

УДК 621.34

А.І. Ругаль<sup>1</sup>, В.А. Жилін<sup>2</sup><sup>1</sup>Державне підприємство «Науково-дослідний і технологічний інститут приладобудування», Харків<sup>2</sup>Українська інженерно-педагогічна академія, Харків

## АВТОМАТИЗАЦІЯ РЕМОНТУ БАТАРЕЙ СКЛАДЕНОЇ КОНСТРУКЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ СИМВОЛЬНОЇ МАТЕМАТИКИ

На підставі аналізу сучасних автоматизованих підходів до ремонту авіаційних акумуляторних батарей (АБ) складеної конструкції пропонується математична модель і відповідне алгоритмічне забезпечення в синтаксисі комп'ютерної системи символічної математики *MatLAB* задля удосконалення автоматизації аварійно-безпечного комплектування АБ акумуляторами, що перебували в експлуатації.

**Ключові слова:** акумуляторні батареї складеної конструкції, акумулятори ремонтної комплектації, алгоритмічне забезпечення ремонту авіаційних акумуляторних батарей з використанням систем комп'ютерної алгебри.

### Вступ

Одним з найбільш складних і відповідальних етапів ремонту батарей складеної конструкції є етап вибору акумуляторів ремонтної комплектації, методи якого безперервно вдосконалюються [1, 2]. Сучасний вибір існуючих технічних засобів автоматизації ремонту АБ потребує необхідного, не громіздкого та обґрунтованого, алгоритмічного забезпечення методик, що пропонуються [3].

В даній роботі представлено результати рішення задачі, що полягає у математичному описі методики вибору акумуляторів ремонтної комплектації авіаційних нікель-кадмієвих акумуляторних батарей [2]. Основною вимогою до результатів є достатність запропонованого опису методики для розробки відповідного програмного забезпечення, що має забезпечити автоматизацію ремонту АБ.

### Основний матеріал

На етап комплектації авіаційних АБ поступає партія акумуляторів, властивості якої пропонується описати низкою формальних характеристик (табл. 1) [1, 2, 4].

З аналізу аналітичних співвідношень (див. табл. 1) витікає:

- при  $m = 1$  характеристики варіантів комплектації і вибірок однакові;
- для довільної партії з  $N$  акумуляторів кожному варіанту комплектації відповідає єдиний набір акумуляторів.

Визначення допустимих варіантів комплектації пропонується виконувати з використанням середніх значень ємностей акумуляторів та оцінки їх середньоквадратичного відхилення, які розраховуються для можливих варіантів комплектації. Для цього за варіаційним рядом ємностей акумуляторів рекомен-

дується виконати послідовний перебір вибірок, під час якого необхідно  $k_v$  разів перевірити виконання такої умови [3, 4]:

$$-1,72u_{ач_v} + q_{ср_{з_v}} \geq 21(A \cdot \text{год.}). \quad (1)$$

Вибірки, які відповідають умові (1) з ймовірністю 0,95 забезпечують отримання працездатної батареї, отже є допустимими. Вибірки, які не відповідають умові (1) у подальшому не використовуються.

Послідовний перебір варіантів комплектації за обраним критерієм (табл. 2) визначає номер варіанту, якому однозначно відповідає набір акумуляторів. Вибір критерію комплектації залежить від таких задач експлуатанта, які вважаються ним першочерговими [2].

Обмеження на використання методики, що пропонується, походять з емпіричного характеру її походження і накладаються як на значення так і на способи отримання характеристик (табл. 1) [1, 2, 4].

Відповідно математичній моделі фізичних властивостей акумуляторів для ремонтної комплектації авіаційних АБ (табл. 1), для сучасних інтерпретаторів системи символічної математики *MatLAB* розроблено обчислювальний сценарій для перевірки придатності партії акумуляторів, що поступає на етап ремонтної комплектації АБ. Нижче наведено приклад обчислювального сценарію *MatLAB* із необхідними коментарями, що завдяки специфічному синтаксису розміщуються безпосередньо в ньому таким чином, щоб не заважати процесу обчислення та полегшувати роботу оператора-ремонтника АБ:

```
>> ' Кількість акумуляторів у батареї '; nn = 20;
>> ' Кількість батарей, що їх потрібно скомплектувати '; m = 2;
>> ' Кількість акумуляторів, що складають ремонтний запас '; z = 10;
>> ' Кількість акумуляторів у партії ';
n = m.*nn + z;
```

Таблиця 1

Математична модель властивостей акумуляторів для ремонтної комплектації авіаційних АБ

Властивості партії акумуляторів, що поступає на етап ремонтної комплектації	Аналітичні характеристики
Кількість акумуляторів у партії	$N = mn + z$
Кількість акумуляторів у батареї	$n$
Кількість батарей, що їх потрібно скомплектувати	$m$
Кількість акумуляторів, що складають ремонтний запас	$z$
Кількість варіантів комплектації	$k_{BK} = z + 1$
Кількість вибірок	$k_B = (m - 1)n + z + 1$
Номер варіанту комплектації	$\chi_{BK} \in \{1, \dots, k_{BK}\}$
Номер вибірки	$\chi_B \in \{1, \dots, k_B\}$
Номер акумулятора у партії	$\lambda = j + \chi_{BK} - 1, j \in \{1, \dots, mn\}$
Ємність акумулятора	$q_\lambda$
Середня ємність акумуляторів $\chi$ -ї вибірки	$q_{\text{ср}\chi_B} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n q_{i+\chi_B-1}$
Оцінка середнього квадратичного відхилення ємності акумуляторів $\chi$ -ї вибірки	$y_{a\chi_B} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (q_{i+\chi_B-1} - q_{\text{ср}\chi_B})^2}$
Середня ємність акумуляторів $\chi$ -го варіанту комплектації	$q_{\text{ср}\chi_{BK}} = \frac{1}{nm} \sum_{i=1}^{nm} q_{i+\chi_{BK}-1}$
Оцінка середнього квадратичного відхилення ємності акумуляторів $\chi$ -го варіанту комплектації	$y_{a\chi_{BK}} = \sqrt{\frac{1}{nm-1} \sum_{i=1}^{nm} (q_{i+\chi_{BK}-1} - q_{\text{ср}\chi_{BK}})^2}$

Таблиця 2

Критерії ремонтної комплектації авіаційних АБ у відповідності експлуатаційним задачам

Експлуатаційні задачі	Критерії ремонтної комплектації
Комплектація однієї батареї з мінімальною розбіжністю ємності акумуляторів	$\min F_y = \min \{y_{a1}, \dots, y_{a\chi_B}\}$
Комплектація однієї батареї з максимальною ємністю	$\max F_M = \max \{M[Q_{\sigma 1}], \dots, M[Q_{\sigma \chi_B}]\},$ де $M[Q_{\sigma \chi_B}] = -0,86 y_{a\chi_B} + q_{\text{ср}\chi_B}$
Комплектація бортового комплекту батарей з мінімальною розбіжністю ємності між батареями	$\min F_D = \min \{D_{y_{a1}}, \dots, D_{y_{a\chi_{BK}}}\},$ де $D_{\sigma_a \chi_{BK}} =  y_{a(k_B+1-\chi_{BK})} - y_{a(k_{BK}+1-\chi_{BK})} $
Комплектація максимальної кількості батарей	$\min F_{y\Sigma} = \min \{y_{a1}, \dots, y_{a\chi_{BK}}\}$

- >> ' Кількість варіантів комплектації ';  
 $k_{vk} = z + 1;$
- >> ' Кількість вибірок ';  $k_v = (m - 1) \cdot n + z + 1;$
- >> ' Номер варіанту комплектації ';  
 $h_{ivk} = 1:k_{vk};$
- >> ' Номер вибірки ';  $h_{iv} = 1:k_v;$
- >> ' Вектор ємностей акумуляторів у партії, дані вводяться за результатами ';
- >> ' безпосереднього визначення на зарядно-

- акумуляторній станції (в А·год.) ';
- >> ' (в даному випадку кількість акумуляторів у партії складає 50 шт.):'
- $q = [2,37e + 001, 2,00e + 001, 2,53e + 001,$   
 $2,58e + 001, 2,15e + 001, 2,85e + 001, 2,85e + 001,$   
 $2,48e + 001, 2,59e + 001, 2,55e + 001, 2,44e + 001,$   
 $2,71e + 001, 2,32e + 001, 3,15e + 001, 2,45e + 001,$   
 $2,53e + 001, 2,82e + 001, 2,51e + 001, 2,47e + 001,$   
 $2,25e + 001, 2,58e + 001, 2,09e + 001, 2,71e + 001,$

2,98e + 001, 2,29e + 001, 2,75e + 001, 2,87e + 001, 2,02e + 001, 2,06e + 001, 2,67e + 001, 2,38e + 001, 2,70e + 001, 2,74e + 001, 2,71e + 001, 2,88e + 001, 2,70e + 001, 2,85e + 001, 2,13e + 001, 2,49e + 001, 2,45e + 001, 2,01e + 001, 2,57e + 001, 2,18e + 001, 2,92e + 001, 2,25e + 001, 2,65e + 001, 2,56e + 001, 2,22e + 001, 1,84e + 001, 2,48e + 001];

>> ' Вектор ємностей акумуляторів певної вибірки (в даному прикладі з 20-ти шт.);

>> qhiv = q(1:20);

>> qhiv = rot90(qhiv)

qhiv =

Columns 1 through 3

2,37e + 001 2,00e + 001 2,53e + 001

Columns 4 through 6

2,58e + 001 2,15e + 001 2,85e + 001

Columns 7 through 9

2,85e + 001 2,48e + 001 2,59e + 001

Columns 10 through 12

2,55e + 001 2,44e + 001 2,71e + 001

Columns 13 through 15

2,32e + 001 3,15e + 001 2,45e + 001

Columns 16 through 18

2,53e + 001 2,82e + 001 2,51e + 001

Columns 19 through 20

2,47e + 001 2,25e + 001

>> ' Середня ємність акумуляторів hi -ї вибірки ';

>> q\_sr\_hiv = sum(qhiv)./nn q\_sr\_hiv = 2,53e + 001;

>> ' Оцінка середнього квадратичного відхилення ємності акумуляторів hi-ї вибірки ';

>> SKO\_a\_hiv = sqrt((sum(qhiv - q\_sr\_hiv).^2)./(nn - 1)) SKO\_a\_hiv = 8,15e - 016;

>> ' Визначення припустимості використання обраного варіанту комплектації акумуляторної батареї ';

>> -1,72.\*SKO\_a\_hiv + q\_sr\_hiv >= 21 ans = 1

>> ' Отже, у даному випадку (результат "TRUE") вибірка акумуляторів допустима для комплектації авіаційної акумуляторної батареї ';

>> ' У випадку ans = 0 (результат "FALSE") об-

рана комплектація акумуляторів неприпустима щодо застосування на борту літального апарату і в подальшому не використовується '.

## Висновки

Таким чином, в даній роботі запропоновані математична модель та її алгоритмічна реалізація для комп'ютерної системи символічної математики MatLAB, що забезпечують визначення придатності або непридатності певної вибірки акумуляторів для ремонтної комплектації авіаційних акумуляторних батарей. Розроблений алгоритмічний продукт здатен забезпечити автоматизацію ремонту акумуляторних батарей складеної конструкції з використанням типового персонального комп'ютера на базі архітектури класом не вище за Pentium-II.

## Список літератури

1. Маренич С.Ю. Вплив параметрів нікель-кадмієвих акумуляторів на ємність акумуляторних батарей / С.Ю. Маренич, А.І. Ругаль // Зб. наук. пр. Харківського університету Повітряних Сил. – Х., 2006. – Вип. 2 (8). – С. 58-60.

2. Ругаль А.І. Теоретичні основи ремонту авіаційних нікель-кадмієвих батарей / А.І. Ругаль // Системи озброєння і військова техніка. – Х.: XV ПС, 2006. – № 2 (6). – С. 67-70.

3. Суханов О.Ю. Ефективність експлуатації авіаційних акумуляторних батарей. / О.Ю. Суханов, А.І. Ругаль // Вестник НТУ "ХПИ". Сб. науч. тр. Тематический выпуск "Автомобиле-и тракторостроение". – Х., 2004. – № 2. – С. 59-65.

4. Ругаль А.І. Імітаційна модель авіаційних нікель-кадмієвих батарей / А.І. Ругаль, С.Ю. Маренич // Системи обробки інформації: зб. наук. пр. – Х.: XV ПС, 2006. – Вип. 5 (54). – С. 100-104.

Надійшла до редколегії 12.11.2008

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. С.В. Козелков, Центральний науково-дослідний інститут навігації та управління, Київ.

## АВТОМАТИЗАЦИЯ РЕМОНТА БАТАРЕЙ СОСТАВНОЙ КОНСТРУКЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ СИМВОЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ

А.И. Ругаль, В.А. Жилин

На основе анализа современных автоматизированных подходов к ремонту авиационных аккумуляторных батарей (АБ) составной конструкции предлагается математическая модель и соответствующее алгоритмическое обеспечение в синтаксисе компьютерной системы символьной математики MatLAB для усовершенствования автоматизации аварийно безопасного комплектования АБ аккумуляторами, которые находились в эксплуатации.

**Ключевые слова:** аккумуляторные батареи составной конструкции, аккумуляторы ремонтной комплектации, алгоритмическое обеспечение ремонта авиационных аккумуляторных батарей с использованием систем компьютерной алгебры.

## AUTOMATION OF REPAIR OF BATTERIES OF COMPONENT CONSTRUCTION WITH THE USE OF THE COMPUTER SYSTEMS OF CHARACTER MATHEMATICS

A.I. Rugal', V.A. Zhilin

On the basis of analysis of the modern automated approaches to repair of aviation batteries (AB) of storages of component construction a mathematical model and proper algorithmic providing is offered in the syntax of the computer system of character mathematics of MatLAB for the improvement of automation under abnormal condition of the safe completing of AB accumulators which were in exploitation.

**Keywords:** batteries of storages of component construction, accumulators of repair acquisition, algorithmic providing of repair of aviation batteries of storages with the use of the systems of computer algebra.