

Грищенко Ю.В., Янкова С.О. Аналітика існуючих показників та критеріїв технічної експлуатації на етапі узагальнення. // Електроніка та системи управління.- К.: НАУ, 2006 .- №3(9), с 81-87.

УДК 629.735.017.1.083(045)

Ю.В. Грищенко, к.т.н. НАУ,  
С.О. Янкова, студентка ФЕЛ НАУ

## АНАЛІТИКА ІСНУЮЧИХ ПОКАЗНИКІВ ТА КРИТЕРІЇВ ТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ НА ЕТАПІ УЗАГАЛЬНЕННЯ

### Анотація

*У даній статті проводиться узагальнюючий аналіз показників та критеріїв технічної експлуатації, які застосовуються на практиці. На основі проведеного аналізу робляться висновки щодо основних проблем дослідження полікомпонентних імовірнісних мір та їх математичного аналізу (визначення області визначення та області застосування). Аналіз вказаних проблем обґрунтовує необхідність застосування нових принципів математичного аналізу для визначення інформативності полікомпонентних імовірнісних мір у практиці технічної експлуатації.*

У наші дні технічна експлуатація повітряних суден, її теорія і практика, вступила в етап впорядкування даних та науково-методологічного узагальнення.

Такий стан теорії і практики технічної експлуатації повітряних суден цілком закономірний. Будь-яка наука має дві стадії розвитку: 1) збору даних; 2) впорядкування та узагальнення даних.

У теорії технічної експлуатації зараз починається другий етап. Його узагальнюючою характеристикою є розгляд експлуатації не як незалежного етапу, а як центрального етапу в життєвому циклі існування промислової продукції; необхідність розвинутої класифікації та уточнення визначень всіх показників та критеріїв технічної експлуатації; узагальнена аналітика системних властивостей (ефективність, надійність, ремонтпридатність, довговічність, вартість та ін.) і використання комбінацій цих властивостей.

Ми на цьому етапі почали поглиблені дослідження показників та критеріїв технічної експлуатації, які використовуються на практиці.

Методологією такого узагальнення є узагальнена теорія статистики, яка приділяє велику увагу таблицям, діаграмам, малюнкам, графікам. Наприклад, ми провели збір даних за 20 років [1, 2, 3], які звели в наступну таблицю:

<b>Таблиця існуючих показників і критеріїв технічної експлуатації авіаційної техніки</b>		
Вид показника	Автор	Рік
<p><u>Ймовірність виконання безпечного ціленаправленого польоту:</u></p> $P(B) = P(B_1)P(B_2/B_1)P(B_3/B_1B_2)P(B_4/B_1B_2B_3),$ <p>где <math>B_1, B_2, B_3, B_4</math> — події, що складаються з виконання задач, що покладаються на енергетичний, навігаційний та пілотажний комплекси та комплекс життєзабезпечення відповідно.</p> <p><u>Ймовірність виконання задачі, що покладається на комплекс:</u></p> $P_K = P(A_1)P(A_2/A_1)P(A_3/A_1A_2),$ <p>де <math>P(A_1)</math> — ймовірність безвідмовної роботи систем</p>	<p>В.Г. Денисов, В.В. Козарук, А.С. Кураєв, М.І. Пальчих, І.М. Сіндєєв</p>	1979

комплекса у заданому режимі на протязі заданого часу;  $P(A_2/A_1)$  — ймовірність забезпечення заданої точності роботи систем комплексу, що вираховується з припущенням, що їх безвідмовна робота у заданому режимі забезпечується;  $P(A_3/A_1A_2)$  — ймовірність того, що при заданій надійності і точності роботи систем комплексу в підготовленого оператора не виникне дефіцит часу і його психофізіологічний стан дозволить йому виконати поставлену задачу.

Ймовірність безпечної роботи:

$$P(A) = P_0 e^{-\lambda_B S_B t}$$

$\lambda_B$  – інтенсивність відмов блоку В;  $P_0$  – ймовірність безвідмовної роботи комплексу, виключаючи блок В;  $S_B$  – коефіцієнт, що враховує ступінь впливу відмови блоку В на безпеку роботи комплексу.

Ймовірність безвідмовної роботи системи з роздільним резервуванням:

$$P_{разд} = \prod_{j=1}^N P_j$$

$N$  – число елементів системи,  $P_j$  – ймовірність безвідмовної роботи послідовно включеного елемента системи.

Ймовірність безвідмовної роботи системи з загальним резервуванням:

$$P_{общ} = 1 - \prod_{i=1}^{m+1} q_i, \quad q_i = 1 - P_i$$

$m$  – число резервних каналів,  $P_i$  – ймовірність безвідмовної роботи каналу.

Ймовірність рішення загальної пілотажної задачі:

$$P_{п.з.} = P_{б.р.} P_{т.п.} P_{оп}$$

де  $P_{б.р.}$  — ймовірність безвідмовної роботи систем комплексу у заданому режимі на протязі заданого часу;  $P_{т.п.}$  – ймовірність забезпечення заданої точності пілотування літака при заданій надійності ПК;  $P_{оп}$  — ймовірність того, що при заданій надійності й точності роботи систем комплексу у підготовленого пілота не виникне дефіцит часу і його психофізіологічний стан дозволить йому виконати поставлену задачу.

Ймовірність знаходження літака у колі допустимого (заданого) радіусу  $r_0$ :

$$P(R < r_0) = 1 - e^{-\left(\frac{r_0}{r_{н.к.}}\right)^2}$$

де  $r_{н.к.}$  – радіальна середньоквадратична похибка

<p>визначення координат літака.</p> <p><u>Ймовірність попадання нормально розподіленого параметра <math>x</math> на відрізок, обмежений значеннями <math>\alpha</math> і <math>\beta</math>:</u></p> $P(\alpha < X < \beta) = \Phi\left(\frac{\beta - m_x}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{\alpha - m_x}{\sigma}\right),$ <p><math>m_x</math> – математичне очікування; <math>\sigma</math> – середньоквадратичне відхилення.</p>		
<p><u>Ймовірність виходу параметрів за межі допусків:</u></p> $Q = 1 - e^{-\int_0^T \lambda(t) dt} - q_{max},$ <p>де <math>q_{max}</math> – максимально допустима ймовірність; <math>T</math> – міжконтрольний період; <math>\lambda(t)dt</math> – інтенсивність відмов.</p> <p><u>Мінімально допустима ймовірність відмови:</u></p> $q_{min} = 1 - q_{max}$ <p><u>Ймовірність появи <math>k</math> вимог:</u></p> $p_k(t) = \frac{(\lambda \cdot t)^k}{k!} \cdot e^{-\lambda \cdot t},$ <p>де <math>\lambda</math> – інтенсивність надходження вимог.</p> <p><u>Ймовірність відмови в польоті:</u></p> $P(\Delta t) = e^{-\lambda_c(t_1, \Delta t) \cdot \Delta t},$ <p>де <math>\lambda_c(t_1, \Delta t)</math> – середнє значення інтенсивності відмов виробу, <math>t_1</math> – момент часу; <math>\Delta t</math> – малий інтервал наробітку, суміжний з <math>t_1</math>.</p> <p><u>Ймовірність обслуговування вимоги за час <math>t</math>:</u></p> $P_{\hat{a}}(t) = 1 - e^{-\mu \cdot t}$ <p>де <math>\mu</math> – інтенсивність обслуговування.</p> <p><u>Ймовірність появи <math>k</math> подій заміні:</u></p> $p_{km} = \frac{m^k}{k!} \cdot e^{-m},$ <p><u>Ймовірність появи не більше <math>k</math> подій заміні:</u></p> $P(R > n) = \sum_{k=0}^R p_{km},$ <p>де <math>n</math> – дійсне число необхідних заміні.</p>	Воробйовв В.Г.	1990

Ймовірність того, що всі канали обслуговування вільні:

$$P_0 = \left[ \sum_{k=0}^{n-1} \frac{1}{k!} \cdot \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k + \frac{1}{n! \cdot \left(1 - \frac{\lambda}{\mu^n}\right)} \cdot \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \right]^{-1}$$

де  $\lambda$  - інтенсивність надходження одного об'єкта на обслуговування;  $\mu$  - інтенсивність обслуговування вимог одним каналом обслуговування;  $k$  - число вимог, що поступили в систему;  $n$  - число каналів системи.

Ймовірність того, що за час  $t$  буде закінчене обслуговування  $S$  вимог (при  $k \geq n$ ):

$$q_S(t) = \frac{(n \cdot \mu \cdot t)^S}{S!} \cdot e^{-n \cdot \mu \cdot t}$$

Ймовірність зайнятості усіх каналів обслуговування:

$$p(k \geq n) = \frac{1}{n! \cdot \left(1 - \frac{\lambda}{n \cdot \mu}\right)} \cdot \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \cdot P_0$$

Ймовірність того, що оператор буде мати достатньо часу для розв'язання задачі по технічному обслуговуванню авіаційного об'єкта, якщо цей час обмежено:

$$P(\tau < t_p) = \frac{\left(1 - e^{-\frac{1}{Z}}\right)}{\left(1 - Z \cdot e^{-\frac{1}{Z}}\right)}, \quad Z = \frac{\tau}{t_p}$$

де  $\tau$  - потрібний час;  $t_p$  - час, який є у розпорядженні.

Ймовірність помилки вимірювання:

$$P_{i\phi} = P_1 + P_2$$

де  $p_1$  - ймовірність помилки першого роду, коли справне обладнання визнається таким, що відмовило;  $p_2$  - ймовірність помилки другого роду, тобто ймовірність невиявленої відмови.

Ймовірність появи ідентичних помилок  $P_T$  зразу в двох операторів (А та Б):

$$P_T = \sum_{s=1}^N \left[ P_s \cdot \sum_{i=1}^N (P_{si} \cdot P'_{si}) \right]$$

де  $P_s$  - ймовірність забезпечення часу, необхідного для виконання операції  $S$ ;  $P_{si}$  - ймовірність того, що оператор А

Павлов В.В.,  
Скрипиць А.В.

2000

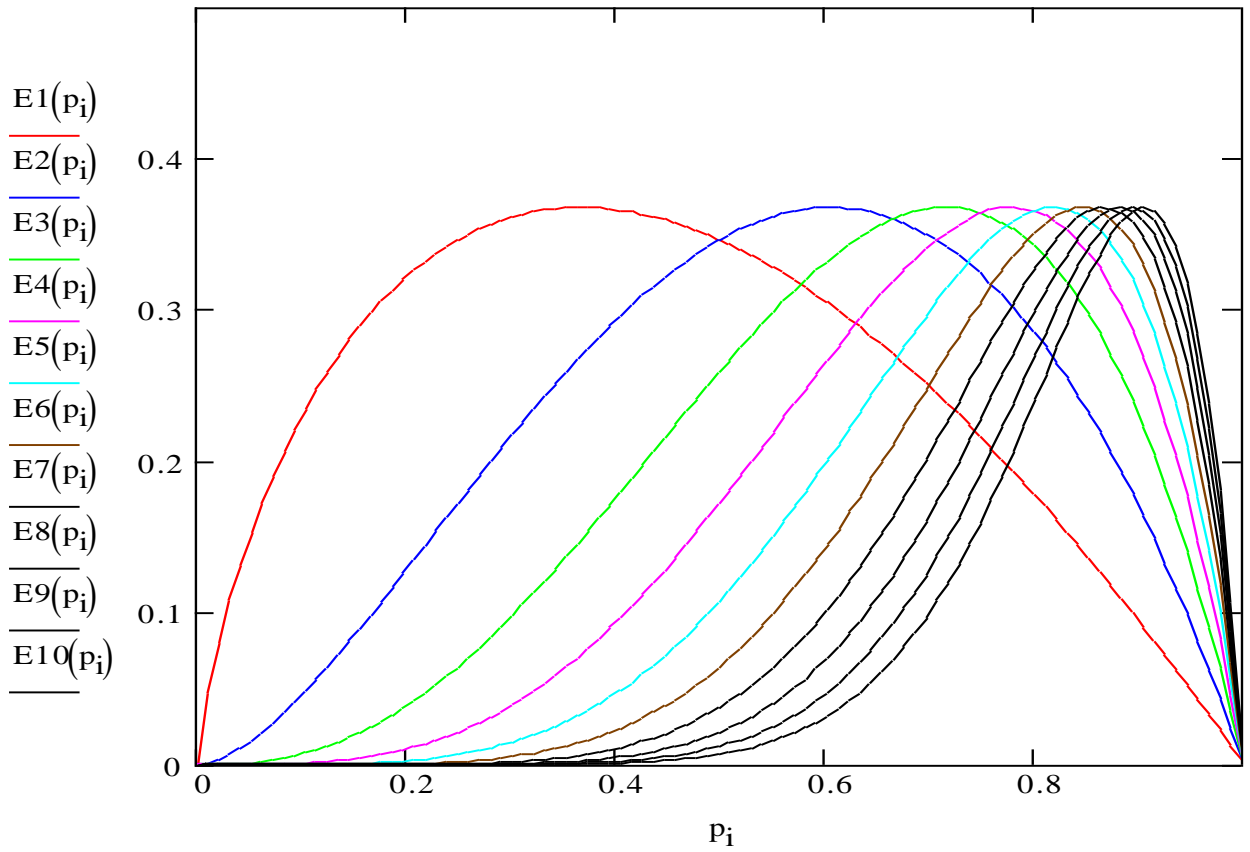
<p>зробить помилку типу і при операції S; <math>P_{si}</math> – те саме для оператора Б.</p> <p><u>Ймовірність безвідмовної роботи системи з показниковим законом розподілення:</u></p> $P_c(t) = e^{-\sum_{i=1}^k \lambda_i \cdot t}$ <p>де k – кількість елементів системи.</p> <p><u>Ймовірність відмови системи з паралельним з'єднанням елементів:</u></p> $Q_c(t) = \prod_{i=1}^k Q_i(t)$		
---	--	--

З отриманої таблиці можна зробити наступні висновки:

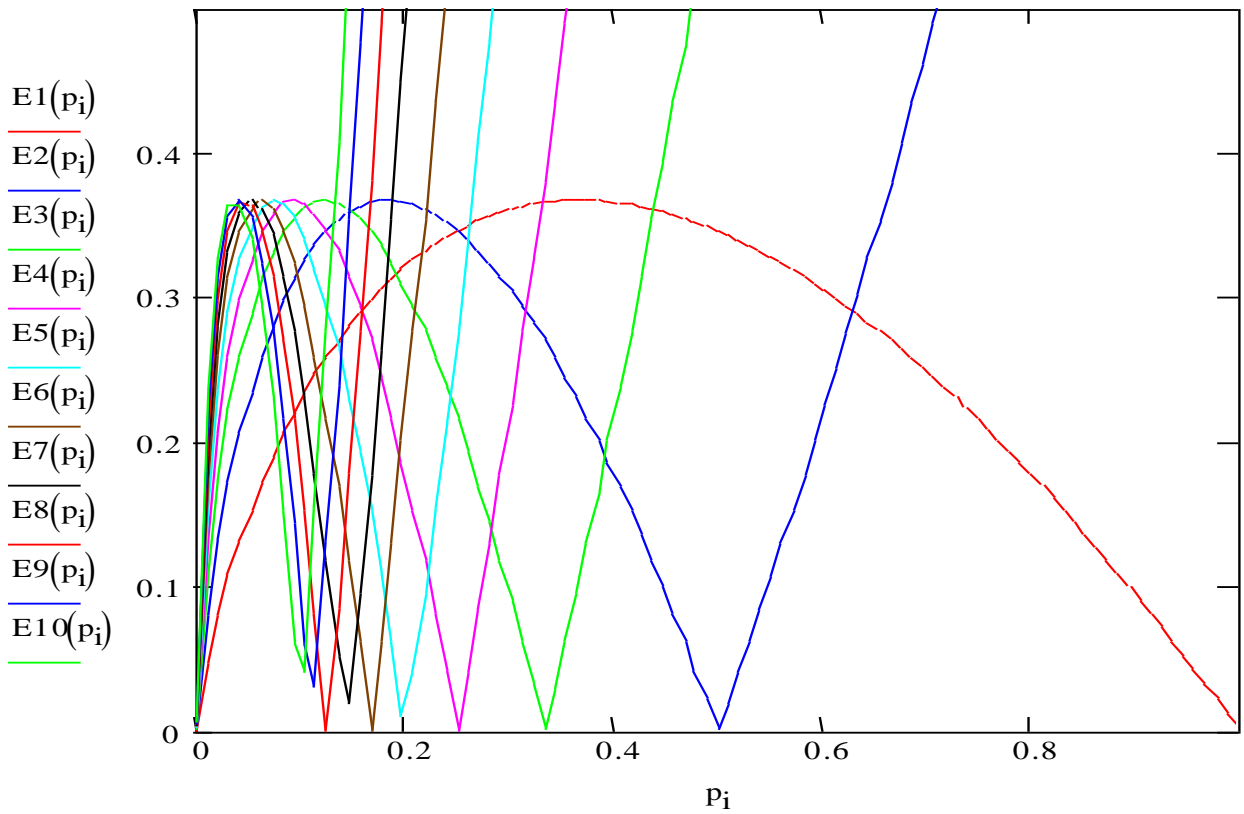
1. Аналіз таблиці існуючих показників та критеріїв технічної експлуатації авіаційної техніки виявив, що у якості показників технічної експлуатації використовуються в основному полікомпонентні ймовірнісні міри, що включають в себе адитивні та мультиплікативні компоненти;
2. Як правило, автори не обмежують ці показники по кількості компонент;
3. Область застосування цих мір не розраховується;
4. Ентропія таких полікомпонентних мір не застосовується для уточнення області практичного застосування;
5. Априорно та аксіоматично припускається, що області існування та області застосування таких полікомпонентних мір рівні та еквівалентні повному ймовірнісному діапазону від 0 до 1;
6. Таким чином інформаційна оцінка застосування складних поліймовірнісних мір не проводиться;
7. Немає класифікації ймовірнісних мір;
8. Немає математичного аналізу полікомпонентних ймовірнісних мір.

Одночасно з вище перерахованим аналіз літератури з технічної експлуатації авіаційної техніки показує, що йде тенденція збільшення кількості полікомпонентних ймовірнісних мір.

Вищенаведені факти свідчать про необхідність застосування для дослідження областей визначення та застосованості полікомпонентних ймовірнісних мір нового математичного аналізу. Прикладом такого аналізу може слугувати програма для побудови графіків сходимості та сингулярності функції ентропії полікомпонентних ймовірнісних мір, зокрема для мультиплікативних і адитивних її складових (мал. 1 і 2):



мал. 1. Графіки сходимості та сингулярності функції ентропії мультиплікативних компонент полікомпонентних ймовірнісних мір



мал.2. Графіки сходимості та сингулярності функції ентропії адитивних компонент полікомпонентних ймовірнісних мір

Для побудови графіків по осі абсцис відкладаємо ймовірності, які входять до складу полікомпонентних ймовірнісних мір  $p_i$  ( $i = 1 \dots 10$ ), а по осі ординат – функцію ентропії полікомпонентних ймовірнісних мір, яка являє собою залежність виду

$$E(p_i) := \prod_{i=1}^n p_i \cdot \ln \left( \prod_{i=1}^n p_i \right) \quad \text{для мультиплікативних та} \quad E(p_i) := \sum_{i=1}^n p_i \cdot \ln \left( \sum_{i=1}^n p_i \right)$$

для адитивних полікомпонентних ймовірнісних мір. Для представлених графіків було вибрано  $n = 1 \dots 10$ .

Побудовані графіки показують, що при збільшенні числа компонент спостерігається «стиснення» кривих вправо та вліво відносно середнього значення на осі абсцис ( $p_i = 0,5$ ) відповідно для мультиплікативних та адитивних ймовірнісних мір. Найбільша щільність кривих у певній частині повного ймовірнісного діапазону ( $0 \div 1$ ) свідчить про те, що області найбільшої інформативності для мультиплікативних та адитивних ймовірнісних мір лежать саме у цих частинах повного ймовірнісного діапазону.

Характер графіків функції ентропії для адитивних складових залежить від масштабу. Вибір масштабу для такої функції є доволі складною задачею.

Вивчення графіків є ефективним методом для дослідження математичних областей складних полікомпонентних мір (таких як області існування, області застосування, області зміни, області збіжності та ін.).

Список літератури:

1. Эксплуатация авиационного оборудования и безопасность полетов: Учебное пособие для вузов гражданской авиации. - М., «Транспорт», 1979. 240с. Авт.: В.Г. Денисов, В.В. Козарук, А.С. Кураев, М.И. Пальчих, И.М. Синдеев;
2. Воробьев В.Г. Техническая эксплуатация авиационного оборудования: Учебник для вузов гражданской авиации. – М., 1990;
3. Павлов В.В., Скрипец А.В. Эргономические вопросы создания и эксплуатации авиационных электрифицированных и пилотажно-навигационных комплексов воздушных судов: Учебное пособие. – К.: КМУГА, 2000. – 460 с.;
4. О.В. Мантуров, Ю.К. Солнцев, Ю.И. Соркин, Н.Г. Федин. Толковый словарь математических терминов. – «Просвещение» М.: - 1965г., 541 с.

Ю.В. Грищенко, С.А. Янкова

## **АНАЛИТИКА СУЩЕСТВУЮЩИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

### Аннотация

В данной статье проводится обобщающий анализ показателей и критериев технической эксплуатации, которые применяются на практике. На основе проведенного анализа делаются выводы об основных проблемах исследования поликомпонентных вероятностных мер и их математического анализа (определения области определения и области использования). Анализ указанных проблем обосновывает необходимость применения новых принципов математического анализа для определения информативности поликомпонентных вероятностных мер в практике технической эксплуатации.