

Информационные технологии

УДК 004.942

Нечипорук Олена Петрівна

*кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри комп'ютеризованих систем управління
Національний авіаційний університет*

Нечипорук Елена Петровна

*кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры компьютеризированных систем управления
Национальный авиационный университет*

Nechyporuk Olena

*PhD, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Computerized Control Systems
National Aviation University*

Нечипорук Віталій Володимирович

*кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри комп'ютеризованих систем управління
Національний авіаційний університет*

Нечипорук Виталий Владимирович

*кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры компьютеризированных систем управления
Национальный авиационный университет*

Nechyporuk Vitaliy

*PhD, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Computerized Control Systems
National Aviation University*

Голего Наталія Миколаївна

асистент кафедри комп'ютеризованих систем управління

Національний авіаційний університет

Голего Наталья Николаевна

ассистент кафедры компьютеризированных систем управления

Национальный авиационный университет

Golego Nataliya

Assistant of the Department of Computerized Control Systems

National Aviation University

**ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ
ДІАГНОСТУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ З БАГАТОРІВНЕВОЮ
СТРУКТУРОЮ**

**ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ
ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ С
МНОГОУРОВНЕВОЙ СТРУКТУРОЙ**

**INFORMATION SUPPORT OF TECHNOLOGIES FOR DIAGNOSING
TECHNICAL OBJECTS WITH A MULTI-LEVEL STRUCTURE**

***Анотація.** Описано загальну структуру інформаційних технологій діагностування технічних багаторівневих систем, надано їх функціональні рівні. Інформаційне забезпечення технологій представлено на прикладі методу розв'язання задачі діагностування на основі нелінійної моделі.*

***Ключові слова:** багаторівнева технічна система, технології діагностування, інтелектуальні моделі, множинні пошкодження.*

***Аннотация.** Описана общая структура информационных технологий диагностирования технических многоуровневых систем, представлено их функциональные уровни. Информационное обеспечение технологий представлено на примере метода решения задачи*

диагностирования на основе нелинейной модели.

Ключевые слова: *многоуровневая техническая система, технологии диагностирования, интеллектуальные модели, множественные повреждения.*

Summary. *The general structure of information technologies for diagnosing technical multi-level systems is described, their functional levels are presented. Information support of technologies is presented on the example of a method for solving a diagnostic problem based on a nonlinear model.*

Key words: *multilevel technical system, diagnostics technologies, intellectual models, multiple damages.*

Актуальність і аналіз публікацій. Безперервне ускладнення технічних об'єктів і зростання ступеня автоматизації процесу управління висувають на перший план проблему оптимальної організації експлуатації технічних об'єктів з багаторівневою структурою. Важливу роль при цьому відводять визначенню стану об'єктів, який внаслідок впливу зовнішніх і внутрішніх факторів змінюється з часом.

Складність побудови діагностичної моделі багаторівневого технічного об'єкту на множині можливих дефектів, що враховує причини і наслідки їх прояву, вимагає ретельного аналізу умов їх експлуатації, виявлення всіх факторів, що впливають на якість виконання поставлених завдань. Сучасні технічні об'єкти, що включають в себе велику кількість різномірних елементів – техніку, програмне забезпечення, інформаційні масиви, в значній мірі відрізняються як за характером пошкоджень, так і за методами їх виявлення та усунення [1].

В даному дослідженні запропоновано наступну загальну структуру інформаційних технологій діагностування технічних багаторівневих систем [2]:

1. Введення вхідних даних.

2. Налаштування логічної моделі на ситуацію.
3. Побудова алгебраїчної форми, яка відповідає логіко-математичній моделі нерівностей.
4. Перетворення алгебраїчної форми до канонічного виду систем комбінаторних нерівностей.
5. Реалізація алгоритму спрямованого перебору варіантів.
6. Інтерпретація отриманих результатів.

Інформаційні технології (ІТ) діагностування складних технічних об'єктів реалізуються у вигляді побудови експертної системи.

Загальна форма інформаційних технологій діагностування технічних систем з багаторівневою структурою. Інформаційне забезпечення (ІЗ) є найважливішою складовою комплексу діагностики складних технічних систем. В розвитку ІЗ умовно можна виділити три етапи, тісно зв'язані з розвитком технічного забезпечення об'єкта діагностики.

Для першого характерна розробка окремих моделей, алгоритмів і програм. На цьому етапі були автоматизовані деякі ділянки науково-дослідницьких і дослідно-конструкторських робіт, пов'язані в основному з трудомісткими інженерними розрахунками. Незважаючи на деякі досягнення механізації, основні проблеми проектування складних систем не були і не могли бути вирішені, зокрема, істотно не підвищилася продуктивність праці конструкторів. «Вузькі міста», наприклад проблеми збору, зберігання, обробки і передачі значної за обсягом інформації, що відображає стан проекту, залишалися.

Другий етап пов'язаний з інформаційним комплектуванням програмних засобів, з можливістю створення наскрізної технології проектування систем діагностики. З'являються так звані інтегровані системи діагностування складних технічних об'єктів (СДСТО), що дозволяють інформаційно об'єднувати діяльність колективу

проектувальників на всіх стадіях роботи складної системи.

Однак і в рамках інтегрованих СДСТО найважливіша проблема підвищення якості проекту не знаходить належного розв'язку. Інформаційна інтеграція не забезпечує оптимізації параметрів і характеристик об'єкта, хоча і створює для неї відомі передумови. Вона досягається системною "ув'язкою" (координацією, узгодженням) проектно-конструкторських рішень, прийнятих на всіх рівнях ієрархії в системі діагностування.

На третьому етапі розвитку ІЗ СДСТО широко використовуються ієрархічні системи прийняття рішень, що приймаються на всіх стадіях і етапах проектування об'єкта та його підсистем. Рішення задач третього етапу неможливе без створення загальної теорії ієрархічних систем діагностування – спеціального розділу системного аналізу, теорії систем, теорії прийняття рішень і її додатків до конкретних предметних областей.

Загальна форма інформаційних технологій діагностування технічних систем з багаторівневою структурою показана на рис. 1.

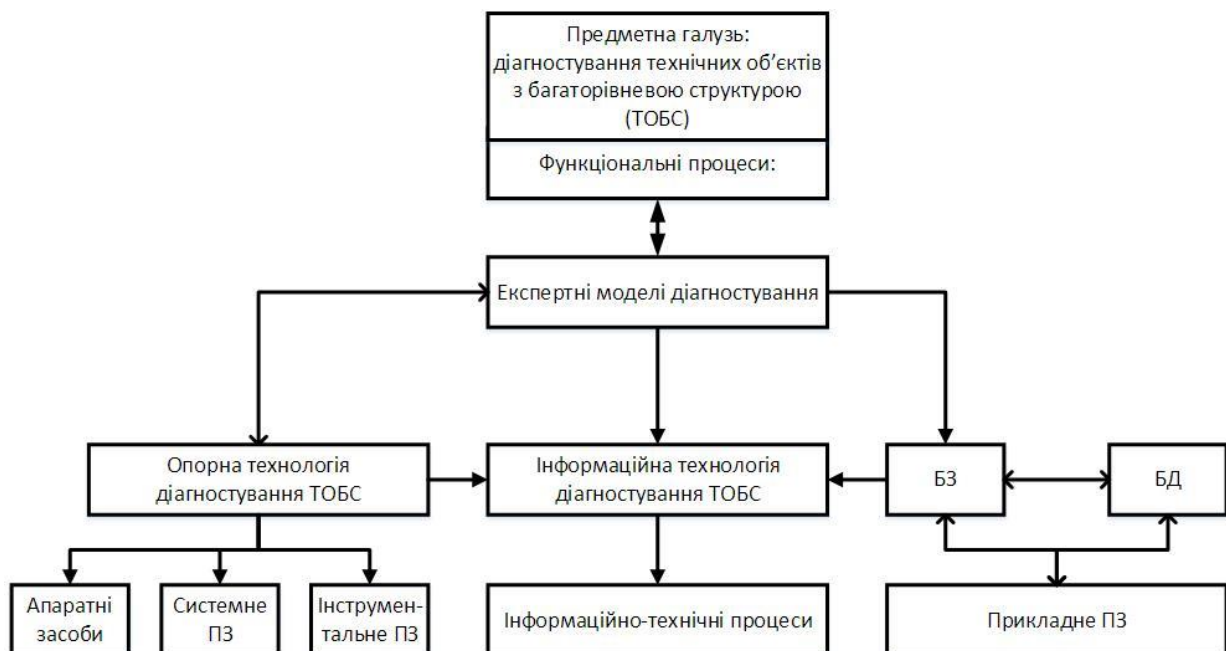


Рис. 1. Структура інформаційних технологій діагностування ТОБС

Функціональні рівні інформаційної технології діагностування багаторівневих технічних об'єктів. На основі запропонованих експертних логічних моделей [2] подання діагностичної інформації створено інформаційну технологію, що містить комплекс методів, алгоритмів і програм, які надають можливість розв'язувати задачі діагностування складних технічних систем на новому якісному рівні, що дозволяє підвищити ефективність прийняття рішень в умовах невизначеності наслідків кожного окремого пошкодження, яка обумовлена накладанням змін контрольованих параметрів об'єкту діагностування від сукупності одночасних пошкоджень.

Функціональні рівні ІТ діагностування технічних багаторівневих систем представлено на рисунку 2.

Методологія ІТ діагностування багаторівневих технічних об'єктів включає методи розв'язання на основі розроблених в роботі [3] інтелектуальних моделей.

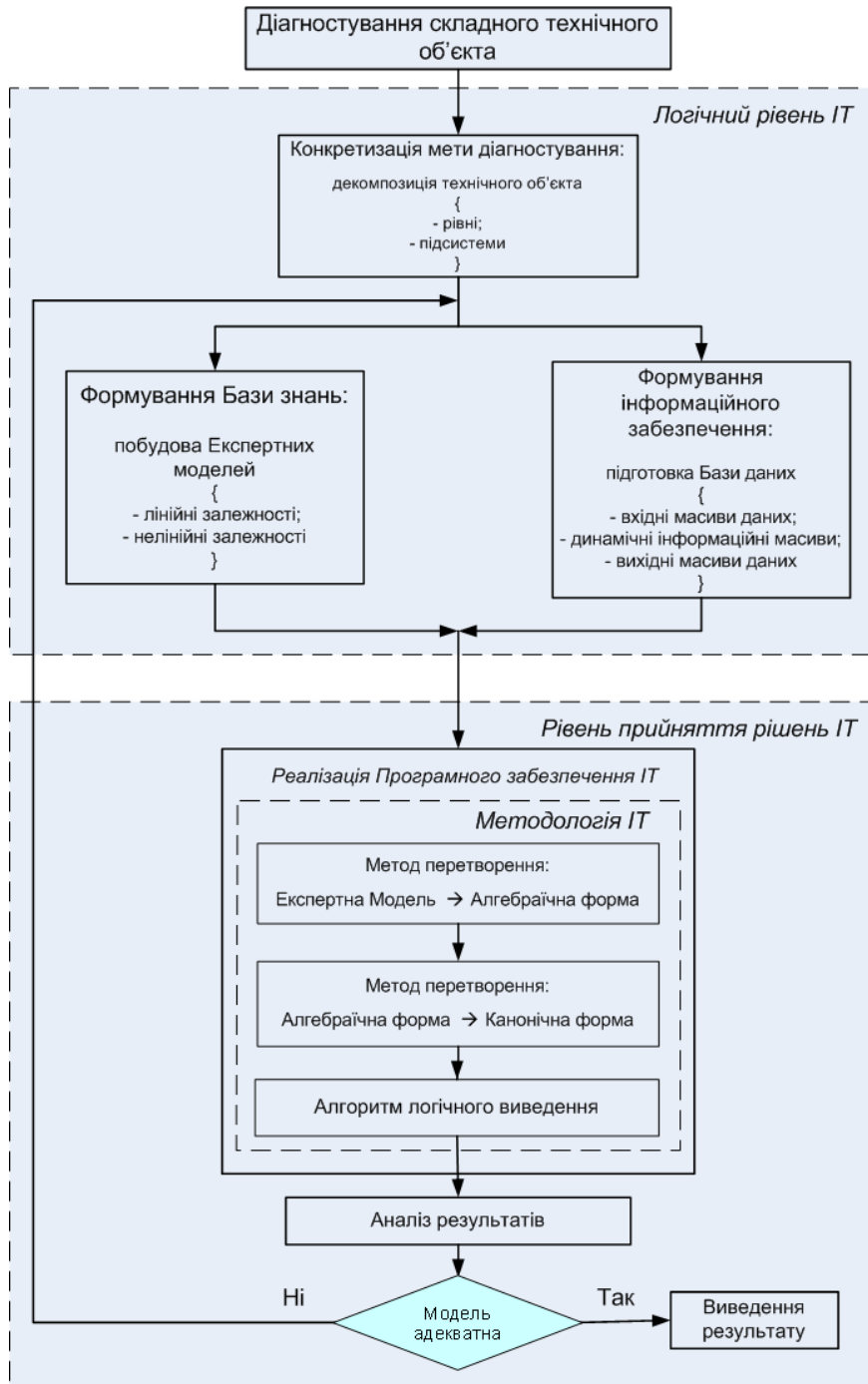
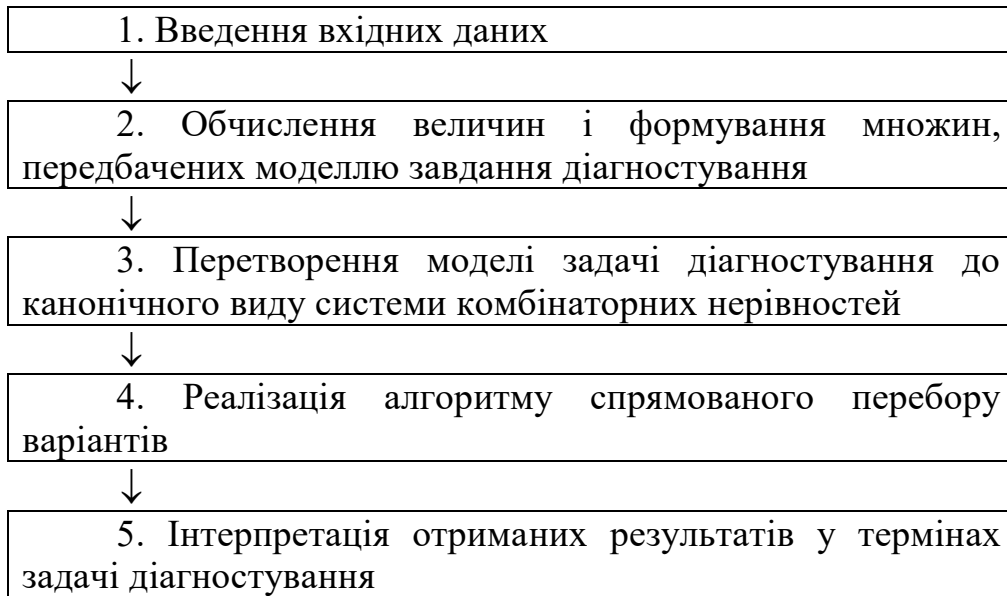


Рис. 2. Функціональні рівні інформаційних технологій діагностування ТОБС

Метод розв'язання задачі діагностування на основі нелінійної моделі



Вихідна модель:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{\rho \in Q(\rho)} (h_p^{(\rho)} - \xi_p^{(\rho)}) \prod_{\beta \in B^{(\rho)}} \prod_{\eta \in J_{\beta}^{(\rho)}} \prod_{k \in K_{\beta\eta}^{(\rho)}} z_{\beta\eta k} \leq \delta_p \\ \sum_{\rho \in Q(\rho)} (-h_p^{(\rho)} - \xi_p^{(\rho)}) \prod_{\beta \in B^{(\rho)}} \prod_{\eta \in J_{\beta}^{(\rho)}} \prod_{k \in K_{\beta\eta}^{(\rho)}} z_{\beta\eta k} \leq -\delta_p \end{array} \right. ; \quad (1)$$

$$p = \overline{1, u},$$

де $z_{\beta\eta k} \in \{0, 1\}$, $\beta = \overline{1, \mu}$; $\eta \in J_{\beta}$; $k \in K_{\beta\eta}$.

Примітка: щоб не було плутанини при перетворенні вихідної моделі до канонічної форми, в формулу (1) внесено наступні зміни в системі позначень:

Попередній символ	Новий символ
i	β
I	B
j	η
r	ρ
R	Q
m	μ
x	z

Канонічна форма:

$$g_j(x) = \sum_{r \in R_j} a_{jr} \varphi_r(x) \leq b_j ; j = \overline{1, n}, \quad (2)$$

де x – вектор незалежних булевих змінних:

$$x = (x_i; i = \overline{1, m}); x_i \in \{0, 1\}; i = \overline{1, m};$$

$\varphi_r(x)$ – r -е добуток незалежних змінних (x -добуток):

$$\varphi_r(x) = \prod_{i \in I_r} x_i; r = \overline{1, q};$$

m – кількість незалежних змінних;

n – кількість нерівностей;

q – кількість різних x -добутків, що входять в систему нерівностей;

R_j – множина номерів x -добутків, що входять в j -ту нерівність;

$$j = \overline{1, n};$$

I_r – множина номерів незалежних змінних, що утворюють r -ий x -добуток; $r = \overline{1, q}$;

a_{jr} і b_j – дійсні числа, що виступають у якості коефіцієнтів (a_{jr}) і вільних членів (b_j) нерівностей; $j = \overline{1, n}$; $r \in R_j$.

Підготовчий етап – перетворення вихідної моделі (1) до канонічної форми (2).

1. Перенумерувати змінні $z_{\beta\eta k}$, $\beta = \overline{1, \mu}$; $\eta \in J_\beta$; $k \in K_{\beta\eta}$ числами натурального ряду від 1 до m :

$$m = \sum_{\beta=1}^{\mu} \sum_{\eta \in J_\beta} |K_{\beta\eta}|.$$

Для цього будується таблиця, наприклад:

$$\mu = 2; J_\beta = \{1, 2\}; K_{\beta\eta} = \{3, 4, 5, 6, 7\};$$

Трійка індексів β, η, k	Номер трійки i	Трійка індексів β, η, k	Номер трійки i
1, 1, 1	1	2, 4, 8	11
1, 1, 2	2	2, 5, 5	12
1, 1, 3	3	2, 5, 6	13
1, 2, 3	4	2, 5, 7	14

1, 2, 5	5		2, 6, 6	15
2, 3, 4	6		2, 6, 7	16
2, 3, 6	7		2, 6, 8	17
2, 3, 7	8		2, 6, 9	18
2, 4, 4	9		2, 7, 7	19
2, 4, 6	10		2, 7, 9	20

Номер трійки i в подальшому розглядається як індекс змінної x_i .

2. Перенумерувати нерівності системи (1) числами натурального ряду від 1 до $n = 2u$.

Оскільки система (2) складається з пар нерівностей, пропонується наступна нумерація нерівностей системи (1):

– спочатку числами від 1 до u нумеруються перші нерівності кожної пари:

$$\sum_{\rho \in Q(p)} (h_p^{(\rho)} - \xi_p^{(\rho)}) \prod_{\beta \in B^{(\rho)}} \prod_{\eta \in J_{\beta}^{(\rho)}} \prod_{k \in K_{\beta\eta}^{(\rho)}} z_{\beta\eta k} \leq \delta_p ;$$

– потім числами від $u + 1$ до n нумеруються другі нерівності кожної пари:

$$\sum_{\rho \in Q(p)} (-h_p^{(\rho)} - \xi_p^{(\rho)}) \prod_{\beta \in B^{(\rho)}} \prod_{\eta \in J_{\beta}^{(\rho)}} \prod_{k \in K_{\beta\eta}^{(\rho)}} z_{\beta\eta k} \leq -\delta_p .$$

3. Визначити склад множин R_j , $j = \overline{1, n}$ системи (2).

Передбачається, що всі можливі комбінації пошкоджень, що призводять до зміни кожної p -й характеристики стану ОД, перенумеровані числами натурального ряду на етапі складання моделі (4.1). При цьому кожна множина $Q(p)$, $p = \overline{1, u}$ являє собою сукупність номерів можливих комбінацій, тбто чисел.

Тоді

$$R_j = R_{j+u} = Q(p); j = p = \overline{1, u} .$$

4. Визначити склад множин I_r , $r = \overline{1, q}$ системи (2), де

$$q = \sum_{p=1}^u |Q(p)|.$$

Попередньо визначається множина трійок індексів змінних $z_{\beta\eta k}$, $\beta = \overline{1, \mu}$; $\eta \in J_\beta$; $k \in K_{\beta\eta}$, що входять в добуток

$$\prod_{\beta \in B^{(\rho)}} \prod_{\eta \in J_\beta^{(\rho)}} \prod_{k \in K_{\beta\eta}^{(\rho)}} z_{\beta\eta k}.$$

Наприклад, при $\mu = 2$; $J_\beta = \{1, 2\}$; $K_{\beta\eta} = \{3, 4, 5, 6, 7\}$

$$\prod_{\beta \in B^{(\rho)}} \prod_{\eta \in J_\beta^{(\rho)}} \prod_{k \in K_{\beta\eta}^{(\rho)}} z_{\beta\eta k} = z_{123} \cdot z_{125} \cdot z_{244} \cdot z_{246} \cdot z_{248} \cdot z_{277} \cdot z_{279}.$$

Потім по наведеній вище таблиці встановлюється склад відповідної множини I_r :

$$I_r = \{4, 5, 9, 10, 11, 19, 20\}.$$

5. Визначити коефіцієнти a_{jr} ; $j = \overline{1, n}$; $r \in R_j$ системи (2):

$$\text{Для } j = \overline{1, u}: a_{jr} = h_p^{(\rho)} - \xi_p^{(\rho)}.$$

$$\text{Для } j = \overline{1+u, n}: a_{jr} = -h_p^{(\rho)} - \xi_p^{(\rho)}.$$

6. Визначити вільні члени b_j ; $r \in R_j$ системи (2):

$$\text{Для } j = \overline{1, u}: b_j = \delta_p.$$

$$\text{Для } j = \overline{1+u, n}: b_j = -\delta_p.$$

Опис канонічної форми (2).

В пам'яті ПК система (2) представляється наступним набором множин і векторів:

– сукупність $\{R_j; j = \overline{1, n}\}$ підмножин номерів x -добутків, що входять до кожної з нерівностей системи;

- сукупність $\{I_r; r = \overline{1, q}\}$ підмножин номерів незалежних змінних, добутки яких входять в систему;
- сукупність $\{(a_{jr}; r \in R_j); j = \overline{1, n}\}$ векторів коефіцієнтів нерівностей системи;
- вектор $(b_j; j = \overline{1, n})$ правих частин нерівностей системи.

Необхідно передбачити також зберігання λ векторів часткових планів $x_k^C = (x_{ki}^C \mid i = \overline{1, m})$, $k = \overline{1, \lambda}$ підмножин варіантів, на які в процесі розв'язання задачі буде декомпонуватись повна множина.

Висновки. Описано інформаційні технології діагностування багаторівневих технічних об'єктів, інваріантні щодо їх фізичної природи, структури та технічних параметрів, які здатні ідентифікувати комбінації пошкоджень в умовах накладання наслідків впливу кожного з них на значення характеристик стану об'єкту.

Інформаційні технології створено на основі запропонованих у [3] експертних логіко-математичних моделей подання діагностичної інформації та містять комплекс методів, алгоритмів і програм, які надають можливість розв'язувати задачі діагностування складних технічних систем на новому якісному рівні, що дозволяє підвищити ефективність прийняття рішень в умовах невизначеності наслідків кожного окремого пошкодження, яка обумовлена накладанням змін контрольованих параметрів об'єкту діагностування від сукупності одночасних пошкоджень.

Література

1. Нечипорук Е.П. Марченко Н.Б. Причины возникновения и классификация отказов в технических системах. – Сучасний захист інформації. – 2012. – №4. – С. 84-87.

2. Nechyporuk O. Adjustment of the generalized logical model of compound systems diagnosing according to the situation. – The Advanced Science Journal. – 2014. – № 2. – P. 20-23.
3. Литвиненко А.Е., Нечипорук Е.П. Метод диагностирования сложных объектов с многоуровневой структурой. – “Black sea” scientific journal of academic research. – 2014. – № 3. – P.35-42.