

УДК 629.34. 01478

**Вадим СІВАК,**

*кандидат технічних наук, доцент, Національна академія  
Державної прикордонної служби України імені Богдана Хмельницького,  
м. Хмельницький*

**Олег УГРИНОВИЧ,**

*кандидат військових наук, доцент кафедри тилового забезпечення,  
Національний університет оборони України  
імені Івана Черняхівського, м. Київ*

**Максим П'ЯТКОВ,**

*Національна академія Державної прикордонної служби України  
імені Богдана Хмельницького, м. Хмельницький*

## **МЕТОДИКА ВИБОРУ ЗАСОБІВ ТЕХНІЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ЗА КРИТЕРІЯМИ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА ЕКОНОМІЧНОЇ ДОЦІЛЬНОСТІ**

*У статті розкрита методика з вибору засобів технічного діагностування транспортних засобів для використання їх у підрозділах автотехнічного забезпечення органів охорони державного кордону. Сутність даної методики полягає у виборі засобів технічної діагностики за критеріями ефективності та економічної доцільності при функціонуванні експлуатаційного процесу в повсякденних умовах, з метою підвищення коефіцієнта готовності транспортних засобів. Надані у статті рекомендації щодо вибору засобів діагностики ґрунтуються*

*© Сівак В., Угринович О., Пятков М.*

*на визначенні переліку сучасних засобів діагностики, номенклатуру яких можливо враховувати при комплектації ремонтних підрозділів інженерно-технічних відділів органів охорони державного кордону.*

**Ключові слова:** *засоби технічної діагностики, транспортні засоби, критерії, ефективність, економічна доцільність.*

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** Відповідно до законів України, захист її національних інтересів у сфері прикордонної безпеки здійснюють підрозділи та органи Державної прикордонної служби України (ДПСУ), які для забезпечення оперативності, та мобільності використовують достатню кількість сучасних транспортних засобів (ТЗ), що забезпечує надійність охорони державного кордону [1].

Останнім часом у ДПСУ значно оновився парк сучасних ТЗ, які надійшли на оснащення органів та підрозділів охорони державного кордону. Тільки протягом останніх 2011–2015 років на 75–80 % оновлено парк ТЗ сучасними, економічними та високопрохідними автомобілями відомих марок для потреб прикордонників у період з 2012 по 2016 рік було закуплено й отримано в рамках міжнародної технічної допомоги понад 750 од. ТЗ та спеціальної техніки (СТ) на загальну суму близько 300 млн грн. Відповідно парк сучасної техніки ДПСУ нараховує понад 6 тисяч одиниць різних зразків, при цьому до 20 % з них складають ТЗ до 5 років, при цьому слід відмітити, що процес оновлення триває [2].

Разом з тим наявність сучасного парку ТЗ та СТ у підрозділах та органах ДПСУ вимагає змін у підходах до існуючої системи технічної експлуатації даних ТЗ, а також розширення можливостей їх технічного діагностування з метою прогнозування виникнення можливих несправностей.

На даний час у ремонтних підрозділах інженерно-технічних відділів (ІТВ) органів охорони державного кордону (ООДК) виникає проблематика щодо достовірності визначення реального технічного стану зразків ТЗ як при проведенні контролю їх технічного стану при виході в рейс, так і при проведенні планових робіт з технічного обслуговування (ТО) та ремонту ТЗ.

У сучасних умовах в ООДК використовують в основному два шляхи вирішення даної проблематики. Це проведення окремих операцій з діагностики ТЗ підрозділів управління та штабу застарілими, пострадянськими засобами технічної діагностики (ТД), або за безготівкові розрахунки на сертифікованих станціях ТО, що в умовах обмеженого фінансування за видатками на вирішення завдань з автотехнічного забезпечення можливо реалізувати тільки для ТЗ керівництва прикордонних загонів і регіональних управлінь.

При цьому, ураховуючи підвищену інформативність сучасних ТЗ, які є на оснащенні підрозділів та ООДК, існує можливість створення на базі пункту технічного обслуговування та ремонту (ПТОР) власного поста технічної діагностики і забезпечення його сучасними засобами діагностики, які є недорогими та простими у використанні. Це дозволить успішно вирішити проблематику раціонального підходу до визначення переліку обов'язковий робіт з ТО ТЗ, а також здійснювати швидкий та ефективний контроль їх технічного стану з отриманням значного економічного ефекту [3].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано вирішення даної проблеми та на які опираються автори.** Окремі дослідження процесу вибору доцільних засобів технічної діагностики (ТД) для проведення періодичного контролю технічного стану ТЗ, здійснювалось в наукових працях таких відомих вчених, як В. М. Власов, С. М. Мороз, І. К. Шаша та інших [4–6].

Ураховуючи результати даних досліджень, специфіку експлуатації ТЗ в умовах охорони державного кордону, а також наявність широкої номенклатури вбудованих та переносних сучасних засобів ТД, існує потреба в розробці методики вибору засобів технічного діагностування ТЗ, яка ґрунтуватиметься на критеріях ефективності та економічної доцільності.

**Метою даної статті** є розкриття структури та змісту розробленої та запропонованої методики вибору засобів технічного діагностування ТЗ за критеріями ефективності й економічної доцільності.

**Викладення основного матеріалу дослідження.** У процесі технічної експлуатації сучасних ТЗ безпосередньо у підрозділах охорони

кордону, на базі гаражів ВПС, досить актуальною виявляється проблематика контролю їх технічного стану, а також дотримання достатнього рівня експлуатаційної безпеки. Дану проблематику, авторам вбачається вирішувати в межах практичного аспекту розробленої концепції забезпечення безпечної експлуатації ТЗ підрозділів і органів ДПСУ в умовах охорони державного кордону, сутність якої викладена в матеріалах [7].

Реалії сьогодення щодо застосування технічної діагностики ТЗ та СТ у ДПСУ полягають у використанні застарілих та вузькоспеціалізованих приладів, дія яких ґрунтується на зчитуванні механічних, електричних, пневматичних і гідравлічних параметрів процесів у різні періоди експлуатації. Вони лише частково забезпечують діагностику механізмів двигунів, систем живлення, перевірки електрообладнання, ходової частини та органів управління ТЗ пострадянського виробництва, віком 20–25 років, яких залишилось у ДПСУ близько 5–10 %. Відповідно для оновлення існуючої номенклатури діагностичних приладів у підрозділах та органах ДПСУ необхідно провести їх раціональний вибір з широкого різноманіття, яке пропонується заводами – виробниками даної продукції.

Сутність запропонованої методики полягає у раціональному виборі засобів технічного діагностування за критеріями ефективності та економічної доцільності.

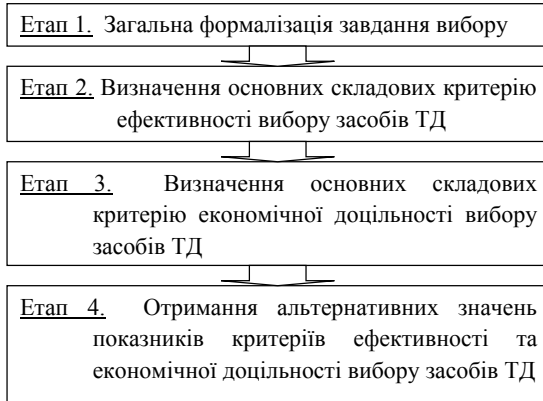
Блок-схема основних етапів реалізації методики вибору представлена на рисунку.

Блок-схема методики вибору засобів технічного діагностування ТЗ за критеріями ефективності та економічної доцільності

Що ми можемо визначити як критерії для вибору необхідних засобів діагностування для більш якісного та ефективного використання сил та часу, виділеного на підтримання та відновлення працездатності ТЗ?

Вибір номінального переліку засобів технічної діагностики є значним резервом збільшення ролі та доцільності застосування технічної діагностики в ООДК. Відтак пропонується номенклатуру засобів

технічної діагностики визначити за вказаними нижче принципами доцільності їх використання, а саме:



1. Забезпечити максимальний критерій ефективності системи ТО та ремонту, обмеживши трудовитрати в заданих значеннях;

$$Kz(S; \Delta S) \rightarrow \max \quad (1)$$

$$Tmo(S; \Delta S) \leq Tmp,$$

$$G(S; \Delta S) < Gmp$$

де  $K_r$  – коефіцієнт готовності, узятий за основний критерій ефективності системи ТО;  $T_{то}$  – трудовитрати на технічне обслуговування транспортного засобу;  $G$  – питомі витрати на ТО зразка ТЗ;  $T_{тр}$  – встановлене значення витрат часу;  $G_{тр}$  – встановлені витрати на ТО ТЗ;  $S$  – пробіг ТЗ.

2. Забезпечити визначене значення критерію ефективності максимально мінімізуючи трудовитрати.

$$Kz(S; \Delta S) \rightarrow Kzmp \quad (2)$$

$$Kz(S; \Delta S) \geq Kzmp$$

$$Tmo(S; \Delta S) \rightarrow \min$$

$$Tmo(S; \Delta S) \leq Tmp$$

$$G(S; \Delta S) \rightarrow \min$$

$$G(S; \Delta S) < G_{mp},$$

де  $G_{mp}$  – встановлені питомі витрати сил;  $\Delta S$  – напрацювання ТЗ, яке прогнозується.

Критерієм ефективності системи технічного обслуговування і ремонту ООДК з відповідним рівнем технічного діагностування розглядаємо коефіцієнт готовності  $K_2(\Delta S)$  на майбутнє напрацювання.

Як трактують матеріали нормативних документів [8], коефіцієнт готовності – це імовірність того, що зразок ТЗ виявиться працездатним у довільний момент часу, крім запланованих періодів, протягом яких використання зразка ТЗ за призначенням не передбачено.

Відповідно, значення  $K_2(\Delta S)$  отримуємо, виходячи з основного завдання автотехнічного забезпечення – підтримання відповідного рівня готовності всіх зразків ТЗ підрозділу (ООДК) шляхом проведення планових робіт з ТО та ремонту на заданому інтервалі майбутнього (що прогнозується) напрацювання ТЗ ( $\Delta S$ ). При цьому витрати часу на ТО і ремонт зразків ТЗ розглядаємо як денний бюджет часу, визначений нормативно-технічною документацією на проведення відповідних видів ремонтних робіт.

У свою чергу, коефіцієнт готовності ( $K_2$ ) визначається як відношення часу справної роботи до суми періодів справної роботи і вимушених простой зразка ТЗ, узятих за один і той же календарний термін [8].

При цьому математична формула має такий вигляд:

$$k_2(\Delta s) = \frac{T_{np}}{T_{np} + T_g}, \quad (3)$$

де  $T_{np}$  – середній час знаходження зразка ТЗ у працездатному стані;  $T_g$  – середній час на відновлення зразка ТЗ до працездатного стану.

Ураховуючи те, що вищевказаний коефіцієнт є комплексним показником надійності, і беручи до уваги, що його величина залежить від числа відмов на одиницю напрацювання, то виразивши  $T_g$  та  $T_{np}$  через інший показник надійності – параметр потоку відмов ( $\omega$ ), отримаємо:

$$T_{np} = \frac{1}{\omega \cdot V_c}, \quad (4)$$

$$T_{\sigma} = \sum_{i=0}^n t_{2i} \frac{\omega_i}{\omega}, \quad (5)$$

де,  $\omega$  – середній параметр потоку відмов об'єкта діагностування;  $\omega_i$  – середній параметр потоку відмов  $i$ -го елемента об'єкта діагностування;  $t_{\sigma i}$  – середній час пошуку та усунення  $i$ -ї відмови чи несправності;  $n$  – кількість несправностей, відмов об'єкта діагностики;  $V_c$  – середня швидкість руху ТЗ при використанні за призначенням.

Як результат, при проведенні математичних перетворень отримуємо:

$$\kappa_2(\Delta s) = \frac{1}{1 + V_c \sum_{i=1}^n \omega_i \cdot t_{\sigma i}}. \quad (6)$$

Отриманий результат свідчить про те, що  $K_2$  зворотно пропорційний значенням швидкості ТЗ, параметру потоку відмов і часу пошуку та усунення несправностей ТЗ. Ураховуючи той факт, що швидкість визначена відомчими наказами і зменшувати її ми не можемо, то доцільно зменшувати значення ( $\omega \cdot t_2$ ), що входить структурно у формулу (6), відповідно це суттєво збільшить  $K_2$ .

Створюється передумова до збільшення номенклатури і якісного складу засобів ТД, які доцільно обґрунтовувати не лише з огляду можливостей даних засобів, але й з потреби пошуку засобами діагностування конкретних відмов механізмів, вузлів, агрегатів, визначення в першу чергу їх параметрів, порівняння з нормативними значеннями.

У свою чергу слід пам'ятати, що діагностичні параметри вузла, механізму ТЗ, як і структурні, є змінними випадковими величинами і мають відповідні номінальні та граничні значення. При збільшенні пробігу зразка ТЗ з початку технічної експлуатації, його діагностичні параметри, як правило, змінюються. Зв'язок між діагностичними і структурними параметрами дає змогу без розбирання зразка ТЗ кількісно оцінити його технічний стан і стан його окремих елементів.

При цьому слід урахувати те, що вихідні дані можуть бути нами отримані зі статистичних даних про роботу даних зразків ТЗ у підрозділах ООДК та частково з параметру потоку відмов ( $\omega$ ). Провівши аналіз відмов ТЗ підрозділів ООДК у процесі експлуатації, можна підібрати ті засоби ТД, при застосуванні яких під час ТО, буде швидко виявлена несправність, яка призвела до тої чи іншої відмови або несправності зразка ТЗ.

Отже, при виборі номенклатури засобів технічної діагностики, необхідно враховувати значення похідної ( $\omega \cdot t_2$ ), оцінювати затрати часу на ТД та ТО для виконання вказаного принципу раціональності.

Методика, яка розкривається у даній статті, включає таку послідовність розрахунково-аналітичних робіт з вибору засобів ТД:

1. За результатами аналізу статистичних даних відмов і несправностей ТЗ підбираємо декілька альтернатив комплектів засобів ТД.

2. За кожним альтернативним комплектом засобів ТД проводимо розрахунки із визначення значення трудовитрат на діагностування, за такою формулою:

$$\tau_{\partial} = \sum_{i=1}^n \tau_{ij} + \sum_{i=1}^m P_{ij} \tau_{vi}, \quad (7)$$

де  $\tau_{ij}$  – трудовитрати діагностування  $i$ -го об'єкта діагностування  $j$ -м приладом чол.-год;  $\tau_{vi}$  – середні трудовитрати відновлення виявленої  $i$ -ї несправності, чол. год;  $P_{ij}$  – надійність діагностування  $i$ -го об'єкта  $j$ -м приладом.

3. Для кожного альтернативного комплекту засобів ТД проводимо розрахунки трудовитрат з ТО перед початком проведення робіт і трудовитрат на дефектувальні операції перед ТО:

$$\tau_{\partial} = \tau_{TO} \cdot \tau_{Def} - \sum_{i=1}^m \Delta \tau_{TOi}, \quad (8)$$

де  $\tau_{TO}$  – трудовитрати на ТО, чол.-год;  $D_{Def}$  – трудовитрати на дефектувальні роботи перед початком проведення ТО зразка ТЗ чол.-год;  $\sum_{i=1}^m \Delta \tau_{TOi}$  – сумарні

трудоуитрати на роботи з ТО та дефектувальні роботи зі зміною альтернатив комплектів ТД, чол.- год.



4. Кожному альтернативному комплекту ТД визначається залишковий параметр потоку на напрацювання, що прогнозується  $\omega(s)$  елементів.

$$\omega(s) = \omega_i(s) - \omega_i(s) \cdot P_{ej} + (1 + P_{ej}) \cdot \omega_i(s) = 2\omega_i(s) \cdot (1 + P_{ej}), \quad (9)$$

де  $\omega_i(s)$  – середній параметр потоку відмов  $i$ -го елемента на напрацювання зразка ТЗ, що прогнозується  $\Delta S$ ;  $P_{2j}$  – надійність проведення процедури діагностики  $j$ -м приладом.

5. Для кожного альтернативного комплекту ТД визначаємо коефіцієнт готовності за формулою (10), з урахуванням проведених заходів технічної діагностики:

$$\kappa_2(\Delta s) = \frac{1}{1 + V_c \left( \sum_{i=1}^m \omega_i \cdot t_{ei} + \sum_{j=1}^k \omega_j \cdot t_{ej} \right)}, \quad (10)$$

де  $m$  – кількість елементів об'єкта, що не проходили технічну діагностику в процесі ТО зразка ТЗ;  $k$  – кількість елементів, які перевірені діагностичними приладами комплекту ТД у процесі проведення ТО зразка ТЗ.

6. З отриманих значень коефіцієнтів готовності визначених альтернативних комплектів засобів технічної діагностики вибираємо той комплект, який має найбільше значення коефіцієнта, враховуючи трудовитрати, як не мають перевищити заданих норм.

7. Якщо коефіцієнти готовності у вибраних альтернативних комплектах засобів ТД рівні, ураховуємо сумарні трудовитрати та вибираємо мінімальні.

Наступний етап – для введення критерію економічної доцільності використання визначених комплектів засобів ТД у даній методиці присутній параметр питомих витрат ( $G$ ), який не повинен перевищити заданих значень:

$$G_{ТД} \leq G_{ТО}, \quad (11)$$

де  $G_{ТД}$  – питомі витрати на процедуру технічної діагностики, з урахуванням вартості засобів ТД;  $G_{ТО}$  – питомі витрати на загальну процедуру проведення ТО зразка ТЗ, з урахуванням проведення операцій з технічної діагностики.

При цьому питомі витрати ( $G_{ТД}$ ) визначаються з виразу:

$$G_{ТД} = \frac{G}{\sum_{i=1}^m \cdot \sum_{j=1}^k \cdot \Delta k_z(s)}, \quad (12)$$

Відповідно, запропонована методика вибору засобів технічного діагностування ТЗ враховує в собі показники надійності зразків ТЗ, визначаючи їх готовність до використання та обліково-штатний склад парку ТЗ ООДК. Це дозволяє з урахуванням вищевказаних критеріїв пропонувати номенклатуру та необхідну кількість засобів технічної діагностики у підрозділах та органах ДПСУ.

**Висновки.** Отже, представлена у даній статті методика раціонального вибору засобів технічного діагностування ТЗ пропонує здійснювати це за критеріями ефективності й економічної доцільності, що дозволяє значно збільшити ефективність технічної діагностики в процесі технічної експлуатації ТЗ у підрозділах та ООДК, при зменшенні трудовитрат і підвищенні коефіцієнта готовності ТЗ.

**Напрямки подальших досліджень.** Результати, які отримані за даною методикою, дозволяють розробити практичні рекомендації для вибору простих та ефективних сучасних засобів технічної діагностики, якими доцільно оснастити гаражі відділів прикордонної служби, пересувні засоби технічної допомоги (на базі автомобілів марки Fiat та Volkswagen), а також обладнати пости технічної діагностики на базі ПТОР інженерно-технічного відділу ООДК. Наявність даного обладнання дозволить значно покращити якість технічної експлуатації та сприятиме підтриманню належного рівня експлуатаційної безпеки.

### Список використаної літератури

1. Про Державну прикордонну службу України : Закон України (Відомості Верховної Ради, 2003, № 27, ст. 208) (Із змінами, внесеними згідно із Законом від 19.06.2003 № 965IV (96515) // ВВР. – 2003. – № 45, Ст. 357).
2. Букоємський С. Л. Доповідь на зборах керівного складу інженерно-технічних підрозділів РУ та органів ДПСУ “Про стан та перспективи технічного забезпечення ДПСУ за 2014 та вісім місяців 2015 року / С. Л. Букоємський

ський : матеріали зборів керівного складу інженерно-технічних підрозділів Державної прикордонної служби України. – К. : АДПСУ, 2015. – 32 с.

3. Сівак В. А. Визначення шляхів удосконалення існуючої системи технічної експлуатації транспортних засобів, за рахунок розробки концептуальних підходів їх безпечної експлуатації в умовах охорони державного кордону / В. А. Сівак // Вісник Національного технічного університету “ХПІ”. Серія : Автомобіле- та тракторобудування. – Х. : НТУ “ХПІ”, 2015. – № 9(1118). С. 86–91.

4. Власов В. М. Организация технического контроля и диагностики в региональных автотранспортных системах / В. М. Власов // Автомобильный и городской транспорт. (Итоги наук и техники. ВИНТИ). – М. ; 1986. – Вып. № 11. – С. 1–66.

5. Мороз С. М. Автоматизация контроля состояния и работы автомобилей с использованием бортовых систем. Техническая эксплуатация и ремонт автомобилей. [Обзор, информ. М-в автомоб. трансп.. РСФСР, ЦБНТИ, JSSN 0202-0998]. – Вып. № 3. – М. ; 1990. – 48 с.

6. Шаша И. К. Повышение безопасности дорожного движения в Украине путем оптимизации периодичности диагностирования транспортных средств / И. К. Шаша // Вестник Национального технического университета “ХПИ”. [Тематический выпуск “Транспортное машиностроение”]. – Харьков : НТУ ХПИ, № 37, 2005. – С. 151–158.

7. Сівак В. А. Концепція безпечної експлуатації транспортних засобів в умовах охорони державного кордону / В. А. Сівак // Збірник наукових праць НАДПСУ, Серія: військові і технічні науки : наукове видання. – Хмельницький : Видавництво НАДПСУ, 2015. – № 2(64). – С. 204–211.

8. Надійність техніки. Терміни та визначення : ДСТУ 2860-94.– К. : Видво стандартів, 1996. – 36 с.

*Рецензент – доктор технічних наук, професор Андрущук О. С.*

*Стаття надійшла до редакції 30.05.2016.*

**Сивак В., Угринович О., Пятков М. Методика выбора средств технического диагностирования транспортных средств по критериям эффективности и экономической целесообразности**

В статье раскрыта методика по выбору средств технического диагностирования транспортных средств для использования

в подразделениях автотехнического обеспечения органов охраны государственной границы. Сущность данной методики заключается в выборе средств технической диагностики по критериям эффективности и экономической целесообразности при функционировании эксплуатационного процесса в повседневных условиях, с целью повышения коэффициента готовности транспортных средств. Предоставлены в статье рекомендации по выбору средств диагностики основываются на определении перечня современных средств диагностики, номенклатуру которых возможно учитывать при комплектации ремонтных подразделений инженерно-технических отделов органов охраны государственной границы.

**Ключевые слова:** *средства технической диагностики, транспортные средства, критерии, эффективность, экономическая целесообразность.*

*Sivak V., Uhrynovych O., Piatkov M. The method of selection of the technical diagnostics of vehicles by criteria of efficiency and economic feasibility*

This article proves that border units and bodies of the State Border Guard Service of Ukraine use modern vehicles and combat wheeled vehicles to ensure efficiency and mobility for accomplishment of operational and armored combat vehicles. Along with this, the issues regarding survivability assessment accuracy of fighting vehicles samples and combat wheeled vehicles is very topical in the course of their use under combat conditions of special period for proper handling of their usage methods while performing a variety of armored special technician.

Along with this, in the course of their use occurs problems relative to the validity of the real technical condition a variety, as during the inspection of their technical condition at the exit in flight and during routine maintenance and repair of vehicles.

The main part of the article, in the framework of the theoretical aspects of developed and proposed by the author the Concept of safe exploitation ensuring of vehicles of bodies and units of the State border service of Ukraine under the conditions of state border protection, reveals the essence

and content an method for the choice of means of technical diagnostics of vehicles for use in the units of the auto technical provision of organs of the state border guard.

The essence of this method lies in the choice of means of technical diagnostics according to the criteria of efficiency and economic feasibility, in the operation of the operating process in everyday terms, with the aim of increasing the availability of your vehicles. Provided recommendations on the selection of diagnostics based on determination of the list of modern diagnostic tools, the range of which it is possible to take into account when picking a repair divisions of the engineering departments of the bodies of state border protection.

**Keywords:** *means of technical diagnostics, vehicles, criteria, efficiency, economic feasibility.*