УДК 351.746.1:355.535(477)

Володимир Андрійович Собченко

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО СКЛАДУ СИЛ ТА ЗАСОБІВ ПІДРОЗДІЛУ З РЕМОНТУ ТА ОБСЛУГОВУВАННЯ ТЕПЛОВІЗІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ ПРИКОРДОННОГО ЗАГОНУ

Постановка проблеми та її зв'язок з важливими науковими і практичними завданнями

З метою підвищення ефективності виявлення порушників законодавства з прикордонних питань Адміністрацією Державної прикордонної служби України (ДПСУ) запроваджено нову модель охорони державного кордону, яка передбачає інтенсивне використання мобільних тепловізійних комплексів [2]. Мобільний тепловізійний комплекс представляє собою складну систему, до складу якої входить шасі автомобіля, тепловізор та засоби відеоспостереження. Для підтримання необхідної технічної готовності даної складної системи необхідно розробити відповідну систему технічного обслуговування і ремонту та, зокрема, створити підрозділ, на який би були покладені завдання щодо технічного обслуговування і поточного ремонту (ТО і ПР) тепловізійних комплексів. Виходячи із специфіки умов функціонування прикордонних загонів, підрозділи з ремонту тепловізійних комплексів повинні забезпечувати оперативно-технічну та економічну компоненти процесу обслуговування тепловізійних комплексів.

Оперативно-технічна компонента пов'язана з необхідністю забезпечення персоналом підрозділу оперативного проведення робіт з відновлення і підтримання технічного стану тепловізійних комплексів прикордонного загону. Дана компонента може характеризуватись коефіцієнтом технічного використання ($К_{ТВ}$) тепловізійних комплексів, що обслуговується відповідним підрозділом.

Економічна компонента процесу обслуговування тепловізійних комплексів характеризується видатками органу охорони державного кордону, утвореними в результаті функціонування новоутвореного підрозділу. Дані видатки включають в себе витрати на оплату роботи, виконаної персоналом підрозділу ремонту, витрати на переміщення техніки до місць проведення обслуговування і назад, витрати на знаходження комплексу в черзі на обслуговування. Врахування витрат дозволить визначити економічну доцільність функціонування підрозділу з ремонту мобільних тепловізійних комплексів (МТК).

Розробка методики, яка б дозволила визначити раціональний склад сил та засобів підрозділу з ремонту тепловізійних комплексів прикордонного загону відповідно до представлених компонент, надала б змогу у подальшому приймати обґрунтовані управлінські рішення щодо організації системи технічного обслуговування та ремонту тепловізійних комплексів в умовах їхнього інтенсивного використання в охороні державного кордону.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Формулювання мети статті

Питаннями раціоналізації діяльності різноманітних ремонтних організацій займались Напольський Г. М., Захаров Н. С., Довбня Б. Е., Ракітін А. Н., Говорущенко Н. Я., Луйк І., Мед'ю С., Тахтамишев Х. М., Хабібулін Р. Г, Фастовцев Г. Ф. та інші. Проте, застосування розроблених ними моделей та методик [2-7] для раціоналізації діяльності підрозділу з ремонту тепловізійних комплексів не дозволяє врахувати важливі властивості реального процесу. Відповідно до вимог, що висуваються до вирішуємої задачі, в результаті раціоналізації повинні враховуватись як оперативно-службова ($К_{ТВ}^{птор} < К_{ТВ_{зд}}^{птор}$), так і економічна ($С_{заг}^{птор} \le С_{зд}^{птор}$) компоненти процесу обслуговування прикордонної техніки. Крім того, необхідно також враховувати і завантаженість персоналу ремонтного підрозділу роботою з ТО і ПР тепловізійних комплексів. Тобто критерій раціоналізації ремонтного підрозділу повинен включати в себе сукупність ознак, які кількісно дозволяли б оцінити можливості ремонтного підрозділу щодо підтримки технічної готовності тепловізійних комплексів, а також включати інформацію щодо витрат та завантаженості персоналу роботою. При визначені ефективності функціонування ремонтного підрозділу повинна також враховуватись можливість надходження під час проведення робіт з ТО і Р групових заявок від тепловізійних комплексів.

Розглянуті роботи [2-7] не задовольняють вимоги, що висувається до розробляємої методики визначення раціонального складу сил та засобів підрозділів з ремонту та обслуговування тепловізійних комплексів.

Мета статті – скласти методику, яка б дозволяла, враховуючи економічну ($С_{заг} \le С_{зд}$) і оперативно-службову ($К_{ТВ} < К_{ТВ_{зд}}$) складові, завантаженість персоналу ($N_{зав} \le N_{діб}$) ремонтного підрозділу, можливість надходження до підрозділу групових заявок щодо ТО і ПР техніки, визначити раціональний склад сил та засобів підрозділу з ремонту тепловізійних комплексів прикордонного загону в умовах інтенсивного використання.

Виклад основного матеріалу

Алгоритм методики, представлений на рис. 1, включає в себе формульну схему розрахунків показників ефективності. Вихідними даними для розрахунку є:

$M_{зал}$ – кількість МТК, які необхідно обслуговувати (ТО і ПР) ремонтним підрозділом, од.;

$C_{пит}$ – питомі витрати на обслуговування (ТО і ПР) одиниці МТК прикордонного загону, грн.;

$T_{спост}$ – проміжок часу, що аналізується, діб;

$n_{ТО-1}$, $n_{ТО-2}$, $n_{ПР}$ – кількість ТО-1, ТО-2, ПР МТК, що необхідно проводити персоналом підрозділу протягом року; од.;

$t^{ТО-1}$, $t^{ТО-2}$, $t^{ПР}$ – середній час проведення персоналом поста ТО і ПР ремонтного підрозділу робіт з ТО-1, ТО-2, ПР мобільних тепловізійних комплексів, діб.;

m – кількість вільних місць в черзі на обслуговування (m = 200 од.), од.;

L – максимальна кількість вимог на проведення ТО і ПР в груповій заявці мобільних комплексів, що надходять на пости підрозділу (або кількість парціальних потоків), од.;

N_i – кількість заявок, що надходять на пости підрозділу з ТО і ПР МТК, в яких кількість вимог в заявці дорівнює i ($i = 1, 2, \ldots, L$) од.;

$N_{діб}^{роб}$ – кількість робочих діб ремонтного підрозділу протягом року , діб;

$C_{вк}$ – витрати від простою одного каналу обслуговування протягом доби, грн;

$C_{зк}$ – витрати на експлуатацію одного каналу обслуговування протягом доби, грн;

$C_к^{ст}$ – вартість одного стаціонарного поста ТО і ПР ремонтного підрозділу разом з доданим устаткуванням для проведення ремонтних робіт, грн;

$C_{ТО-1}$, $C_{ТО-2}$, $C_{ПР}$ – середня величина вартості запчастин і експлуатаційних матеріалів, що використовуються для проведення ТО-1, ТО-2, ПР спеціалістами-ремонтниками досліджуваного прикордонного загону, грн;

$C_{пр}$ – витрати від простою МТК у системі обслуговування протягом доби, грн;

$W_{ср}^{авт} \cdot C_{ср}^{бенз}$ – витрати на паливно-мастильні матеріали при переміщенні МТК прикордонного загону на відстань 100 км, грн.;

$A_{ср}^{авт}$ – середня величина амортизаційних витрат, що виникають при переміщенні МТК на відстань 100 км, грн.

Одночасно з уведенням вихідних даних обнуляється (рис. 1 блок 1) лічильник кількості постів ТО і ПР підрозділу. Після цього (рис. 1 блок 2) проводяться розрахунки для випадку, коли у ремонтному підрозділі функціонує один пост ТО і ПР.

Розрахунок значень показників ефективності виконання задач по обслуговуванню МТК персоналом відповідного ремонтного підрозділу передбачає наступний порядок дій (рис. 1 блок 3).

1. Розраховуються задані витрати ($C_{зд}$) для ремонтного підрозділу [10]:

$$C_{зд} = C_{пит} \cdot M_{зал}.$$

2. Розраховується інтенсивність вхідного потоку вимог МТК, що надходять до ремонтного підрозділу протягом досліджуваного проміжку часу:

$$I = \frac{N_{ТО,Р}}{T_{спост}},$$

де $N_{ТО,Р}$ – загальна кількість заявок на проведення ТО та ПР, що надходять до ремонтного підрозділу протягом року, од.

Загальна кількість заявок $N_{ТО,Р}$ розраховується за наступною формулою:

$$N_{ТО,Р} = n_{ТО-1} + n_{ТО-2} + n_{ПР}.$$

Річна кількість заявок на проведення ТО-1, ТО-2, ПР ($n_{ТО-1}, n_{ТО-2}, n_{ПР}$) визначається за методикою, представленою в [10].

3. Розраховується інтенсивність потоку обслуговувань каналу обслуговування (поста ТО і ПР) ремонтного підрозділу органа охорони державного кордону:

$$\mu = \frac{1}{T_{ср}},$$

де $T_{ср}$ – математичне очікування часу обслуговування однієї заявки одним каналом обслуговування (постом ТО і ПР) підрозділу, діб.

Розрахунок $T_{ср}$ відбувається за наступним виразом:

$$T_{ср} = t^{ТО-1} \cdot \frac{n_{ТО-1}}{N_{ТО,Р}} + t^{ТО-2} \cdot \frac{n_{ТО-2}}{N_{ТО,Р}} + t^{ПР} \cdot \frac{n_{ПР}}{N_{ТО,Р}}$$

4. Розраховується інтенсивність парціальних потоків заявок λ_i, що надходять на пости підрозділу за формулами, розглянутими в [8].

$$\lambda_i = \lambda \cdot a_i; \quad i = 1, 2, \ldots, L,$$

де

$$\lambda = \frac{N_з}{T_{спост}}; \qquad a_i = \frac{N_i}{N_з}; \quad N_з = \sum_{i=1}^{L} N_i.$$

5. Потім знаходяться значення коефіцієнтів завантаження і функцій неординарності для ремонтного підрозділу за залежностями [8]:

$$\rho_i = \begin{cases} \dfrac{1}{\mu} \displaystyle\sum_{j=1+i}^{L} \lambda_j, & \text{при } 0 \le i < L; \\ 0, & \text{при } i \ge L; \end{cases} \qquad f_0 = f_1 = 1;$$

$$f_k = f_{k-1} + \sum_{i=2}^{k} \left[f_{k-i} \cdot \frac{\rho_{i-1}}{\rho_0^i} \cdot \prod_{j=1}^{i-1} (k-j) \right], k = 2, \ldots, n;$$

$$f_{n+\gamma} = f_{(n+\gamma)-1} + \sum_{j=1}^{\gamma-2} \left[f_{(n+\gamma)-1-j} \cdot \frac{\rho_j}{\rho_0^{j+1}} \cdot n^j \right] +$$

$$+ \frac{n!}{\rho_0^{\gamma}} \cdot n^{\gamma-1} \cdot \sum_{k=0}^{n} \left[f_{n-k} \cdot \frac{\rho_{(\gamma-1)+k}}{\rho_0^k \cdot (n-k)!} \right], 0 < \gamma \le m.$$

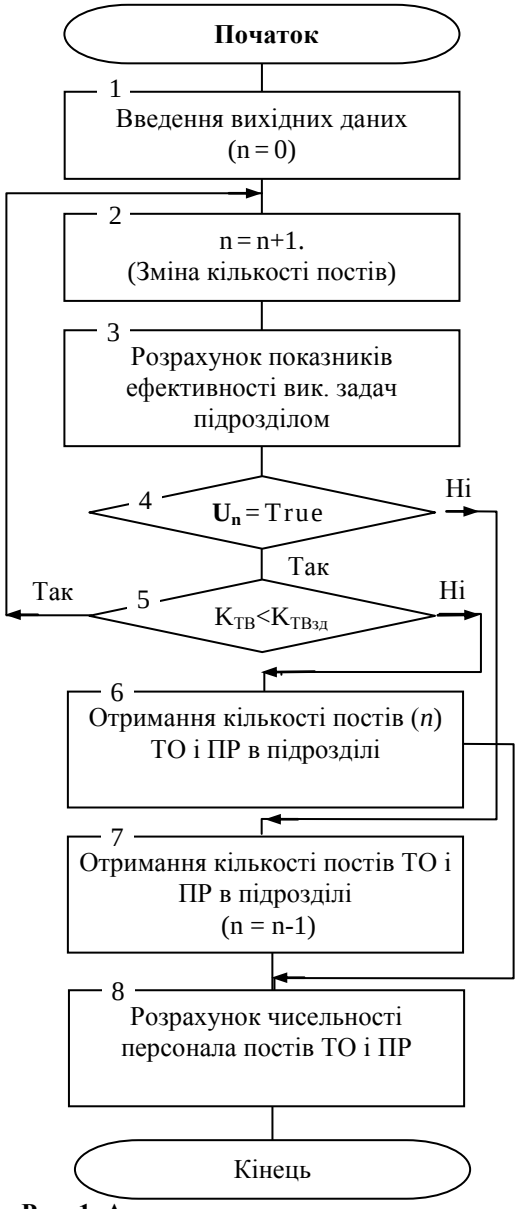

Рис. 1. Алгоритм методики визначення раціонального складу сил та засобів підрозділу з ремонту та обслуговування тепловізійних комплексів прикордонного загону

$$f_{n+\gamma} = f_{(n+\gamma)-1} + \sum_{j=1}^{\gamma-2}\left[f_{(n+\gamma)-1-j} \cdot \frac{\rho_j}{\rho_0^{j+1}} \cdot n^j \right] + \frac{n!}{\rho_0^{\gamma}} \cdot n^{\gamma-1} \cdot \sum_{k=0}^{n}\left[f_{n-k} \cdot \frac{\rho_{(\gamma-1)+k}}{\rho_0^k \cdot (n-k)!} \right],$$

$0 < \gamma \le m$.

6. На наступному кроці знаходяться ймовірності (P_0, P_k, $P_{n+\gamma}$) всіх можливих станів моделі процесу обслуговування вхідного потоку заявок підрозділу з ТО і ПР МТК за формулами [8]:

$$P_0 = \left(\sum_{k=0}^{n} \frac{\rho_0^k}{k!} f_k + \frac{\rho_0^n}{n!} \cdot \sum_{\gamma=1}^{m} \left(\frac{\rho_0}{n} \right)^{\gamma} f_{n+\gamma} \right)^{-1};$$

$$P_k = \frac{\rho_0^k}{k!} P_0 f_k, \qquad 0 \le k \le n;$$

$$P_{n+\gamma} = \frac{\rho_0^n}{n!} \left(\frac{\rho_0}{n} \right)^{\gamma} \cdot P_0 \cdot f_{n+\gamma}, \ \gamma = \overline{1, m};$$

$$\rho_0 = \frac{1}{\mu} \sum_{j=i+1}^{L} \lambda_j.$$

7. Розраховується завантаженість спеціалістів-ремонтників підрозділу з ТО і ПР МТК:

$$N_{зав} = P_0 \cdot T_{спост}.$$

8. Далі розраховується середній час ($t_{черг}$) знаходження МТК в черзі на обслуговування за формулою [8]:

$$t_{черг} = \sum_{k=0}^{m-1} P_{n+k} \frac{k+1}{n\mu}.$$

9. Відносна пропускна здатність ($q^{птор}$) досліджуваного підрозділу з ТО і ПР МТК розраховується за формулою [8]:

$$q = P_{обс} = \frac{1}{\rho}\left(n - \sum_{k=0}^{n} (n-k) P_k \right).$$

10. Розраховується середній час ($t_{сист}$) знаходження автотранспортного засобу під час проведення робіт з ТО і ПР в системі обслуговування підрозділу з ТО і ПР МТК за залежністю [8]:

$$t_{сист} = t_{черг} + t_{обсл} = t_{черг} + \frac{q}{\mu}.$$

11. Розраховується середній час ($t_{перем}$), що витрачається на переміщення МТК до місця проведення робіт ТО і ПР та назад до місця дислокації МТК після проведення робіт з ТО і ПР:

$$t_{перем} = \frac{N_{ТО,Р} \cdot 2S_{ср}^{птор}}{V_{ср}}.$$

12. Розраховується середній час ($t_{пр}$) знаходження МТК, що обслуговується персоналом підрозділу, в працездатному стані:

$$t_{пр} = 365 - (t_{сист} + t_{перем}).$$

13. Потім визначається значення основного показника оцінки ефективності ремонтного підрозділу – коефіцієнта технічного використання ($K_{ТВ}$) МТК прикордонного загону, що обслуговується персоналом підрозділу з ТО і ПР МТК:

$$K_{ТВ} = \frac{t_{пр}}{t_{пр} + t_{сист}}.$$

14. Розраховуються витрати на утримання ремонтного підрозділу (С):

$$C = C_{вк} \cdot N_{діб}^{роб} \cdot M_{вк} + C_{зк} \cdot N_{діб}^{роб} \cdot M_{зк} + C_{к}^{ст} \cdot n.$$

Математичне очікування кількості зайнятих каналів $M_{зк}$ та кількості вільних каналів $M_{вк}$ розраховується за залежністю [8]:

$$M_{зк} = n - \sum_{k=0}^{n} (n-k) P_k;$$

$$M_{вк} = n - M_{зк}.$$

15. Розраховуються витрати $C_{ТО,ТР}$ на оплату вартості матеріалів та запчастин при проведені персоналом ремонтного підрозділу робіт з ТО-1, ТО-2, ПР за формулою:

$$C_{ТО,ТР} = n_{ТО-1} \cdot C_{ТО-1} + n_{ТО-2} \cdot C_{ТО-2} + n_{ПР} \cdot C_{ПР}.$$

16. Розраховуються витрати від простою МТК в черзі $C_{очік}$ за формулою:

$$C_{очік} = C_{пр} \cdot N_{ТО,Р} \cdot (t_{обсл} + t_{черг}).$$

17. Розраховуються витрати на переміщення МТК до місця проведення обслуговування і назад $C_{перем}$ за формулою:

$$C_{перем} = \left(W_{ср}^{авт} \cdot C_{ср}^{бенз} + A_{ср}^{авт}\right) \cdot \frac{2S_{ср}^{пгор}}{100}.$$

18. Розраховуються витрати $C_{заг}$ на забезпечення технічної готовності МТК персоналом підрозділу ТО і ПР МТК прикордонного загону:

$$C_{заг} = C \quad + C_{ТО,ПР} + C_{очік} + C_{перем}.$$

Після розрахунку показників ефективності відбувається визначення виконання умови блоку 4 (рис. 1):

$$U_n = \begin{cases} C_{заг} \le C_{зд}; \\ N_{зав} \le N_{діб}^{роб}. \end{cases}$$

Якщо умова блоку 4 не виконується, то розрахунок завершується на кількості каналів n–1 (рис. 1 блок 7), де n – кількість каналів, що приймала участь в останньому циклі розрахунків.

У випадку, коли умова (рис. 1 блок 4) виконується, то відбувається перехід до наступної умови $К_{ТВ} < К_{ТВ_{зд}}$ (рис. 1 блок 5). Якщо умова $К_{ТВ} < К_{ТВ_{зд}}$ (рис. 1 блок 5) виконується, то відбувається перехід до блоку 2, де відбувається збільшення постів (n = n+1). Після того, як кількість постів ремонтного підрозділу збільшується (рис. 1 блок 5) починається наступний цикл розрахунків показників ефективності.

Якщо умова $К_{ТВ} < К_{ТВ_{зд}}$ (рис. 1 блок 5) не виконується, то розрахунки завершуються на кількості каналів, що дорівнює n (рис. 1 блок 6), де n – кількість каналів, що приймала участь в останньому циклі розрахунків.

Кінцевим результатом представленої методики є отримання необхідної кількості каналів ТО і ПР (рис. 1 блоки 6,7), а також одержання кількісного складу (рис. 1 блок 8) персоналу постів ТО і ПР Р за наступною залежністю:

$$N_{чол} = 2 \cdot n.$$

Висновки та перспективи подальших досліджень

Таким чином, алгоритм методики дає можливість раціоналізувати склад сил та засобів підрозділу з ТО і ПР МТК прикордонного загону в умовах інтенсивного використання МТК, враховуючи при цьому економічну ($C_{заг} \le C_{зд}$) і оперативно-службову ($К_{ТВ} < К_{ТВ_{зд}}$) складові, завантаженість персоналу ($N_{зав} \le N_{діб}$) ремонтного підрозділу, можливість надходження до підрозділу групових заявок щодо ТО і ПР, а також віддаленість МТК від ремонтного підрозділу.

В подальшому пропонується, використовуючи розроблену методику, провести експериментальне дослідження в умовах конкретного прикордонного загону з метою визначення адекватності представленого інструментального засобу.

Література

1. Про концепцію розвитку ДПСУ на період до 2015 року : Указ Президента України від 19.06.2006. № 546/2006. – К.: АДПСУ, 2006. – 35с. **2. Напольский Г. М.** Технологическое проектирование автотранспортных предприятий и станций технического обслуживания: учебник для вузов / Г.М. Напольский. – М.: Транспорт, 1985. – 231 с. **3. Захаров Н. С.** Технологическое проектирование автотранспортных предприятий: учебное пособие / Н. С. Захаров, Б. Е. Довбня, А. Н. Ракитин. – Тюмень. Вектор Бук. 1998.– 160 с. **4. Madu C. N.** A closed Quencintry Maintenance Network with two repair Centers // Journal of the Operational Research Sosiety (OR), Vol.39. № 10. 1998. – P. 959–967. **5. Богомяков Ю. Л.** Определение оптимальной мощности СТО // Автомобильный транспорт Казахстана. / Ю. Л. Богомяков, С. К. Темиргалиев, К. М. Кадайкулов. – 1975. – № 7. – С. 20–21. **6. Хабибуллин Р. Г.** Основы формирования фирменной системы технического обслуживания и ремонта автомобилей (на примере автомобилей КамАЗ): Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.22.10. / Р. Г. Хабибуллин. – М.: МАДИ (ТУ), 2000. – 21 с. **7. Тахтамышев Х. М.** Теоретические основы формирования и использования внутрипроизводственной мощности автотранспортных предприятий: Дис. ... д-ра техн. наук / Х.М. Тахтамышев. – Киев 1989. – 429 с. **8. Городнов В. П.** Теоретические основы моделирования микроэкономических и других процессов и систем: Монография / В.П. Городнов. – Х.:Изд-во АВВ МВД Украины, 2008. – 484 с. **9. Про затвердження** Інструкції про порядок експлуатації транспортних засобів у відділах Державної прикордонної служби на мирний час: Наказ Адміністрації Державної Прикордонної служби України від 22.10.2007 року № 841. – Хмельницький: НАПВУ, 2007. – 17 с. **10. Осташевський С. А.** Розрахунок і проектування елементів парку військової частини / С. А. Осташевський, Р. Т. Нестерук, С. В. Коломійчук. – Хмельницький: НАПВУ, 2000. – 160с.

Для научного обоснования деятельности ремонтного подразделения по ремонту и обслуживанию тепловизионных комплексов пограничного отряда была разработана методика, которая дает возможность определять количественный состав сил и средств ремонтного подразделения, учитывая простой в обслуживании, удаленность ремонтного подразделения от обслуживаемой техники, расходы на проведение ремонтных работ, возможность поступления в авторемонтные организации групповых заявок и др.

Ключевые слова: тепловизионный комплекс, ремонтное подразделение, пограничный отряд.

For the scientific ground of maintenance department for repair and maintenance of thermovision complex of border unit was developed the method, allowing to conduct distributing of functions of motor-vehicle maintenance, was developed, taking into account its outage in service, delete of car repair service organizations from the served vehicles, expenses on the leadthrough of repair works, possibility of entering car repair service organization of group requests on service and other.

Key words: thermovision complex, car repair service organization, permanent repair.