010р.*

УДК 539.374

Я.Й.Бурак, Б.І.Гайвась, Центр математичного моделювання  
Інституту прикладних проблем механіки і математики ім.Я.С.Підстригача  
НАН України

## **ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ КОНВЕКТИВНО-ТЕПЛОВОГО ОСУШЕННЯ ПОРИСТИХ ТІЛ В СУШИЛЬНИХ УСТАНОВКАХ**

In this work the mathematical model is proposed for convective-thermal drying capillary porous bodies with taking into account transpiration zone deepening under any thermal time-regime of a drying agent characterized by values of temperature,