

наук.-техн. симпозиуму «Геоінформаційний моніторинг навколишнього середовища – GPS і GIS – технології». – 2000. – С. 9-13.

**Рецензент:** І.С. Тревого, д.т.н., проф., Заслужений працівник освіти України, Академія сухопутних військ, Львів.

## ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КОЭФФИЦИЕНТА ВЕРТИКАЛЬНОЙ РЕФРАКЦИИ В СОВРЕМЕННЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРАХ

И.В. Петлюк, Т.Г. Шевченко, А.И. Петлюк

*Проанализировано влияние вертикальной рефракции на точность геодезических измерений при использовании табличного коэффициента вертикальной рефракции в современных электронных приборах.*

**Ключевые слова:** рефракция, нивелир, табличный коэффициент рефракции, нормальная и аномальная части коэффициента рефракции.

## THE USE OF COEFFICIENT OF VERTICAL REFRACTION IN MODERN ELECTRONIC DEVICES

I. Petliuk, T. Shevchenko, O. Petliuk

*The article analyses influence of vertical refraction on accuracy of survey measurements when using tabular coefficient of vertical refraction in modern electronic devices.*

**Keywords:** refraction, level unit, tabular coefficient of vertical refraction, normal and anomalous part of the refraction coefficient.

УДК 623.486

Б.О. Оліярник<sup>1</sup>, І.В. Коплик<sup>2</sup>, А.М. Ліцман<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Державне підприємство Львівський науково-дослідний радіотехнічний інститут, Львів

<sup>2</sup> Науковий центр бойового застосування ракетних військ і артилерії Сумського державного університету, Суми

## МЕТОД ГРУПУВАННЯ РОБІТ З ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ВИРОБІВ АРТИЛЕРІЙСЬКОГО ОЗБРОЄННЯ

*Запропоновано метод групування робіт з технічного обслуговування виробів артилерійського озброєння.*

**Ключові слова:** технічне обслуговування, артилерійське озброєння, відмова виробу, сумарна вартість, планово-попереджувальні заміни.

### Постановка проблеми

Поява та розробка нових сучасних видів озброєння та військової техніки (ОВТ) і, зокрема, артилерійського озброєння (АО) викликала необхідність розробки не тільки нових форм і способів застосування військ, а також нового підходу до технічного забезпечення цих військ. Для підтримання рівня працездатності виробів АО на необхідному рівні в Збройних Силах України функціонує система технічного забезпечення військ. Складність умов використання виробів АО неминує веде до необхідності удосконалення системи технічного забезпечення військ і однієї з основних її складових – системи технічного обслуговування (ТО) [1].

Цілком зрозуміло, що в даний час неможливо з прийнятими обсягами витрат створити складні системи ОВТ, які б достатньо якісно функціонували

протягом тривалого часу їх експлуатації. Тому виникає необхідність здійснення технічного обслуговування та ремонту (ТО та Р) ОВТ в процесі експлуатації з метою своєчасного попередження можливих відмов. Керування режимами ТО та Р систем ОВТ є однією з актуальних проблем теорії надійності. Однак, не зважаючи на велику кількість робіт з керування режимами ТО та Р, багато важливих для практики задач все ще залишаються невирішеними. Одна з них – задача обґрунтування періодичності проведення ТО та Р [2].

### Виклад основного матеріалу

Нехай в результаті аналізу конструкторської документації, досвіду експлуатації попередніх аналогічних та подібних виробів, ступеня уніфікації та стандартизації визначена множина робіт виробу, що розглядається. Показники періодичності виконання цих робіт систематизуються. В результаті

систематизації виділяються детерміновані роботи та роботи з виявлення несправностей. Заключною операцією цього етапу є групування окремих робіт, терміни виконання яких однакові. Такі роботи можуть розглядатися як одна комплексна. Характеристиками комплексної роботи служать:

вартість  $C_{TO}^{(i)}$

$$C_{TO}^{(i)} = (1 - \beta) \sum_{j=1}^S C_{TO}^{(j)}; \quad (1)$$

параметри закону розподілення двох стадій розвитку відмови  $\lambda_{1i}, \lambda_{2i}$

$$\lambda_{1i}, \lambda_{2i} = \max\{\lambda_{11}, \lambda_{21}; \dots; \lambda_{1n}, \lambda_{2n}\}; \quad (2)$$

терміни проведення комплексної роботи  $T_{TO}^{(i)}$ .

У виразах (1), (2)

$C_{TO}^{(j)}$  – вартість  $j$ -ї роботи з обслуговування;

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

$S$  – множина детермінованих робіт та робіт з виявлення несправностей;

$\beta$  – коефіцієнт спільності робіт;

$n$  – кількість складових частин (деталей) виробу, в яких роботи з виявлення несправностей та детерміновані мають однакові терміни.

Групування зручно робити графічно. З графіка легко визначити, через який час які роботи необхідно проводити. Після групування робіт вони нумеруються в послідовності, що відповідає збільшенню періодичності ТО. При цьому враховуються не тільки комплексні роботи, але й ті, періодичність яких не має собі подібних. Для невеликої кількості робіт цю процедуру так само, як і групування, зручно робити графічно. Принцип побудови графіка наведений (рис. 1) [3, 4].

Подальшим етапом є поєднання окремих і комплексних робіт у групи. Кількісна оцінка доцільності поєднання  $i$ -ї роботи з  $(i-1)$ -ю роботою (в терміни проведення  $(i-1)$ -ї роботи  $T_{TO}^{(i-1)}$ ) оснований на врахуванні наступних факторів: зменшення періодичності виконання  $i$ -ї роботи з  $T_{TO}^{(i)}$  до  $T_{TO}^{(i-1)}$  приводить до збільшення числа обслуговувань по  $i$ -й роботі за ремонтний цикл  $T_{p.м.}$

з  $\frac{T_{p.м.}}{T_{TO}^{(i)}}$  до  $\frac{T_{p.м.}}{T_{TO}^{(i-1)}}$ , а це, в свою чергу, при вартості

проведення  $i$ -ї роботи  $C_{TO}^{(i)}$  приводить до збільшення сумарної вартості проведення  $i$ -ї роботи

з величини  $C_{TO}^{(i)} \frac{T_{p.м.}}{T_{TO}^{(i)}}$  до  $C_{TO}^{(i)} \frac{T_{p.м.}}{T_{TO}^{(i-1)}}$ ; сумарна вартість виконання  $i$ -ї та  $(i-1)$ -ї робіт з періодичністю  $T_{TO}^{(i-1)}$  складе  $C_{TO}^{(i-1,i)} \frac{T_{p.м.}}{T_{TO}^{(i-1)}}$ .

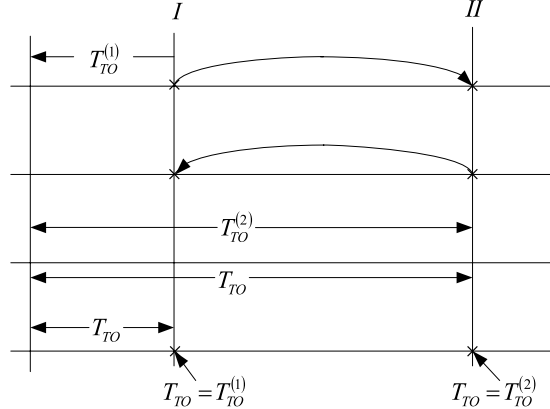


Рис. 1. Принцип групування робіт ТО

З іншого боку, зменшення періодичності виконання  $i$ -ї роботи на величину  $\Delta t_{i-1,i} = T_{TO}^{(i)} - T_{TO}^{(i-1)}$ , тобто більш частіше проведення ТО, приводить до зменшення сумарного середнього збитку через відмови виробу на величину  $C_3(\Delta t_{i-1,i}) \frac{T_{p.м.}}{T_{TO}^{(i)}}$ . Згідно з цим умова доцільності поєднання  $i$ -ї роботи з  $(i-1)$ -ю в терміни  $T_{TO}^{(i-1)}$  набуває вигляд:

$$C_{TO}^{(i-1,i)} \frac{T_{p.м.}}{T_{TO}^{(i-1)}} - \left( C_{TO}^{(i-1)} \frac{T_{p.м.}}{T_{TO}^{(i-1)}} + C_{TO}^{(i)} \frac{T_{p.м.}}{T_{TO}^{(i)}} \right) < C_3(\Delta t_{i-1,i}) \frac{T_{p.м.}}{T_{TO}^{(i)}}$$

або

$$\frac{C_{TO}^{(i-1,i)} - C_{TO}^{(i-1)}}{T_{TO}^{(i-1)}} < \frac{C_3(\Delta t_{i-1,i}) - C_{TO}^{(i)}}{T_{TO}^{(i)}}. \quad (3)$$

Вартості виконання робіт розраховуються з урахуванням характеру робіт. Показник  $C_3(\Delta t_{i-1,i})$  вираховується за залежністю

$$C_3(\Delta t_{i-1,i}) = u \frac{\bar{t}_{нв,i}(\Delta t_{i-1,i})}{T_{TO}^{(i)}}. \quad (4)$$

У виразі (4)  $\bar{t}_{нв,i}(\Delta t_{i-1,i})$  – середній час знаходження виробу в стані невиявленої відмови

збірних одиниць (деталей), що відповідає  $i$ -й роботі на інтервалі часу  $\Delta t_{i-1,i}$ . Для  $t_{нв,i}(\Delta t_{i-1,i})$  маємо

$$\bar{t}_{нв,i}(\Delta t_{i-1,i}) = \bar{t}_{нв,i}(T_{TO}^{(i)}) - t_{нв,i}(T_{TO}^{(i-1)}),$$

де

$$\bar{t}_{нв,i}(T_{TO}^{(i)}) = T_{TO}^{(i)} - \frac{1}{\omega_{i1}} \left( 1 - e^{-\omega_{i1} T_{TO}^{(i)}} \right),$$

$$\bar{t}_{нв,i}(T_{TO}^{(i-1)}) = T_{TO}^{(i-1)} - \frac{1}{\omega_{i2}} \left( 1 - e^{-\omega_{i2} T_{TO}^{(i-1)}} \right).$$

та

$$t_{нв,i}(\Delta t_{i-1,i}) = \Delta t_{i-1,i} + \frac{1}{\omega_{i2}} \left( 1 - e^{-\omega_{i2} T_{TO}^{(i-1)}} \right) - \frac{1}{\omega_{i1}} \left( 1 - e^{-\omega_{i1} T_{TO}^{(i)}} \right),$$

де

$$\omega_{i1} = \frac{\lambda_{1i} \lambda_{2i}}{\lambda_{1i} + \lambda_{2i}} \left( 1 - e^{-(\lambda_{1i} + \lambda_{2i}) T_{TO}^{(i)}} \right)$$

$$\omega_{i2} = \frac{\lambda_{1i} \lambda_{2i}}{\lambda_{1i} + \lambda_{2i}} \left( 1 - e^{-(\lambda_{1i} + \lambda_{2i}) T_{TO}^{(i-1)}} \right) \quad (5)$$

Для випадку, коли часи двох стадій розвитку відмови незалежні та мають експоненціальне розподілення [5] з параметрами  $\lambda_{1i}$  та  $\lambda_{2i}$ , маємо

$$C_3(\Delta t_{i-1,i}) = \frac{u}{T_{TO}^{(i)}} \left\{ \begin{aligned} &\Delta t_{i-1,i} + \frac{1}{\omega_{i2}} \left( 1 - e^{-\omega_{i2} T_{TO}^{(i-1)}} \right) - \\ &-\frac{1}{\omega_{i1}} \left( 1 - e^{-\omega_{i1} T_{TO}^{(i)}} \right) \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

де  $u$  – величина збитку внаслідок відмови виробу.

Величину  $u$  орієнтовно можна оцінити наступним чином:

$$u = \frac{C_p}{N_z}, \quad (7)$$

де  $C_p$  – вартість  $(N^* - N_z)$  резервних зразків озброєння, що умовно виділяються на групу з  $N_z$  зразків для забезпечення виконання завдань із заданою ймовірністю

$$C_p = C_0(N^* - N_z), \quad (8)$$

де  $C_0$  – вартість одного зразка озброєння.

Значення  $N^*$  повинно бути таким, щоб забезпечувалось виконання наступної умови  $P_{вз} \geq P_{зад}$  ( $P_{зад}$  – задана ймовірність виконання завдання;  $P_{вз}$  – ймовірність виконання завдання одиночним зразком озброєння).

При поєднанні  $(i-1)$ -ї роботи з  $i$ -ю роботою в терміни  $T_{TO}^{(i-1)}$  сумарна вартість ТО зменшиться (оскільки  $T_{TO}^{(i)} > T_{TO}^{(i-1)}$ ), але збільшиться сумарний збиток через відмови виробу (оскільки число відмов збільшиться). Тоді умова доцільності поєднання  $(i-1)$ -ї роботи з  $i$ -ю роботою в терміни  $T_{TO}^{(i)}$  запишеться так:

$$C_{TO}^{(i-1)} \frac{T_{п.у.}}{T_{TO}^{(i-1)}} + C_{TO}^{(i)} \frac{T_{п.у.}}{T_{TO}^{(i)}} - C_{TO}^{(i,i-1)} \frac{T_{п.у.}}{T_{TO}^{(i)}} >$$

$$> C_3(\Delta t_{i,i-1}) \frac{T_{п.у.}}{T_{TO}^{(i-1)}}$$

Або

$$\frac{C_{TO}^{(i,i-1)} - C_{TO}^{(i)}}{T_{TO}^{(i)}} < \frac{C_{TO}^{(i-1)} - C_3(\Delta t_{i,i-1})}{T_{TO}^{(i-1)}}. \quad (9)$$

Тут  $\Delta t_{i,i-1} = \Delta t_{i-1,i} = T_{TO}^{(i)} - T_{TO}^{(i-1)}$ .

Оскільки  $C_{TO}^{(i,i-1)} > C_{TO}^{(i)}$ , то умова доцільності може бути виконана тільки при  $C_{TO}^{(i-1)} > C_3(\Delta t_{i,i-1})$ .

Зауважимо, що у виразі (9)

$$C_3(\Delta t_{i,i-1}) = \frac{u t_{нв,i}(\Delta t_{i,i-1})}{T_{TO}^{(i-1)}}.$$

У підсумку для  $C_3(\Delta t_{i,i-1})$  маємо

$$C_3(\Delta t_{i,i-1}) = \frac{u}{T_{TO}^{(i-1)}} \left( \Delta t_{i,i-1} + \frac{1}{\omega_{i-1(2)}} \left( 1 - e^{-\omega_{i-1(2)} T_{TO}^{(i-1)}} \right) - \frac{1}{\omega_{i-1(1)}} \left( 1 - e^{-\omega_{i-1(1)} T_{TO}^{(i)}} \right) \right), \quad (10)$$

де

$$\omega_{i-1(2)} = \frac{\lambda_{1(i-1)} \cdot \lambda_{2(i-1)}}{\lambda_{1(i-1)} + \lambda_{2(i-1)}} \left( 1 - e^{-(\lambda_{1(i-1)} + \lambda_{2(i-1)}) T_{TO}^{(i-1)}} \right);$$

$$\omega_{i-1(1)} = \frac{\lambda_{1(i-1)} \cdot \lambda_{2(i-1)}}{\lambda_{1(i-1)} + \lambda_{2(i-1)}} \left( 1 - e^{-(\lambda_{1(i-1)} + \lambda_{2(i-1)}) T_{TO}^{(i)}} \right).$$

Ймовірність безвідмовної роботи виробу визначається так само, як і в попередньому випадку, і залежить від періодичності проведення  $i$ -ї роботи  $T_{TO}^{(i)}$ .

І, нарешті, на останньому етапі групування робіт поєднують роботи з планово-попереджувальних заміні з виділеними групами робіт. При цьому слід брати до уваги, що поєднувати роботи по заміні доцільно лише з тими групами робіт, у яких  $T_{TO-j}^{cp} > T_{zj}$ , бо тільки в цьому випадку буде виконуватися умова окупності витрат на проведення планово-попереджувальних заміні.

Таким чином, у результаті поєднань отримують обмежене число груп робіт; при цьому групи робіт між собою вже не поєднуються. Кожна група таких робіт характеризується своєю періодичністю, що визначається термінами виконання тієї роботи, до якої були поєднані решта робіт групи, вартістю проведення цієї групи робіт. Для сукупності збірних одиниць (деталей) виробу, що обслуговуються  $i$ -ю групою робіт, в якості узагальнених параметрів  $\lambda_{1i}, \lambda_{2i}$  приймаються параметри найменш надійної збірної одиниці (деталі) виробу.

У виразах (3) і (9) на точність кінцевого результату значний вплив здійснюють показники  $C_3(\Delta t_{i,i-1})$  та  $C_3(\Delta t_{i-1,i})$ , які залежать від величини збитку  $u$ , надійності збірних одиниць (деталей) виробу, з якими проводяться  $i$ - та  $(i-1)$ -а роботи, та термінів проведення цих робіт. При зміні  $T_{TO}^{(i)}$  на  $\Delta t_i(\Delta t_i \ll T_{TO}^{(i)})$  параметр потоку відмов (як це слідує з (3)), змінюється незначно. Отже, значення показників  $C_3(\Delta t_{i,i-1})$  та  $C_3(\Delta t_{i-1,i})$  будуть залежати, в основному, від величини збитку  $u$  та характеристик надійності. Умова доцільності поєднання робіт (3), (9) будуть більш чутливі до змінення величини  $P_{зад}$ , що дозволяє знизити вимоги до точності вихідної інформації, яка отримується зі сфери експлуатації. Другою відмінністю отриманих умов доцільності від відомих є врахування впливу термінів проведення ТО на безвідмовність виробу. Розроблені

відношення (3), (9) були покладені в основу методики поєднання окремих робіт в групи.

Працездатність методики, що пропонується, була перевірена шляхом поєднання окремих робіт ТО в групи для 152-мм самохідної гаубиці 2С3. Порівняльний аналіз обсягу поєднаних робіт та термінів їх проведення з обсягом робіт з ТО виробу 2С3 підтверджує достовірність отриманих результатів.

## Висновки

Для обґрунтування видів ТО розроблено метод, оснований на порівнянні зміни затрат на проведення ТО та збитку від відмови виробу залежно від термінів проведення ТО. Основна відмінність розробленого методу від відомих [3, 4] полягає в тому, що при поєднанні окремих робіт у групи і зміні термінів проведення останніх враховується відповідна зміна безвідмовності виробу. На підставі розробленого методу отримані розраховані співвідношення для обґрунтування видів ТО.

## Список літератури

1. Концепція (основні напрямки) розвитку ракетних військ і артилерії Сухопутних військ Збройних Сил України на період до 2025 року, погоджена Командувачем Сухопутних військ Збройних Сил України 08.06.10. – Київ, 2010. – 10 с.
2. Шишанов М.О. та ін. Методичні основи розрахунку часових параметрів проведення технічного обслуговування та ремонту озброєння та військової техніки / М.О. Шишанов, С.С. Котляр, А.В. Гуляев // Збірник наукових праць ЦНДІ ОВТ ЗСУ. – № 19. – 2011. – С. 213-216.
3. Салуквадзе К.В., Староселец В.Г., Чухнин В.Н. Теоретические основы эксплуатации артиллерийского вооружения. – М.: Воениздат, 1985. – 415 с.
4. Мартищенко Л.А. и др. Военно-научные исследования и разработка вооружения и военной техники. Часть II. – Л.: ВАА, 1993. – 555 с.
5. Венцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория вероятностей. – М.: Наука, 1973. – 343 с.

## МЕТОД ГРУППИРОВАНИЯ РАБОТ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБСЛУЖИВАНИЮ ИЗДЕЛИЙ АРТИЛЛЕРИЙСКОГО ВООРУЖЕНИЯ

Б.А. Олиарник, И.В. Коплык, А.Н. Лицман

*Предложен метод группирования работ по техническому обслуживанию изделий артиллерийского вооружения.*

**Ключевые слова:** *техническое обслуживание, артиллерийское вооружение, отказ изделия, суммарная стоимость, планово-предупредительные замены.*

## METHOD OF WORK GROUPING IN ARTILLERY EQUIPMENT MAINTENANCE

B. Oliarynyk, I. Kopylyk, A. Litsman

*The method of work grouping for maintenance of artillery equipment is offered.*

**Keywords:** *maintenance, artillery equipment, item failure, gross value, planned replacements.*