УДК 65.012.7 (045)

М. Ю. Заліський,
І. М. Яшанов

ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЦЕДУР ЕКСПЕРТНОГО ОЦІНЮВАННЯ

Інститут електроніки та систем управління НАУ, e-mail: iesy@nau.edu.ua

Наведено аналітичні співвідношення для розрахунку числових значень показників ефективності декількох процедур експертного оцінювання відповідності нормативних документів умовам виконання технологічних процесів.

Ключові слова: технологічні процеси, система експлуатації, експертне оцінювання, показники якості оцінок.

Вступ. У системах експлуатації технічних комплексів, засобів реалізується ряд технологічних процесів (ТП), спрямованих на забезпечення результативності та ефективності застосування об'єктів експлуатації.

Для регламентації ТП використовують нормативні документи (НД), які повинні відповідати ряду вимог: адекватність, адаптивність, перспективність, відповідність структури і змісту чинним державним стандартом та іншим нормативно-правовим документам, несуперечливість положень розроблюваного НД діючим документам вищого ієрархічного рівня, чіткість викладу й однозначність трактування змісту НД тощо [1].

Не повна адекватність НД умовам виконання ТП може призвести до некоректної реалізації і зниженню результативності та ефективності застосування об'єктів експлуатації – технічних комплексів, засобів. Особливо це стосується предметних напрямів, що пов'язані з безпекою в цивільній авіації.

Тому розробники систем експлуатації технічних комплексів та засобів повинні мати алгоритми, процедури, що можуть забезпечити відповідність НД умовам виконання ТП.

Постановка завдання. Аналіз літератури в галузі розроблення та модернізації систем експлуатації [1 – 4] показав, що питанням розробки НД приділено недостатньо уваги.

Ураховуючи значущість НД, потрібно мати підсистему розроблення та модернізації НД (ПРМНД), що має включати у свій склад такі складові: персонал, методичні матеріали, що регламентують порядок розроблення та модернізації НД, технічні засоби для створення, розповсюдження і збору даних про використання НД тощо. Вважаємо, що до персоналу входять експерти, що виконують основну роботу з відповідності НД, і допоміжний склад. До актуальних питань розроблення ПРМ НД можна віднести визначення кількісних і якісних параметрів щодо персоналу, обґрунтування періодичності та тривалості контролю відповідності НД установленим вимогам виконання ТП, вибір і аналіз схем прийняття рішень щодо відповідності НД, обґрунтування показників для експертного оцінювання. Натепер недостатньо вивчено питання наукового обґрунтування організації і проведення комплексу робіт, пов'язаних з розробленням і впровадженням НД, що регламентують виконання технологічних процесів у поліерготичних системах. Процедурам експертного оцінювання НД бракує інженерних методик розрахунку числових значень показників ефективності. Неоптимальний склад ПРМ НД може призвести до збільшення витрат в системі експлуатації технічних комплексів і засобів, у ПРМ НД та зниження результативності та ефективності застосування об'єктів експлуатації.

Тому актуальним завданням є розроблення процедури прийняття рішень за експертним оцінюванням, визначення показників та критеріїв ефективності процедур і числових розрахунків.

Основна частина. Експертне оцінювання – процедура отримання рішення в межах оцінювання НД на відповідність умовам ТП та чинним стандартам на основі групової думки фахівців (експертів).

Основні етапи експертного оцінювання:

1. Постановка мети дослідження.
2. Вибір форми дослідження, визначення бюджету проекту.

3. Підготовка інформаційних матеріалів.
4. Підбір експертів.
5. Проведення експертизи.
6. Статистичний аналіз результатів.
7. Підготовка звіту про результати експертного оцінювання.

Експерти повинні мати досвід у галузях, що відповідають розв'язуваним завданням. Підбираючи експертів, варто враховувати особисту зацікавленості, що може стати істотною перешкодою для об'єктивного судження.

Після одержання відповідей експертів необхідно їх оцінити. Це дозволяє:

– оцінити погодженість думок експертів; без значущої погодженості експертів необхідно виявити причини непогодженості (наявність груп) і визнати непогодженість думки (незначні результати);

– оцінити помилку дослідження;

– побудувати модель властивостей об'єкта на основі відповідей експертів (для аналітичної експертизи).

Процес виявлення невідповідностей елементів НД можна зобразити за допомогою структурної схеми рис. 1.

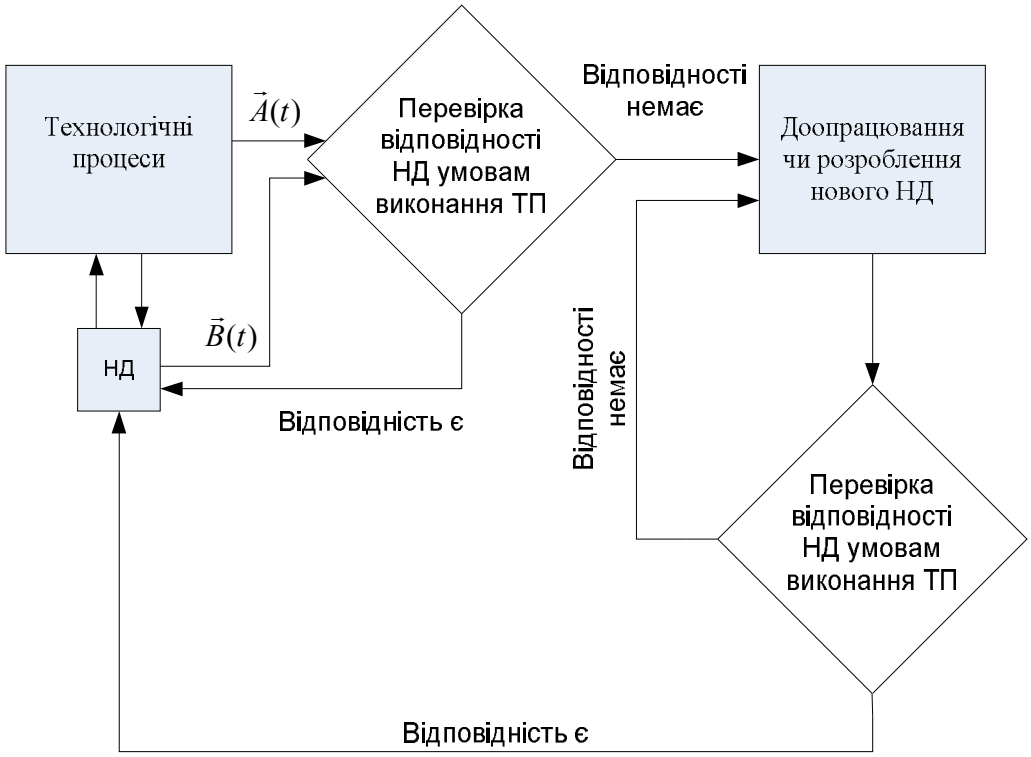


Рис. 1. Структурна схема процесу виявлення невідповідностей НД

Вектор $\vec{A}(t)$ характеризує основні позиції ТП, що мають бути відображені в НД для забезпечення результативності та ефективності ТП. Вектор $\vec{B}(t)$ характеризує позиції нормативного документа, що регламентує виконання ТП. Припускаємо, що складові вектора $\vec{A}(t)$ об'єктивно правильно описують ТП. Ураховуючи це, розглянемо варіант, коли розробник НД припустив похибки під час визначення змісту документа і тому частка складових вектора $\vec{B}(t)$ правильно описують ТП, а інша частка складових вектора $\vec{B}(t)$ неправильно описують ТП. Експертам потрібно виконати перевірку відповідності проекту НД, що розглядається, умовам виконання ТП.

Розглянемо порівняльну ефективність декількох процедур прийняття рішення щодо відповідностей чи невідповідностей в НД; під час наявності недоліку він об'єктивно може бути

визначений правильно або неправильно. Позначимо вихідні стани пункту, що рецензуються: $I = 1$ – пункт об'єктивно має недолік типу, що розглядається, $I = 2$ – пункт об'єктивно не має недоліку цього типу.

Припустимо, є експерт E_1, який повинен визначити, чи має пункт недолік цього типу, чи недоліку цього типу немає. Рішення експерта позначимо відповідно як $J = 1$ і $J = 2$. Нехай можливі помилки експерта E_1. Зрозуміло, що у випадках, коли $I = J$, експерт правильно визначає в пункті НД наявність недоліку цього типу.

Апріорний розподіл недоліків пункту, що аналізується, позначимо як $P = \{p_1, p_2\}$.

З урахуванням того, що можливі помилки класифікації, уведемо умовні імовірності X_{11}, X_{12}, X_{21}, X_{22}, де X_{ij} означає імовірність прийняття експертом E_1 рішення про те, що приймаються рішення j, коли гіпотеза справедлива, причому

$$X_{11} + X_{12} = 1;$$
$$X_{21} + X_{22} = 1.$$

У загальному випадку в оцінці беруть участь N експертів. Завдання порівняння ефективності оцінювання двома та трьома експертами розглянута в праці [5].

Нехай процедура А – рішення приймають три експерти, процедура Б – рішення приймають чотири експерти.

У випадку оцінювання трьома експертами відомі вектори кваліфікації цих експертів: $\vec{X}$, $\vec{Y}$, $\vec{Z}$. Рішення приймаються, якщо всі експерти проголосували за одне рішення. У випадку різних рішень експертів приймається те, за котре проголосували два експерти.

Умовні ймовірності прийняття рішень:

$$p_{\text{А}}(i = 1/\ j = 1) = X_{11}Y_{11}Z_{11} + X_{11}Y_{11}Z_{12} + X_{11}Y_{12}Z_{11} + X_{12}Y_{11}Z_{11};$$
$$p_{\text{А}}(i = 1/\ j = 2) = X_{12}Y_{12}Z_{12} + X_{12}Y_{12}Z_{11} + X_{12}Y_{11}Z_{12} + X_{11}Y_{12}Z_{12};$$
$$p_{\text{А}}(i = 2/\ j = 1) = X_{21}Y_{21}Z_{21} + X_{21}Y_{21}Z_{22} + X_{21}Y_{22}Z_{21} + X_{22}Y_{21}Z_{21};$$
$$p_{\text{А}}(i = 2/\ j = 2) = X_{22}Y_{22}Z_{22} + X_{22}Y_{22}Z_{21} + X_{22}Y_{21}Z_{22} + X_{21}Y_{22}Z_{22}.$$

З урахуванням апріорного розподілу станів I та J імовірності прийняття остаточних рішень:

$$\begin{cases} P_{11}(\text{А}) = p_1 p_{\text{А}}(i = 1/\ j = 1); \\ P_{12}(\text{А}) = p_1 p_{\text{А}}(i = 1/\ j = 2); \\ P_{21}(\text{А}) = p_2 p_{\text{А}}(i = 2/\ j = 1); \\ P_{22}(\text{А}) = p_2 p_{\text{А}}(i = 2/\ j = 2). \end{cases}$$

У випадку оцінювання чотирма експертами введемо вектор кваліфікації четвертого експерта $\vec{Q}$. Припустимо, що рішення приймаються, якщо за нього проголосували хоча б три експерти, а у випадку, якщо за різні рішення проголосували по два експерти, приймається те, яке обрав перший експерт. У цьому випадку накладаються високі вимоги до кваліфікації першого експерту, тобто $X_{11} > \max(Y_{11}, Z_{11}, Q_{11})$, $X_{22} > \max(Y_{22}, Z_{22}, Q_{22})$, де $\max(...)$ – оператор визначення максимального значення.

Умовні ймовірності прийняття рішень:

$$p_{\text{Б}}(i = 1/\ j = 1) = X_{11}Y_{11}Z_{11}Q_{11} + X_{11}Y_{11}Z_{11}Q_{12} + X_{11}Y_{11}Z_{12}Q_{11} + X_{11}Y_{12}Z_{11}Q_{11} + X_{12}Y_{11}Z_{11}Q_{11} +$$
$$+X_{11}(Y_{11}Z_{12}Q_{12} + Y_{12}Z_{11}Q_{12} + Y_{12}Z_{12}Q_{11});$$

$$p_{\text{Б}}(i = 1/\ j = 2) = X_{12}Y_{12}Z_{12}Q_{12} + X_{12}Y_{12}Z_{12}Q_{11} + X_{12}Y_{12}Z_{11}Q_{12} + X_{12}Y_{11}Z_{12}Q_{12} + X_{11}Y_{12}Z_{12}Q_{12} +$$
$$+X_{12}(Y_{12}Z_{11}Q_{11} + Y_{11}Z_{12}Q_{11} + Y_{11}Z_{11}Q_{12});$$

$$p_{\text{Б}}(i = 2/\ j = 1) = X_{21}Y_{21}Z_{21}Q_{21} + X_{21}Y_{21}Z_{21}Q_{22} + X_{21}Y_{21}Z_{22}Q_{21} + X_{21}Y_{22}Z_{21}Q_{21} + X_{22}Y_{21}Z_{21}Q_{21} +$$
$$+X_{21}(Y_{21}Z_{22}Q_{22} + Y_{22}Z_{21}Q_{22} + Y_{22}Z_{22}Q_{21});$$

$$p_{\text{Б}}(i=2/j=2)=X_{22}Y_{22}Z_{22}Q_{22}+X_{22}Y_{22}Z_{22}Q_{21}+X_{22}Y_{22}Z_{21}Q_{22}+X_{22}Y_{21}Z_{22}Q_{22}+X_{21}Y_{22}Z_{22}Q_{22}+$$
$$+X_{22}(Y_{22}Z_{21}Q_{21}+Y_{21}Z_{22}Q_{21}+Y_{21}Z_{21}Q_{22}).$$

З урахуванням апріорного розподілу станів I та J імовірності прийняття остаточних рішень:

$$\begin{cases} P_{11}(\text{Б})=p_1p_{\text{Б}}(i=1/j=1); \\ P_{12}(\text{Б})=p_1p_{\text{Б}}(i=1/j=2); \\ P_{21}(\text{Б})=p_2p_{\text{Б}}(i=2/j=1); \\ P_{22}(\text{Б})=p_2p_{\text{Б}}(i=2/j=2). \end{cases}$$

Порівняємо ефективність процедур експертного оцінювання з трьома та чотирма експертами. Будемо вважати, що ефективніша та процедура, у якої більша остаточна ймовірність прийняття правильного рішення, коли невідповідностей немає ($P_{11}(\text{А})$ та $P_{11}(\text{Б})$).

У цьому випадку можна визначити нижню межу кваліфікації четвертого експерта, за якої ефективність процедури Б буде вищою. Тобто припустимо:

$$P_{11}(\text{Б})\geq P_{11}(\text{А}).$$

Звідси отримаємо

$$p_1p_{\text{Б}}(i=1/j=1)\geq p_1p_{\text{А}}(i=1/j=1),$$
$$p_{\text{Б}}(i=1/j=1)\geq p_{\text{А}}(i=1/j=1).$$

Нехай існує залежність між окремими елементами векторів кваліфікації експертів:

$$Y_{11}=aX_{11};$$
$$Z_{11}=bX_{11},$$

де a і b – додатні числа в проміжку $(0;1)$.

Тоді ймовірності прийняття рішень для трьох та чотирьох експертів набудуть вигляду:

$$p_{\text{А}}(i=1/j=1)=aX^2{}_{11}+bX^2{}_{11}(1-aX_{11})+abX^2{}_{11}(1-X_{11})=X_{11}^2(a+b-abX_{11}+ab-abX_{11})=$$
$$=X_{11}^2(a+b+ab-2abX^2{}_{11}).$$

$$p_{\text{Б}}(i=1/j=1)=abX_{11}^3+aX_{11}^2Q_{11}-abX_{11}^3Q_{11}+bX_{11}^2Q_{11}-abX_{11}^3Q_{11}+abX_{11}^2Q_{11}-abX_{11}^3Q_{11}+X_{11}(aX_{11}-$$
$$-abX_{11}^2-aX_{11}Q_{11}+abX_{11}^2Q_{11}+bX_{11}-abX_{11}^2-bX_{11}Q_{11}+abX_{11}^2Q_{11}+Q_{11}-aX_{11}Q_{11}-bX_{11}Q_{11}+abX_{11}Q_{11})=$$
$$=abX_{11}^3+aX_{11}^2Q_{11}+bX_{11}^2Q_{11}+abX_{11}^2Q_{11}-3abX_{11}^3Q_{11}+aX_{11}^2+bX_{11}^2+Q_{11}X_{11}+abX_{11}^2Q_{11}-2abX_{11}^2+$$
$$+2abX_{11}^3Q_{11}-2aX_{11}^2Q_{11}-2bX_{11}^2Q_{11}=aX_{11}^2+bX_{11}^2+Q_{11}X_{11}+2abX_{11}^2Q_{11}-abX_{11}^3-abX_{11}^3Q_{11}-aX_{11}^2Q_{11}-$$
$$-bX_{11}^2Q_{11}=aX_{11}^2+bX_{11}^2-abX_{11}^3+Q_{11}(X_{11}+2abX_{11}^2-abX_{11}^3-aX_{11}^2-bX_{11}^2).$$

Тоді отримаємо нерівність:

$$aX_{11}^2+bX_{11}^2-abX_{11}^3+Q_{11}(X_{11}+2abX_{11}^2-abX_{11}^3-aX_{11}^2-bX_{11}^2)\geq aX_{11}^2+bX_{11}^2+abX_{11}^2-2abX_{11}^3.$$

$$Q_{11}X_{11}(1+2abX_{11}-abX_{11}-abX_{11}^2-aX_{11}-bX_{11})\geq abX_{11}^2(1-X_{11}).$$

$$Q_{11}(1+2abX_{11}-abX_{11}-abX_{11}^2-aX_{11}-bX_{11})\geq abX_{11}(1-X_{11}).$$

Звідси можна визначити мінімальне значення ймовірності Q_{11}:

$$Q_{11}\geq\frac{abX_{11}(1-X_{11})}{1+2abX_{11}-abX_{11}^2-aX_{11}-bX_{11}}.$$

Позначимо праву частину нерівності як $Q_{11\text{ГР}}$, тобто

$$Q_{11\text{ГР}} = \frac{abX_{11}(1-X_{11})}{1+2abX_{11}-abX_{11}^2-aX_{11}-bX_{11}}.$$

Як видно, граничне значення ймовірності правильного виявлення відповідності документу четвертим експертом є функцією від параметрів взаємозв'язку кваліфікації експертів та кваліфікації першого експерта: $Q_{11\text{ГР}} = f(a,b,X_{11})$.

Для визначення варіантів більш ефективної процедури Б (порівняно з процедурою А) можна побудувати номограми залежності граничного значення параметра $Q_{11\text{ГР}}$ від a, b та X_{11}.

Залежність $Q_{11\text{ГР}} = f(a)$ за фіксованих інших параметрів показано на рис. 2.

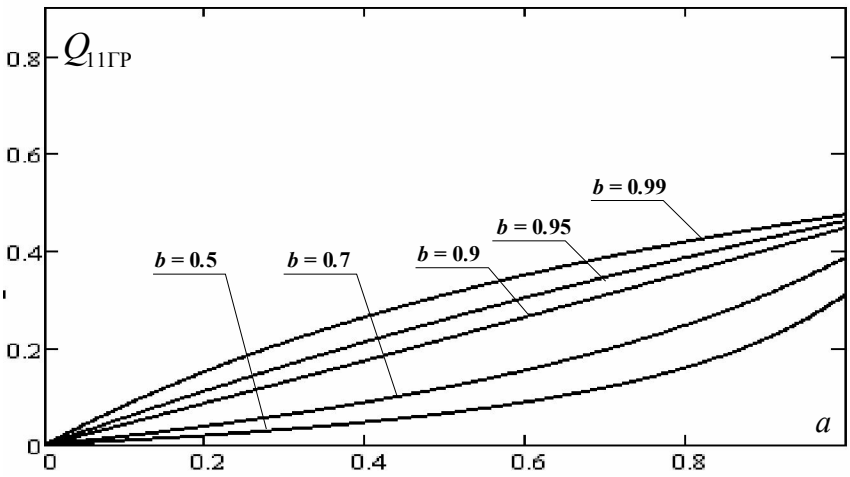


Рис. 2. Номограма залежності $Q_{11\text{ГР}} = f(a)$

Номограму залежності $Q_{11\text{ГР}} = f(b)$ за фіксованих параметрів кваліфікації першого експерта та параметра взаємозв'язку між кваліфікаціями першого і другого експертів показано на рис. 3.

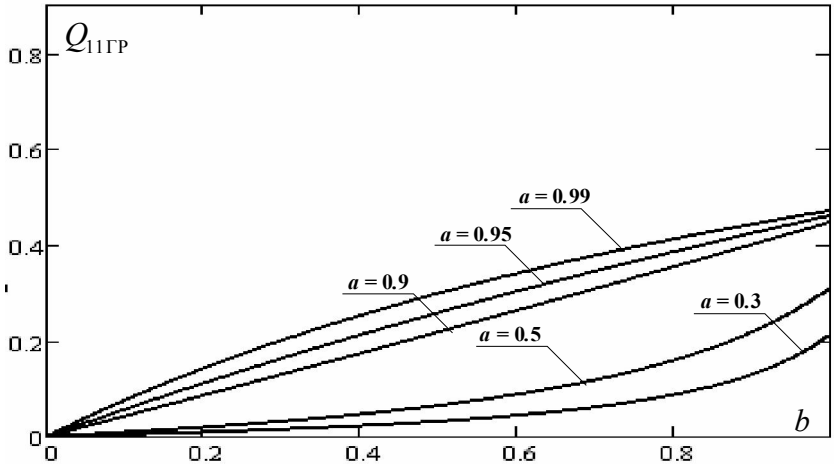


Рис. 3. Номограма залежності $Q_{11\text{ГР}} = f(b)$

Найбільш цікавими виявляються номограми залежності $Q_{11\text{ГР}} = f(X_{11})$ (рис. 4). У цьому випадку існує оптимальне значення параметра $Q_{11\text{ГР ОПТ}}$, яке прямує в бік збільшення у разі збільшення параметрів a та b.

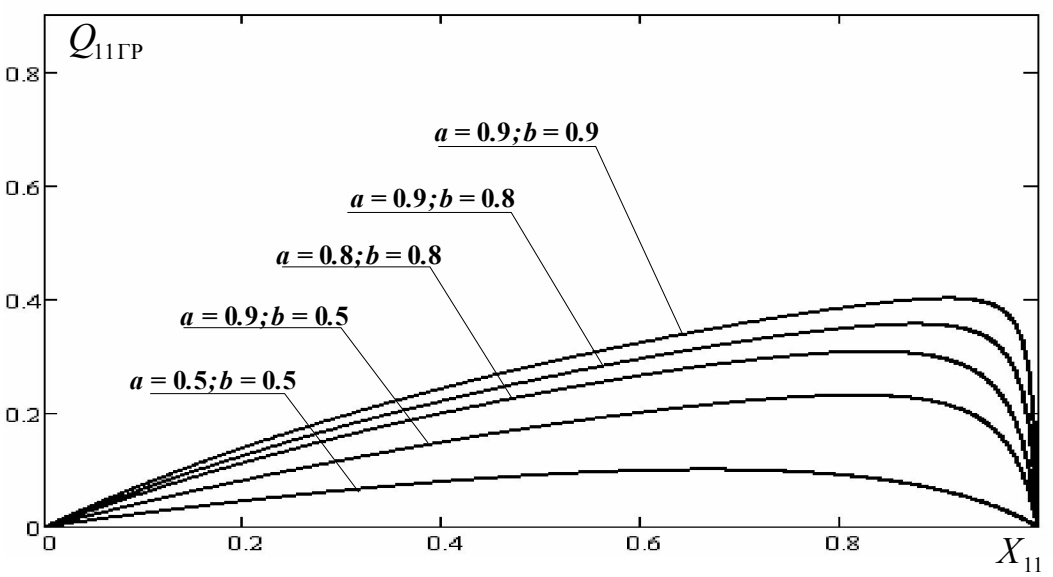


Рис. 4. Номограма залежності $Q_{11ГР} = f(b)$

Висновки. Отримані результати можуть бути використані для створення методичного забезпечення, розроблення систем експлуатації авіаційної техніки, створення методичного забезпечення для органів державного регулювання, які проводять роботу з розроблення та модернізації нормативної документації.

Список літератури

1. *Соломенцев О. В., Хмелько Ю. М., Жаров І. К., Німич В. В.* Основи теорії надійності, експлуатації та ремонту радіоелектронної апаратури: Конспект лекцій. – К.: НАУ, 2007. – 108 с.
2. *Мелкумян В. Г.* Технологічні системи обслуговуючого типу. Елементи теорії проектування і прикладні задачі експлуатації. – К.: НАУ, 2003. – 171 с.
3. *Мелкумян В. Г., Семенов А. А.* Основи теорії надійності: Навчальний посібник. – К.: КМУЦА, 1998. – 84 с.
4. *Заліський М. Ю., Соломенцев О. В., Німич В. В, Яшанов І. М.* Урахування похибок діагностування під час аналізу технологічних операцій // Електроніка та системи управління. – 2007. – №3(13). – С. 134 – 140.
5. *Соломенцев О. В., Литвин А. М.* Визначення ефективності процедур експертного оцінювання при створенні нормативних документів цивільної авіації // Вісник НАУ. – 2001. – № 4. – С. 16 – 20.

М. Ю. Залисский, И. М. Яшанов

Эффективность процедур экспертного оценивания

Приведены аналитические соотношения для расчета численных значений показателей эффективности нескольких процедур экспертного оценивания соответствия нормативных документов условиям выполнения технологических процессов

M. J. Zalisky, I. M. Yashanov

Efficiency of procedures of expert evaluation

Analytical correlations are Resulted for the calculation of numeral values of indexes of efficiency of a few procedures of expert evaluation of accordance of normative documents the terms of implementation of technological processes.