

УДК 623.004.67

В.Б. Кононов

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

ОБҐРУНТОВАННЯ МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ СКЛАДУ ТА КІЛЬКОСТІ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ВІЙСЬКОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ОБМІННОГО ФОНДУ

В статті сформульована задача визначення оптимального складу обмінного фонду засобів вимірювальної техніки військового призначення та запропоновані етапи її вирішення, в межах яких обґрунтовані методики розрахунків складу та кількості засобів вимірювальної техніки військового призначення обмінного фонду.

Ключові слова: оптимальний склад, засоби вимірювальної техніки військового призначення.

Вступ

Постановка задачі. Питання створення обмінних фондів (ОФ) засобів вимірювальної техніки військового призначення (ЗВТВП), визначення їх номенклатури та обсягів спрямовані на забезпечення і досягнення єдності вимірювань та достовірності контролю параметрів об'єктів вимірювання військового призначення у Збройних Силах та інших військових формуваннях України. Досвід експлуатації ЗВТВП показує, що при періодичній повірці бракується від 10 до 30% зразків озброєння та військової техніки (ОВТ), а за термін служби приладу спостерігається в середньому одна-три відмови. В зв'язку з необхідністю ремонту і регулювання ЗВТВП стає особливо актуальною задача забезпечення готовності ОВТ в період, коли ЗВТВП знаходяться в ремонті та повірці. Тому питання, які пов'язані з розробкою та обґрунтуванням методик розрахунку складу та кількості ЗВТВП ОФ, відносяться до важливих науково-технічних задач, актуальність яких підтверджується необхідністю підтримання озброєння та військової техніки (ОВТ) військ (сил) у боездатному стані при обмеженому фінансуванні потреб Збройних Сил України.

Аналіз літератури. У відомій літературі [1 – 5] розглядаються питання метрологічного забезпечення у сфері оборони. Так в роботі [1] запропонована концепція розвитку системи метрологічного забезпечення у сфері оборони на період до 2015 року та на перспективу до 2025 року. В роботі [2] розглядаються особливості метрологічної діяльності у сфері оборони. В роботі [3] надана оцінка стану метрологічного забезпечення у Збройних Силах України та визначені заходи щодо його покращення. В роботі [4] розглядаються питання організації та порядку експлуатації вимірювальної техніки у ЗС України. В роботі [5] викладені основні питання організації метрологічного забезпечення військ (сил) у мирний час. Але в цих роботах не розглядаються питання, які пов'язані з розробкою методик розрахунку складу та кількості ЗВТВП ОФ.

Метою статті є обґрунтування методик розрахунку складу та кількості ЗВТВП ОФ.

Основний матеріал

Під ОФ розуміються спеціально створені запаси ЗВТВП, які призначені для обміну приладів, що входять до складу об'єктів вимірювань, на період проведення калібрувальних чи ремонтних робіт, якщо тривалість їх вилучення з місць експлуатації перевищує припустимі терміни [5]. Кількість ЗВТВП ОФ, як правило, визначається в межах 5% - 15% від кількості ЗВТВП кожного типу, що перебувають в експлуатації [5]. Накопичення, зберігання та використання ОФ ЗВТВП покладається, як правило, на військово-метрологічної лабораторії (ВМЛ) [5].

Питання, які пов'язані з постачанням ЗВТВП для створення та поповнення ОФ, зберіганням ЗВТВП ОФ що списується, обліком ЗВТВП ОФ, калібруванням ЗВТВП, видачею ЗВТВП вирішується згідно з порядком, який зазначено у розділах 2, 3, 5 "Керівництва з обліку озброєння, техніки, майна та інших матеріальних засобів у Збройних Силах" (Керівництва) [4]. При не забезпеченні необхідної оперативності відновлення використовують ОФ ЗВТВП.

Задачу визначення оптимального складу ОФ ЗВТВП сформулюємо таким чином. Є парк ЗВТВП, відома структура парку, характеристики ЗВТВП, що входить до нього і вимоги метасистеми. Необхідно знайти оптимальний склад засобів ЗВТВП ОФ – Q^0 , що забезпечує максимальне значення показника ефективності системи $W_{\text{МОБ}}^{\text{ОФ}}$.

Перш за все необхідно створити банк даних про вимірювані та контрольовані параметри (ВКП) ОВТ і штатних ЗВТВП, що знаходяться на місцях експлуатації (1 етап вирішення задачі). Для цього необхідно мати базу даних (БД), що містить інформацію про застосування ЗВТВП, тобто відомість про те, які ВКП підлягають вимірюванню і контролю, в яких діапазонах і з якою допустимою похибкою. Вказуються ЗВТВП для можливої заміни. Далі потрібно вирішити задачу вибору засобів ЗВТВП, допущених до застосування в військах для вимірювання відповідних ВКП ОВТ, з метою визначення таких груп ЗВТВП, в яких можливо виробити здійснити заміну

одного типу ЗВТВП на інший (другий етап вирішення задачі). В кожній групі ЗВТВП слід вирішувати оптимізаційну задачу виявлення такого типу ЗВТВП, якій найбільш повно підходить би до прийнятого критерію оптимальності. В якості критерію оптимізації при цьому доцільно вибрати мінімальну питому вартість контролю ВКП. Нарешті з застосуванням засобів теорії масового обслуговування для кожної підгрупи ЗВТВП можливо визначити кількість ЗВТВП ОФ (третій етап вирішення задачі).

Розглянемо більш детально кожний з етапів:

1 етап. При формуванні банку даних про ВКП ОВТ, підрозділи, що експлуатують ЗВТВП, повинні представити в МВЛ дані про те, в яких цілях застосовується ЗВТВП (джерелами інформації можуть служити переліки контрольованих параметрів системи озброєння, комплекти технічної документації на об'єкти ОВТ). При цьому слід вказати:

- рід фізичної величини, що вимірюється (склад ВКП);
- діапазони вимірювань ВКП;
- значення допусків на відхилення контрольованих параметрів і допустимі значення похибки вимірювань параметрів;
- допустимі значення умовних імовірностей хибної і невиявленої відмов для кожного контрольованого параметру і значень довірчих імовірностей для параметрів, що вимірюються.

Поряд з цим, необхідно вказувати вказуються допустиму тривалість вимірювань, можливі обмеження масогабаритних, вартісних і надійності характеристик ЗВТВП. В банку даних про ВКП цю інформацію слід об'єднати за родом, діапазонами й точністю ВКП ОВТ. Причому, кожна група параметрів повинна відповідати певним значенням класів точності ЗВТВП, діапазонам і т.і. Наприклад: 1-а група – підлягає вимірюванню частота в діапазоні від 1 Гц до 1 кГц з похибкою ± 1.0 Гц; 2-а група - підлягає вимірюванню змінна напруга в діапазоні середніх квадратичних значень від 1 В до 300 В з відносною похибкою не більш $\pm 0.5\%$, при температурі від -500С до +500С і т.п.

При введенні вхідних даних в банк даних ЕОМ потрібно визначити приналежність ВКП до своєї групи. В випадку відсутності певної групи ВКП, ЕОМ формує нову групу;

2 етап. Задача вибору ЗВТВП для вимірювань і контролю відповідних параметрів вирішується з метою визначення допустимого набору типів ЗВТВП, кожний з яких можна використати для вимірювань і контролю параметрів своєї групи.

Для визначення допустимих наборів необхідно створити матрицю відповідності $H = [h_{sg}]$ різноманітних типів ЗВТВП групам ВКП розмірністю $N_{ГКП}N_r$, строки якої відповідають різноманітним групам ВКП, а стовпчики типам ЗВТВП, де $N_{ГКП}$ – число груп ВКП, N_r – число типів ЗВТВП. Значення h_{sg} дорівнює:

$$h_{sq} = \begin{cases} 1; \\ 0, \end{cases} \quad (1)$$

– 1 – якщо g -й тип ЗВТВП можливо використувати для вимірювань та контролю характеристик s -ї групи ВКП; – 0 – в протилежному випадку.

Можливі набори ЗВТВП для контролю заданої сукупності параметрів слід визначити шляхом знаходження покрив стовпчиками матриці H . Обчислюючи значення показника ефективності для кожного набору ЗВТВП і порівнюючи їх з вимогами до системи вимірювань в цілому, можна здійснити вибір допустимої сукупності ЗВТВП.

Таким чином, одина з можливих процедур пошуку рішення даної задачі передбачає виконання наступних операцій.

1. Формування матриці відповідності з вказівкою питомої вартості розглядуваних засобів ЗВТВП;
2. Визначення номеру ЗВТВП, що забезпечує мінімальне значення цільовий функції контролю параметрів, і включення його в комплект;
3. Формування модифікованої матриці відповідності шляхом викреслювання стовпчика і строк, в яких $h_{sg} = 1$.

4. Операції п. 2-3 повторюються доти, доки не будуть викреслені всі строки матриці відповідності. Вибрані таким чином засоби ЗВТВП складають оптимальний набір – Q^0 . Число ітерацій визначається кількістю типів ЗВТВП включений в склад ОФ – $N_{ГКП}$;

3 етап. Процес експлуатації ЗВТВП будемо уявляти у вигляді двох фаз: використання по призначенню й обслуговування, пов'язане з використанням ОФ при повірці та ремонті ЗВТВП.

При цьому при переході ЗВТВП з однієї фази в іншу виникає потреба в настанові ЗВТВП ОФ взамін штатного.

Математично цей процес може бути формалізованим в вигляді багатоканальної системи масового обслуговування з відмовами, на вхід якої надходить потік ЗВТВП, що вимагають обслуговування.

Для таких систем важливу роль має визначення закону розподілу потоку, якій входить. Встановлено [5], що органи технічного забезпечення ОВТ, до яких можна віднести і МВЛ можуть бути описані системою масового обслуговування з пуасонівським вхідним потоком.

Аналіз виробничої діяльності МВЛ показав, що типовим для реальних систем масового обслуговування є надходження ЗВТВП випадковим чином по одному зразку кожного типу. При цьому потік, що входить характеризується одним параметром - інтенсивністю надходження – $\lambda_{вх}$ (середнім числом ЗВТВП даного типу, що надходить в МВЛ за день, шт./день). На повірку надходить потік ЗВТВП з інтенсивністю

$$\lambda_{п} = (1 + \alpha_{\sigma}) \lambda_{вх}, \quad (2)$$

де α_{σ} – середня доля забракування ЗВТВП при повірці. В цьому виразі $(1 + \alpha_{\sigma})$ враховує повторну

повідки забракованої ЗВТВП. В ремонт надходять ЗВТВП з інтенсивністю $\alpha_0 \lambda_{вх}$.

В загальному випадку, при необмеженому ОФ ($N_{ОФ} \rightarrow \infty$), кожен ЗВТВП, що надходить в систему буде обслугований за час, рівний часу заміни τ_3 засобу ЗВТВП на справний зі складу ОФ.

За відсутності ОФ ($N_{ОФ} = \infty$) ЗВТВП буде обслугований за час $\tau_{об}$

$$\tau_{об} = \tau_{\Pi} + \alpha_0 \tau_{в}, \quad (3)$$

де τ_{Π} – час повірки ЗВТВП, включаючи час очікування; $\tau_{в}$ – час відновлення ЗВТВП, включаючи час обов'язкової повірки після ремонту і час очікування обслуговування.

При обмеженій кількості ЗВТВП в ОФ ($0 < N_{ОФ} < \infty$) засоби ЗВТВП будуть обслуговані за час $\tau_{ОФ}$

$$\tau_{ОФ} = \tau_{об} P_{ОТК} + (1 - P_{ОТК}) \tau_3, \quad (4)$$

або при $\tau_3 \approx 0$

$$\tau_{ОФ} = \tau_{об} P_{ОТК}, \quad (5)$$

де $P_{ОТК}$ – імовірність відсутності необхідних ЗВТВП в ОФ в момент надходження заявки на обслуговування.

Величина $P_{ОТК}$ може бути визначена по формулі

$$P_{ОТК} = P^{N_{ОФ}} / \left(N_{ОФ}! \sum_{k=0}^{N_{ОФ}} P^{\frac{k}{k!}} \right), \quad k = \overline{1, N_{ОФ}}, \quad (6)$$

де $P = \lambda_{вх} \tau_{об}$ – наведена щільність потоку, тобто середнє число засобів ЗВТВП, що вимагають повірки, які приходяться на середній час обслуговування ЗВТВП в МВЛ;

Необхідність створення ОФ може бути визначена з урахуванням обмежень, що накладаються на час обслуговування ($\tau_{доп}$):

$$\tau_{\Pi} + \alpha_0 \tau_{в} \geq \tau_{доп}. \quad (7)$$

При цьому можливі наступні методики розрахунку складу та кількості ЗВТВП ОФ:

1 методика. Обмінний фонд засобів вимірювань не створюється. Така стратегія може бути прийнята при виконанні умови

$$\tau_{\Pi} + \alpha_0 \tau_{в} < \tau_{доп}. \quad (8)$$

2 методика. Обмінний фонд засобів вимірювань створюється з метою підміни потребуючих періодичної повірки засобів ЗВТВП. При такій стратегії, взамін засобу ЗВТВП, що надійшов на повірку видається ЗВТВП зі складу ОФ, а після повірки, незалежно від результатів, вертається в ОФ. В цьому випадку

$$\tau_{\Pi} > \tau_{доп}. \quad (9)$$

З Урахуванням (9) умова вчасного обслуговування ЗВТВП в МВЛ прийме вигляд

$$P_{ОТК} \tau_{\Pi} \leq \tau_{доп}. \quad (10)$$

При використанні ОФ засоби ЗВТВП обслуговуються в МВЛ з інтенсивністю

$$\mu_{об} = \frac{1}{P_{ОТК} \tau_{\Pi}} = \frac{1}{\tau_{ОФ}}. \quad (11)$$

При цьому поповнення ОФ здійснюється з інтенсивністю

$$\mu_{пп} = \frac{1}{\tau_{\Pi}} = \frac{1}{\tau_{об}}. \quad (12)$$

Необхідна кількість ЗВТВП в ОФ для даної стратегії його використання може бути визначена з урахуванням виразів (10) по формулі (6)

$$P_{доп} = \lambda_{вх} \tau_{\Pi}, \quad (13)$$

де $P_{доп}$ – допустиме значення імовірності відмови при вчасному обслуговуванні (повірка, ремонт) ЗВТВП.

3 методика. Обмінний фонд створюється для заміни засобів ЗВТВП, що відмовили під час експлуатації. При цьому взамін ЗВТВП, що знезацька відмовили, засоби вимірювання видаються з обмінного фонду, а після відновлення повіряються і повертається в ОФ. При цьому

$$\begin{cases} \beta_0 (\tau_{в} + \tau_{\Pi}) > \tau_{доп}, \\ \tau_{\Pi} < \tau_{доп}, \end{cases} \quad (14)$$

де β_0 – середня доля ЗВТ, що відмовили під час експлуатації ЗВТВП. Умова вчасного обслуговування має вигляд

$$P_{ОТК} \beta_0 (\tau_{в} + \tau_{\Pi}) \leq \tau_{доп}. \quad (15)$$

Необхідна кількість ЗВТВП ОФ для стратегії його використання, які розглянуті, може бути визначена з урахуванням виразів (5) і (15),

$$p = \lambda_{вх} \beta_0 (\tau_{в} + \tau_{\Pi}) = \frac{\tau_{ОТК}}{\mu_{в}}; \quad P_{доп} = \frac{\kappa_{и} (\tau_{в} + \tau_{\Pi})}{T_0}; \quad (16)$$

де $\tau_{ОТК}$ – час відмови ЗВТВП; $\mu_{в}$ – інтенсивність відновлення ЗВТВП; $\kappa_{и}$ – коефіцієнт використання ЗВТВП; T_0 – напрацювання на відмову; $P_{доп}$ – допустиме значення ймовірності відмов при своєчасному обслуговуванні ЗВТВП, приймаємо:

$$P_{доп} = \tau_{доп} / (\beta_0 (\tau_{в} + \tau_{\Pi})). \quad (17)$$

4 методика. Обмінний фонд створюється з метою заміни засобів ЗВТВП, забракованих при повірці. При цьому, якщо ЗВТВП під час повірки буде визнаний негідним, те взамін нього видається ЗВТВП з ОФ, а після відновлення ЗВТВП повіряється й повертається в ОФ.

$$\begin{cases} \alpha_0 (\tau_{в} + \tau_{\Pi}) > \tau_{доп}; \\ \tau_{\Pi} < \tau_{доп}. \end{cases} \quad (18)$$

Умова вчасного обслуговування ЗВТВП в МВЛ має вигляд

$$P_{\text{ОТК}} \alpha_v (\tau_v + \tau_{\text{П}}) \leq \tau_{\text{доп}}. \quad (19)$$

Необхідна кількість ЗВТВП ОФ для розглядуваної стратегії його використання визначається з урахуванням виразів (6) і (19). При цьому

$$p = \lambda_{\text{вх}} \alpha_v (\tau_v + \tau_{\text{П}}); \quad (20)$$

$$P_{\text{доп}} = \frac{\tau_{\text{доп}}}{\alpha_v (\tau_v + \tau_{\text{П}})}.$$

5 методика являє собою змішану методику 3-го і 4-го типів. ОФ створюється для заміни ЗВТВП, що надходять на перевірку, що відмовили в процесі експлуатації. Тоді

$$\begin{cases} \tau_{\text{П}} + \beta_0 (\tau_v + \tau_{\text{П}}) > \tau_{\text{доп}}; \\ \tau_{\text{П}} < \tau_{\text{доп}}; \\ \beta_0 (\tau_v + \tau_{\text{П}}) < \tau_{\text{доп}}. \end{cases} \quad (21)$$

Умова вчасного обслуговування ЗВТВП в МВЛ має вигляд

$$P_{\text{отк}}(\tau_{\text{п}} + \beta_0(\tau_{\text{в}} + \tau_{\text{п}})) \leq \tau_{\text{доп}}. \quad (22)$$

6 методика. Являє собою змішану методику 2-го і 3-го типів. Обмінний фонд створюється з метою заміни штатних ЗВТВП, забракованих при перевірці і, що відмовили під час експлуатації. Для неї справедливий співвідношення

$$\begin{cases} (\tau_v + \beta_0)(\tau_v + \tau_{\text{П}}) > \tau_{\text{доп}}; \\ \tau_v (\tau_v + \tau_{\text{П}}) < \tau_{\text{доп}}; \\ \beta_0 (\tau_v + \tau_{\text{П}}) < \tau_{\text{доп}}. \end{cases} \quad (23)$$

Тоді умова вчасного обслуговування ЗВТВП в МВЛ має вигляд

$$P_{\text{ОТК}} (\alpha_v + \beta_0) (\tau_v + \tau_{\text{П}}) \leq \tau_{\text{доп}}. \quad (24)$$

Необхідна кількість ЗВТВП ОФ для розглядуваної стратегії визначається з урахуванням (24) і (5). При цьому

$$p = \lambda_{\text{вх}} (\alpha_v + \beta_0) (\tau_v + \tau_{\text{П}}); \quad (25)$$

$$P_{\text{доп}} = \tau_{\text{доп}} / ((\alpha_v + \beta_0) (\tau_v + \tau_{\text{П}})).$$

ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДИКИ РАСЧЁТА СОСТАВА И КОЛИЧЕСТВА СРЕДСТВ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ ОБМЕННОГО ФОНДА

В.Б. Кононов

В статтє сформулирована задача определения оптимального состава обменного фонда средств измерительной техники военного назначения и предложены этапы её решения, в границах которых обоснованы методики расчёта состава и количества средств обменного фонда измерительной техники военного назначения.

Ключевые слова: оптимальный состав, средства измерительной техники военного назначения.

GROUND OF METHOD OF CALCULATION OF COMPOSITION AND AMOUNT OF FACILITIES MEASURING TECHNIQUE OF MILITARY-ORIENTED OF EXCHANGE FUND

V.B. Kononov

In the article the task of determination of optimum composition of exchange fund of facilities of measuring technique of military destiny is formulated and the stages are offered its decisions which the methods of calculation of composition and amount of facilities of exchange fund of measuring technique of military destiny are grounded within bounds of.

Keywords: optimum composition, facilities of measuring technique of military-oriented.

Для розглянутих стратегій використання ОФ кількість ЗВТВП ОФ може бути визначена методом послідовного перебору, при цьому по наведеним вище формулам розраховуються значення p і $P_{\text{доп}}$ для $N_{\text{ОФ}} = 1, 2, 3 \dots n$. При досягнення умови

$$P_{\text{ОТК}} \leq P_{\text{доп}} \quad (26)$$

значення $N_{\text{ОФ}}$, відповідає вибраному значенню $P_{\text{доп}}$ й визначає необхідну кількість ЗВТВП ОФ.

Висновки

1. Сформульована задача визначення оптимального складу ОФ ЗВТВП та запропоновані етапи її вирішення.

2. Встановлено, що органи технічного забезпечення ОВТ, до яких можна віднести й МВЛ, можуть бути описані системою масового обслуговування з пуасонівським вхідним потоком.

3. Необхідність створення ОФ може бути визначена з урахуванням обмежень, що накладаються на час обслуговування, при цьому визначено 6 стратегій використання ОФ.

4. Запропоновані методики розрахунків складу та кількості ЗВТВП ОФ дозволяють визначити оптимальний склад ОФ та кількості в ньому засобів, які входять до зразка ОВТ.

Список літератури

1. Концепція розвитку системи метрологічного забезпечення у сфері оборони на період до 2015 року та на перспективу до 2025 року. – К.: ЦУМІС, 2009. – 15 с.

2. Постанова Кабінету Міністрів України "Про затвердження положення про особливості метрологічної діяльності у сфері оборони" від 15.03.2006 № 328.

3. Директива начальника Генерального штабу Збройних Сил України "Про стан метрологічного забезпечення у Збройних Силах України та заходи щодо його покращення" від 14.07.2006 № 7

4. Наказ заступника Міністра оборони з озброєння – начальника озброєння ЗС України "Про затвердження Керівництва з організації та порядку експлуатації вимрювальної техніки у ЗС України" від 1.06.2001

5. Кузнецов І.Б., Організація метрологічного забезпечення військ (сил) У 2-х частинах. Ч.1: навч. посібн. / І.Б. Кузнецов, П.М. Ябловський. – К.: НУОУ, 2009. – 356 с.

Надійшла до редколегії 11.06.2011

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.І. Кондрашов, Національний технічний університет «ХПІ», Харків.