УДК 625.096
DOI <https://doi.org/10.32838/TNU-2663-5941/2020.6-2/23>

Єманов В.В.

Національна академія Національної гвардії України

Полтавський Е.М.

Національна академія Національної гвардії України

Споришев К.О.

Національна академія Національної гвардії України

Карпенко С.І.

Національна академія Національної гвардії України

МЕТОД ФОРМУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ СУКУПНОСТІ ДІАГНОСТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМ І ВУЗЛІВ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ, ДІАГНОСТОВАНИХ ЗА КРИТЕРІЯМИ БЕЗПЕКИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Виконання службово-бойових завдань підрозділами Національної гвардії України залежить від стану озброєння та військової техніки. Технічний стан озброєння та військової техніки оцінюється методами діагностування. Кількість параметрів діагностування сьогодні надмірна. У статті розглянуто метод формування раціональної сукупності діагностичних параметрів систем і вузлів транспортного засобу, діагностованих за критеріями безпеки експлуатації.

В основу запропонованої методології нормування технічного стану покладено структурне уявлення про конструкцію автомобіля у вигляді взаємопов'язаних множин складових частин.

Об'єктами діагностування за критеріями безпеки визнані складові частини, технічний стан яких піддається експлуатаційним змінам, що знижують безпеку автомобіля, та для оцінки яких створюються алгоритми перевірок із відповідною періодичністю їх проведення. Основними резервами зниження аварійності внаслідок незадовільного технічного стану є підвищення ефективності діагностування гальмового і рульового керування, зовнішніх світлових приладів, коліс та інших складових частин, до працездатності яких передбачені обов'язкові вимоги.

Причиною змін у складі агрегатів, систем і вузлів, що впливають на безпеку транспортного засобу, є експлуатація транспортного засобу з новими вузлами або вузлами нових конструкцій. Нові вузли та системи, які впливають на безпеку транспортного засобу, також повинні бути об'єктом діагностування. Підтвердження такого впливу статистика аварійності дає зі значним тимчасовим запізненням, у міру насичення ними автомобільного парку країни.

Розроблений метод формування раціональної сукупності діагностичних параметрів систем і вузлів транспортного засобу, діагностованих за критеріями безпеки експлуатації, включає відбір складових частин для діагностування, нормування сукупностей діагностичних параметрів, розробку алгоритму прийняття рішення за результатами перевірки складових частин і необхідних методів діагностування.

Ключові слова: транспортний засіб, технічний стан, транспортний засіб, діагностика, критерії безпеки експлуатації, параметри діагностування.

Постановка проблеми. Сьогодні технічний контроль може бути віднесений до числа адміністративних засобів впливу держави на власника транспортного засобу з метою отримання бажаних результатів. Система технічного контролю автомобілів повинна стати запобіжним заходом щодо тих, хто нехтує безпекою на автомобільних дорогах. Для досягнення цієї мети необхідно обов'язкове діагностування транспортних засобів

у рамках цього заходу та інших видів контролю технічного стану АБТ [1; 2].

Особливість такого діагностування полягає в тому, що, на відміну, наприклад, від діагностування під час виконання ТО або ТР, результати мають обов'язковий характер. За результатами діагностування робиться висновок про технічний стан автомобіля і можливості його подальшої експлуатації [1].

Таким чином, очевидна необхідність затвердження мінімальної кількості діагностичних параметрів із визначенням реальних граничних значень для застосування їх при оцінці стану ТЗ під час контролю технічного стану АБТ.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вимоги до контролю технічного стану АБТ НГУ розглянуті в [1], вимоги до рівня безпеки дорожнього руху в Україні наведені у [2]. Основні принципи вибору та розробки заходів для підвищення безпеки дорожнього руху розглянуті в [3]. Різні погляди на забезпечення безпеки дорожнього руху наведені в [4], питання технічної діагностики колісних транспортних засобів – у [5]. Ці дослідження та публікації присвячені безпеці дорожнього руху на автомобільному транспорті та технічній діагностиці автомобільного транспорту, але проблемі удосконалення системи безпеки

дорожнього руху під час виконання службово-бойових завдань частинами НГУ за рахунок удосконалення системи діагностики було присвячено недостатньо уваги.

Мета статті – розроблення методу формування раціональної сукупності діагностичних параметрів систем і вузлів транспортного засобу, діагностованих за критеріями безпеки експлуатації.

Виклад основного матеріалу дослідження. Завдання й об'єкти діагностування транспортних засобів за критеріями безпеки й економічності експлуатації наведені на рис. 1.

На думку багатьох дослідників, основні зусилля щодо забезпечення захисту ТЗ від небезпечних несправностей, що впливають на зростання аварійності в країні, є прерогативою сфери експлуатації [3; 4].

Рис. 1. Завдання й об'єкти діагностування транспортних засобів

В основу пропонованої методології нормування технічного стану покладено структурне уявлення конструкції автомобіля у вигляді взаємопов'язаних множин складових частин. Об'єктами контролю за критеріями безпеки повинні бути такі складові частини, технічний стан яких піддається при експлуатації змінам, що знижують рівень безпеки автомобіля, і для оцінки яких створені відповідні алгоритми перевірки [5].

Для формалізованого представлення задачі введемо такі припущення. Нехай ТЗ складається з L деталей, N вузлів і n агрегатів. Деталі становлять кінцеву рахункову множину D : $D = \{d_1, d_2, \dots, d_L\}$; вузли – кінцеву рахункову множину, а агрегати – кінцеву рахункову множину A : $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$.

Кожному елементу множини $U: u_i$ відповідає підмножина $D_i: D_i \in D$. Таким чином, кожен i -ий вузол складається з безлічі деталей $D_i: D_i = \{d'_1, d'_2, \dots, d'_{N_i}\}$. N_i – кількість деталей у вузлі u_i , ($i = 1, 2, \dots, N$).

Тоді

$$\bigcup_{i=1}^n D_i = D, \sum_{i=1}^n N_i = L.$$

Елементу множини $A: a_j$ відповідає підмножина $U_j: U_j \in U$.

Таким чином, кожен j -ий агрегат складається з безлічі вузлів $U_j: U_j = \{u'_1, u'_2, \dots, u'_{n_j}\}$. n_j – кількість вузлів в агрегаті a_j , ($j = 1, 2, \dots, n$).

Тоді

$$\bigcup_{j=1}^n U_j = U, \sum_{j=1}^n n_j = N.$$

Об'єктами діагностування за критеріями безпеки повинні бути складові частини, технічний стан яких піддається експлуатаційним змінам, що знижують безпеку автомобіля, і для оцінки яких створюються алгоритми перевірок із відповідною періодичністю їх проведення.

Нехай U' – множина вузлів ТЗ, схильних до змін $U' \in U$.

Введемо дискретну функцію P таку, що

$$\forall i: P(u_i, u'_i) = p_i = \begin{cases} 1 - \text{якщо вузол } u_i \text{ схильний несправностям} \\ 0 - \text{якщо вузол } u_i \text{ не схильний несправностям} \end{cases}, \quad (1)$$

де p_i – індикатор схильності несправностей i -го вузла.

Тоді $u'_i = u_i \cdot p_i$ и $U' = \{u'_1, u'_2, \dots, u'_{N'}\}$, $N' < N$

Нехай A' – безліч агрегатів, схильних до несправностей $A' \in A$.

Введемо дискретну функцію Q , таку, що

$$\forall j: Q(a_j, a'_j) = q_j = \begin{cases} 1 - \text{якщо агрегат } a_j \text{ схильний несправностям} \\ 0 - \text{якщо агрегат } a_j \text{ не схильний несправностям} \end{cases}, \quad (2)$$

де q_j – індикатор схильності несправностей j -го агрегату.

Тоді

$$a'_j = a_j \cdot q_j \text{ та } A' = \{a'_1, a'_2, \dots, a'_{n'}\}, \quad n' < n. \quad (3)$$

Перелік складових частин, працездатність яких при експлуатації прямо впливає на безпеку ТЗ і може бути причиною ДТП, значно менша, ніж загальна номенклатура складових частин ТЗ. Він має відмінності для різних типів ТЗ і зазнає уточнення в міру еволюції конструкцій автомобілів.

Для суворого обґрунтування цього переліку недостатньо використовувати статистичні дані аварійності через незадовільний стан ТЗ через укрупнення розкритих статистикою причин ДТП. Відомості статистики служать лише попередньою аргументацією на попередньому етапі обґрунтування такого переліку.

Основні резерви зниження аварійності внаслідок незадовільного технічного стану криються в підвищенні ефективності діагностування гальмового і рульового керування, зовнішніх світлових приладів, коліс та інших складових частин, до працездатності яких передбачені обов'язкові вимоги.

Основним джерелом змін у складі агрегатів, систем і вузлів, що впливають на безпеку ТЗ, є експлуатація транспортного засобу з новими вузлами або вузлами нових конструкцій. Нові вузли та системи, які впливають на безпеку ТЗ, також повинні бути об'єктом діагностування. Підтвердження такого впливу статистика аварійності дає зі значним тимчасовим запізненням, у міру насичення ними автомобільного парку країни.

У зв'язку з цим дані статистики аварійності про вплив працездатності агрегатів, систем і вузлів на безпеку ТЗ при аналізі доповнюють експертними обґрунтуваннями причин ДТП. Ці експертні обґрунтування коректують і розвивають вихідні пропозиції, засновані на результатах аналізу статистичних даних аварійності.

Нехай U'' – множина вузлів, які схильні до несправностей при експлуатації та впливають на безпеку ТЗ $U'' \in U$.

Введемо дискретну функцію R таку, що:

$$\forall j: R(u''_m, u''_m) = r_m =$$

$$\begin{cases} 1 - \text{якщо несправність вузла } u''_m \text{ знижує безпеку ТЗ} \\ 0 - \text{якщо несправність вузла } u''_m \text{ не знижує безпеку ТЗ} \end{cases}, \quad (4)$$

де r_m – індикатор схильності до небезпечних несправностей m -го вузла.

Тоді $u''_m = u''_m \cdot r_m$ та $U'' = \{u''_1, u''_2, \dots, u''_{N''}\}$, $N'' < N' < N$.

Нехай G – безліч агрегатів, схильних до несправностей, що впливає на безпеку ТЗ $A'' \in A'$.

Введемо дискретну функцію T

$$\forall j: T(a'_j, a''_j) = t_j = \begin{cases} 1 - \text{якщо несправність агрегата } a'_j \text{ знижує безпеку ТЗ} \\ 0 - \text{якщо несправність агрегата } a'_j \text{ не знижує безпеку ТЗ} \end{cases}, \quad (5)$$

де t_j – індикатор схильності до небезпечних несправностей f -го агрегата.

Тоді $a''_f = a'_f \cdot t_f$ і $A'' = \{a''_1, a''_2, \dots, a''_n\}$, $n'' < n' < n$.

Нехай G – безліч алгоритмів перевірки вузлів u'_i , схильних до несправностей при експлуатації.

Введемо дискретну функцію F таку, що

$$\forall k: F(u'_k, u''_k) = g_k = \begin{cases} 1 - \text{якщо відомий алгоритм перевірки вузла } u'_k \\ 0 - \text{якщо не відомий алгоритм перевірки вузла } u'_k \end{cases}, \quad (6)$$

де g_k – індикатор схильності до несправностей k -го вузла.

Тоді

$$u'''_k = u''_k \cdot g_k \text{ та } G = \{g_1, g_2, \dots, g_{N''}\}, \quad N''' < N'' < N' < N. \quad (7)$$

Нехай H – безліч алгоритмів перевірки агрегатів a''_e , схильних до несправностей, що впливає на безпеку ТЗ.

Введемо дискретну функцію H таку, що

$$\forall l: H(a''_e, a'''_e) = h_l = \begin{cases} 1 - \text{якщо відомий алгоритм перевірки агрегата } a''_e \\ 0 - \text{якщо не відомий алгоритм перевірки агрегата } a''_e \end{cases} \quad (8)$$

де h_e – індикатор схильності до несправностей e -го агрегата.

Тоді $a'''_e = a''_e \cdot h_e$ і $H = \{h_1, h_2, \dots, h_{n''}\}$, $n''' < n'' < n' < n$.

Таким чином, умовами Z_q і W_I вибору відповідно q -го вузла і I -го агрегату для діагностування з метою забезпечення безпеки ТЗ будуть

$$Z_q = \prod_{k=1}^{N'''} p_i \cdot r_m \cdot g_k = 1, \quad q = 1, 2, \dots, N'''. \quad (9)$$

$$W_I = \prod_{j=1}^{n'''} q_j \cdot t_f \cdot h_e = 1, \quad I = 1, 2, \dots, n'''. \quad (10)$$

При формуванні складу агрегатів і систем ТЗ, які підлягають діагностуванню для забезпечення їх експлуатаційної безпеки, допустимо враховувати додаткові умови й обмеження. Наприклад, облік інформації про майбутнє застосування нових конструкцій ТЗ або початку їх виробництва.

Для оцінки експлуатаційної безпеки ТЗ не потрібно діагностування кожної зі складових частин, несправності яких можуть бути небезпечні в експлуатації. Експлуатаційну безпеку ТЗ повною мірою відображають укрупнені оцінки працездатності агрегатів, систем і вузлів, тож досить узагальнити ці приватні оцінки стосовно ТЗ загалом. Критерієм допустимості укрупнення складових частин ТЗ до агрегату, системи або вузла служить наявність алгоритму перевірки (діагностичні

параметри та методи перевірки) цього агрегату, системи, вузла як єдиного цілого.

Розроблений метод обґрунтування вибору агрегатів, систем і вузлів для діагностування може бути застосований у розробці вимог державної нормативно-технічної бази. У процесі розробки необхідно проаналізувати та застосувати результати раніше виконаних експериментальних досліджень із вивчення та систематизації несправностей, що знижують безпеку експлуатації ТЗ, а також вітчизняні та зарубіжні розробки методів діагностування [3–5].

За допомогою розробленого методу обґрунтований укрупнений перелік діагностованих агрегатів, систем і вузлів ТЗ, діагностованих за критеріями безпеки експлуатації, наведеними в табл. 1.

Отриманий укрупнений перелік може бути використаний при підготовці номенклатури вимог у проектах нормативних документів, які встановлюють вимоги до експлуатаційної безпеки ТЗ і методи її перевірки, в т. ч. при підготовці Державних стандартів. Після визначення укрупненого складу агрегатів, систем і вузлів, що діагностуються з метою забезпечення безпеки дорожнього руху, по кожному з них може бути сформована оптимальна за чисельністю сукупність діагностичних параметрів.

Пропонований метод формування сукупностей діагностичних параметрів передбачає розробку таких сукупностей для кожного з діагностованих агрегатів, систем і вузлів ТЗ окремо. Цей метод можна застосовувати і для вибору кращої сукупності діагностичних параметрів і ознак із числа можливих конкуруючих між собою сукупностей.

Дотепер методики формування сукупностей діагностичних параметрів для підтвердження безпеки ТЗ були відсутні, як і методи вибору кращої сукупності діагностичних параметрів і ознак із числа можливих. У відомих роботах обґрунтовувалися знову пропоновані діагностичні параметри, а також відповідні методи діагностування для конкретних складових частин ТЗ без зіставлення конкуруючих варіантів вибору. Методи порівняльного аналізу і вибору кращою сукупності діагностичних параметрів із числа можливих для діагностування з метою забезпечення безпеки дорожнього руху не пророблялися. Зусилля дослідників були зосереджені насамперед на створенні методів локалізації та розпізнанні несправностей.

Для формування сукупностей діагностичних параметрів і ознак за кожним із агрегатів, систем і вузлів, відібраних для діагностування з метою

забезпечення безпеки дорожнього руху, розроблена двоступенева методика відбору. На першій стадії виконується перевірка відповідності кожного з діагностичних параметрів (ознак) окремо визначеним методичним обмеженням їх придатності для використання у складі формованої сукупності при діагностуванні з метою забезпечення безпеки ТЗ.

Пропонується система методичних обмежень для включення діагностичних параметрів агрегату (системи, вузла) в сукупність, призначену для підтвердження безпеки ТЗ.

1. Діагностичні параметри повинні бути максимально загальними, щоб їх застосовність не залежала від тривалості перебування в експлуатації або місця виготовлення, від конструкції ТЗ і часу його виготовлення. Діагностичні параметри складових частин певних конструкцій повинні бути загальними для ТЗ, обладнаних такими частинами.

2. Діагностичні параметри повинні бути перевірені за умов експлуатації, а методи перевірки – адекватні умовам і технологічним можливостям застосування з урахуванням виробничо-технічної бази та засобів технічного діагностування.

3. Неприпустимі діагностичні параметри, відповідність яким неможливо оцінити в тому стані і в тих режимах функціонування ТЗ, які доступні при експлуатації (наприклад, у спорядженому стані ТЗ і за невисоких швидкостей руху).

Логічна процедура перевірки відповідності діагностичних параметрів наведеним обмеженням дозволяє без подальшого аналізу і зіставлень відхилити параметри, непридатні для діагностування, з метою забезпечення безпеки дорожнього руху.

Незалежно від методу визначення діагностичних нормативів їх розробка і регламентація повинні відповідати таким методичним правилам:

1. Повинно бути забезпечене чітке розмежування допустимого і неприпустимого стану скла-

дових частин, що забезпечує виявлення несправностей, у т. ч. прихованих.

2. Передбачені виробником більш жорсткі нормативи для конкретної моделі (модифікації) ТЗ повинні бути пріоритетними стосовно визначальних при експлуатації нормативів.

3. Діагностичні нормативи для експлуатованих ТЗ не повинні бути жорсткішими за конструкційні, передбачені вітчизняними та міжнародними стандартами.

4. Нормативи, встановлені українськими нормативними документами, не повинні бути м'якшими за передбачені міжнародними угодами та стандартами для експлуатованих ТЗ.

5. Рівень нормативів повинен забезпечувати виявлення наявності найбільш імовірних прихованих небезпечних несправностей, що задаються переліком, і запобігати ДТП через незадовільний технічний стан.

Відомі статистичні, розрахункові й експертні методи визначення діагностичних параметрів. Результати застосування кожного з цих методів для отримання нормативів працездатності агрегатів, систем і вузлів також піддаються емпіричному підтвердженню.

Замість виконання тривалих і дорогих досліджень із розробки діагностичних нормативів дедалі ширше використовуються нормативи, що встановлюються виробниками, що випускаються ними моделі ТЗ. Їх застосування виправдане тільки для діагностичних параметрів, за якими неможливо призначити єдині нормативи для широких класів або видів ТЗ і доводиться вводити нормативи, індивідуальні для кожної моделі (типу) або сімейства.

Так, застосування подібних індивідуальних діагностичних нормативів, розроблених виробником, передбачене для тиску стисненого повітря на контрольних висновках пневматичного

Таблиця 1

**Перелік систем і вузлів транспортного засобу,
діагностованих за критеріями безпеки експлуатації**

Агрегат, система, вузол – об'єкт діагностування за критеріями безпеки	
1. Робоча гальмівна система	12. Склоочисники та склоомивачі
2. Стоянкова гальмівна система	13. Тягово-зчіпний пристрій
3. Запасна гальмівна система	14. Скло й оглядовість
4. Допоміжна гальмівна система	15. Комплектість ТЗ
5. Інерційний гальмівний привід	16. Кріплення складових частин і приладдя
6. Гальмівний привід	17. Сидіння і ремені безпеки
7. Рульове управління	18. Спідометри та тахографи
8. Фари	19. Підвіски і карданна передача
9. Сигнальні ліхтарі	20. Замки дверей, запори бортів і горловин, вимикачі
10. Колеса і шини	21. Маркування ТЗ
11. Двигун	

гальмівного приводу, сумарного люфту в рульовому управлінні, натягу ременя приводу насоса гідропідсилювача рульового управління, величини підвищеної частоти обертання колінчастого вала двигуна, вмісту шкідливих речовин і димності відпрацьованих газів двигуна та інших параметрів. З огляду на високий ступінь вивченості моделей, що випускаються, кожен виробник розробляє раціональні за величиною діагностичні нормативи. Ступінь їх обґрунтованості найчастіше вищий, ніж для розроблених в експлуатації нормативів більш широкої сфери застосування з огляду на тривалі та всебічні випробування на моделях і модифікаціях ТЗ, які випускаються. Для таких нормативів це є гарантією запобігання методичних помилок діагностування за їх широкого застосування.

Глибина діагностування за критеріями безпеки задається номенклатурою вимог до технічного стану. Нині ці вимоги встановлюються розділом 32 Правил дорожнього руху України [2] на підставі ДСТУ 3649-97 «Експлуатаційні вимоги безпеки до технічного стану та методи контролю». Після отримання результатів діагностування по одній складовій частині, незалежно від їх змісту, перевірка перемикається на інші. Обсяг перевірок недостатній для локалізації несправностей, а технічний стан ТЗ відображає набір розрізних оцінок стану складових частин. Формуються оцінки допустимості подальшої експлуатації ТЗ, які можуть не відображати наявності деяких, найбільш складних несправностей.

Вимоги безпеки, як і одержувані на їх основі оцінки технічного стану, нерівнозначні. Стосовно ТЗ загалом необхідне узагальнення приватних розрізних результатів діагностування.

На відміну від більшості інших завдань діагностування, оцінка експлуатаційної безпеки ТЗ вимагає узагальнення результатів контролю сукупності діагностичних параметрів. З огляду на те, що загальне число діагностичних параметрів і ознак сучасних ТЗ перевищує 200, завдання їх узагальнення вимагає коректного рішення.

Методичним інструментом подібних узагальнень у діагностиці служить моделювання ТЗ як об'єкта діагностування. Відомі діагностичні моделі створювалися з метою підтвердження економичності експлуатації або локалізації несправностей і не відображали експлуатаційну безпеку ТЗ, не задовольняли обмеження у її отриманні.

Специфіка й обмеження можливостей оцінки експлуатаційної безпеки ТЗ полягають у такому:

1. Складові частини ТЗ діагностують порізно й оцінюють різними показниками.

2. Потрібна єдина оцінка експлуатаційної безпеки ТЗ, яку відображають логічним узагальненням оцінок складових частин.

3. Статистичні зв'язки між оцінками працездатності складових частин залишаються виявленими, а прогнозування її змін не досягається.

4. Встановлені діагностичні нормативи допускають лише імовірнісні оцінки допустимості продовження експлуатації складової частини на ТЗ з позицій безпеки.

Стосовно специфіки оцінки експлуатаційної безпеки ТЗ пропонується метод узагальнення результатів діагностування складових частин ТЗ. У його основу покладено математичне моделювання експлуатаційної безпеки ТЗ як об'єкта діагностування. ТЗ в ній представляється сукупністю N «чорних ящиків» по числу окремо діагностованих N складових частин, до яких нормативними документами передбачені вимоги безпеки.

Кожна n -а складова частина ТЗ представляється у вигляді «чорного ящика». Графічне представлення ТЗ як об'єкта діагностування за критеріями безпеки наведено на рис. 2. Чорний ящик задається кінцевою множиною Y_n вхідних тестових (стимулюючого впливу на n -у складову частину або режимних параметрів (входів) об'єкта, кінцевою множиною S_n вихідних (діагностичних) параметрів (виходів) і кінцевою множиною X_n структурних параметрів внутрішнього технічного стану n -ої складової частини об'єкта

$$Y_n = \{y_i\}, \quad i = 1, 2, \dots, H; S_n = \{s_j\}, \quad j = 1, 2, \dots, J, \quad (11)$$

де y_i – стан i -го тестового вхідного впливу (режимного параметра) на n -у складову частину об'єкта;

s_j – стан j -го виходу (діагностичного параметра або ознаки) n -ої складової частини об'єкта; H – число врахованих у діагностуванні вхідних впливів на n -у складову частину (режимних параметрів) об'єкта;

J – число діагностичних параметрів n -ої складової частини об'єкта.

Оператор W , що перетворює множини S_n вихідних (діагностичних) параметрів і Y_n тестових вхідних (стимулюючих) впливів у множину X_n відображає внутрішній технічний стан n -го «чорного ящика»

$$X_n = W_n(S_n; Y_n).$$

З урахуванням можливості стабілізації при контролі або приведення до встановленої «тестової» форми елементів множини Y_n , отримаємо

$$X_n = \Phi_n(S_n).$$

Завданням діагностування є визначення n -ї складової частини об'єкта («чорного ящика») невідомих значень параметрів X_n за відомими вихідними параметрами S_n і формування загальної оцінки об'єкта загалом за отриманими N оцінками X_n його складових частин.

Для спрощення вводиться нормування вхідних тестових впливів $\{y_i\}$ і вихідних діагностичних параметрів $\{s_i\}$.

Призначенням контролю експлуатаційної безпеки служить віднесення об'єкта до одного із двох станів – допустимого або неприпустимого. Безліч внутрішніх технічних станів об'єкта (здебільшого нескінченна) за такого бінарного (дворівневого) подання відповідає допустимій нормативними документами при $X_n=1$ або не відповідає $X_n=0$.

У цій моделі структурні параметри експлуатаційної безпеки X об'єкта (ТЗ) загалом не задаються, а при виконанні перевірок не визначаються. У процесі контролю оцінюються тільки вихідні діагностичні параметри $S_n = \{s_j\}$ і безпосередньо за ними – внутрішній технічний стан $X = \bigcap \{X_n\}$ об'єкта в бінарній формі. У цьому принципова відмінність моделі об'єкта контролю експлуатаційної безпеки.

У разі невідповідності встановленим вимогам стану будь-якого S_j виходу n -го «чорного ящика» його працездатність X_n визнається незадовільною, а за незадовільного стану $X_n=0$ будь-якого з N «чорних ящиків» визнано незадовільною експлуатаційну безпеку X об'єкта (ТЗ) загалом $X_n=0$.

Рис. 2. Графічне представлення ТЗ як об'єкта діагностування за критеріями безпеки [5]:

y_j^n – стан j -го тестового впливу на n -у складову частину об'єкта; S_j^n – стан j -го виходу (діагностичного параметра або ознаки) n -ї складової частини об'єкта; Q_j^n – нормативне граничне значення j -го виходу n -ї складової частини об'єкта; C_j^n – нормований стан j -го виходу n -ї складової частини об'єкта, представлений у бінарній формі; X_n – внутрішній технічний стан (структурний параметр) n -ї складової частини об'єкта в бінарному представленні; X – внутрішній технічний стан ТЗ загалом як об'єкта перевірки в бінарному представленні (одностороннім або двостороннім обмеженням, що має назву «нормативи») будь-якого із вхідних (стимулюючих) впливів $\{y_i\}$ або будь-якого з вихідних (діагностичних) параметрів S_n , стану відповідного входу або виходу приймаються рівними 0, а за їх відповідності встановленим вимогам – рівними 1.

Мовою булевої алгебри постановка діагнозу n -ої складової частини об'єкта представляється кон'юнкція множини її S_n вихідних (діагностичних) параметрів

$$X_n = \bigcap \{s_j\}, \quad (12)$$

а постановка діагнозу об'єкта контролю загалом – кон'юнкція станів всіх N «чорних ящиків» або сукупності всіх множин $\{S_n\}$ їхніх вихідних (діагностичних) параметрів

$$X = \bigcap \{X_n\} = \bigcap \{\bigcap (S_j)\}. \quad (13)$$

Наведена математична модель дає алгоритм прийняття рішення за результатами перевірок приватних параметрів: за невідповідності встановленим нормативам будь-якого показника експлуатаційної безпеки, що регламентується нормативними документами, безпека ТЗ визнається незадовільною.

Висновки. Наведений формалізований опис процесу прийняття рішення за результатами послідовного виконання заданого ряду перевірок пра-

цездатності складових частин ТЗ може легко реалізуватися програмними методами або алгоритмами вбудованих обчислювальних блоків пультів управління діагностичних стендів і приладів, пультів управління діагностичних стендів і приладів.

Діагностування з метою підтвердження експлуатаційної безпеки ТЗ включає лише процедури послідовного вимірювання низки контрольованих параметрів, а в ряді випадків – ще й обчислення за заданими алгоритмами похідних оціночних параметрів і нормативів за результатами вимірювань, їх порівняння з нормативами (встановленими або обчисленими) і найпростішу логічну обробку результатів порівняння.

Розроблений метод формування раціональної сукупності діагностичних параметрів систем і вузлів транспортного засобу, діагностованих за критеріями безпеки експлуатації, включає відбір складових частин для діагностування, нормування сукупностей діагностичних параметрів, розробку алгоритму прийняття рішення за результатами перевірки складових частин і необхідних методів діагностування.

Список літератури:

1. Наказ Командувача НГУ «Про затвердження порядку організації та експлуатації автомобільної техніки, іншого майна номенклатури автомобільної служби Національної гвардії України» від 27 грудня 2016 р. № 900.
2. Законодавство України про дорожній рух : збірник нормативних актів / за ред. Демського Е.Ф. Київ, 2015. 416 с.
3. Кізма С.С., Прокопенко Ю.М. Основні принципи вибору та розробки заходів для підвищення безпеки дорожнього руху. Безпека дорожнього руху. 2009. № 2. С. 7–12.
4. Державне управління в сфері забезпечення безпеки дорожнього руху (структурно-логічні схеми) : навчальний посібник / Л.І. Сопільник, В.В. Новіков, Л.Г. Чистоклетов ; Львів. ун-т бізнесу та права ГУМБС України у Львів. обл. Львів : Львів. ун-т бізнесу та права, 2012. 178 с.
5. Основи технічної діагностики колісних транспортних засобів : навчальний посібник / Біліченко В.В., Крещенецький В.Л., Кукурдзяк Ю.Ю., Цимбал С.В. Вінниця : ВНТУ, 2012. 118 с.

Yemanov V.V., Poltavskyi E.M., Sporyshev K.O., Karpenko S.I. METHOD OF FORMING A RATIONAL SET OF DIAGNOSTIC PARAMETERS OF SYSTEMS AND COMPONENTS OF THE VEHICLE, DIAGNOSED ACCORDING TO THE CRITERIA OF OPERATIONAL SAFETY

Execution of service and combat tasks by units of the National Guard of Ukraine depends on the state of armaments and military equipment. The technical condition of armaments and military equipment is assessed by diagnostic methods. The number of diagnostic parameters is excessive today. The article considers the method of forming a rational set of diagnostic parameters of systems and components of the vehicle, diagnosed according to the criteria of operational safety.

The proposed methodology of standardization of technical condition is based on a structural representation of the car structure in the form of interconnected sets of components, the elements of each of which are matched by a special algorithm and the frequency of certain types of maintenance.

Objects of diagnostics according to safety criteria are recognized as components, the technical condition of which is subject to operational changes, which reduces the safety of the car and for the assessment of which algorithms of inspections are created with the appropriate frequency of their implementation. The main reserves for reducing accidents due to unsatisfactory technical condition lie in improving the efficiency of diagnosing brake and steering, external lighting devices, wheels and other components, the performance of which is subject to mandatory requirements.

The main source of changes in the composition of units, systems and components that affect the safety of the vehicle is the operation of the vehicle with new components or components of new structures. New components and systems that affect the safety of the vehicle should also be subject to diagnosis. Confirmation of such influence is given by accident statistics with considerable time delay, in process of saturation by them of automobile park of the country.

The developed method of forming a rational set of diagnostic parameters of vehicle systems and components diagnosed according to the criteria of operational safety includes selection of components for diagnosis, rationing of sets of diagnostic parameters, development of decision-making algorithm based on test components and necessary diagnostic methods.

Key words: vehicle, technical condition, vehicle, diagnostics, operational safety criteria, diagnostic parameters.