

УДК 629.34.0157

В. А. СІВАК, кандидат технічних наук, доцент, начальник кафедри інженерного та технічного забезпечення охорони державного кордону Національної академії Державної прикордонної служби України імені Богдана Хмельницького, м. Хмельницький

МЕТОД ОБҐРУНТУВАННЯ СКЛАДУ АГРЕГАТИВ І СИСТЕМ, ЯКІ НЕОБХІДНО ДІАГНОСТУВАТИ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Проведена формалізація та розкрита сутність методу обґрунтування складу агрегатів і систем, які необхідно діагностувати для забезпечення безпеки транспортних засобів, основу якого складають критерії залежностей між структурою множини деталей, вузлів і агрегатів та множинами алгоритмів контролю їх стану.

Ключові слова: експлуатаційна безпека, діагностування.

Постановка проблеми у загальному вигляді. На сучасному етапі функціонування Державної прикордонної служби України (ДПСУ) важливою компонентою інтегрованого управління кордонами є технічна складова. На теперішній час практично всі підрозділи та органи охорони державного кордону (ООДК) укомплектовані достатньою кількістю сучасних зразків транспортних засобів (ТЗ), наявність яких дозволяє оперативно та мобільно виконувати різноманітні завдання з охорони державного кордону [1].

Разом з тим у процесі використання цих ТЗ актуальною постає проблема у забезпеченні належного рівня безпеки їх експлуатації, у тому числі шляхом діагностування їх окремих агрегатів і систем.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано вирішення даної проблеми та на які опирається автор. Дослідження процесу забезпечення належного рівня безпеки експлуатації транспортних засобів за рахунок процесу діагностування окремих агрегатів та систем автомобілів здійснювалось у наукових працях Н. Я. Говоруценка, С. М. Мороза, І. К. Шаші та інших відомих вчених [3–4]. Однак існує необхідність чіткого визначення та адаптації даних методів при забезпеченні безпечної експлуатації ТЗ в умовах виконання оперативно-службових завдань підрозділами охорони державного кордону.

Метою даної статті, а також передумовою методично правильного обґрунтування вимог до безпеки експлуатованих ТЗ є обґрунтування раціонального складу агрегатів, систем і вузлів для діагностування.

Виклад основного матеріалу дослідження. В умовах, які досліджуються, завдання обґрунтування вирішується не на всій номенклатурі складових частин ТЗ, а лише на збільшеному переліку агрегатів, систем і вузлів, кожен з яких діагностується як одне ціле, без подальшої локалізації несправностей. Це не питання зручності або форми обґрунтування, а принцип рішення завдань діагностування з метою підтвердження безпеки ТЗ, які експлуатуються.

Основна доля складових частин недоступна для огляду без розбирання ТЗ і їх несправності виявляють себе тільки через функціонування агрегатів, систем і вузлів, у конструкції яких вони включені. Джерелами несправностей може бути абсолютна більшість з десятків тисяч складових частин усіх агрегатів і систем ТЗ, але менше 1 000 з них доступні для огляду. Для діагностування доступні практично усі агрегати (системи, вузли) ТЗ, у конструкціях яких функціонують абсолютна більшість складових частин. При цьому об'єктами діагностування з метою підтвердження безпеки експлуатованих ТЗ служить порівняно невелике число вузлів систем і агрегатів, число яких не перевищує 200 одиниць.

Тому при вирішенні завдань обґрунтування вимог до експлуатаційної безпеки ТЗ необхідно визначити склад агрегатів, що діагностуються, систем і вузлів, у конструкції яких входять потенційно небезпечні складові частини, приховані або явні несправності яких знижують безпеку ТЗ.

Саме працездатність указаних агрегатів, систем і вузлів має бути об'єктом діагностування і огляду при підтвердженні безпеки експлуатованих ТЗ.

Розглянемо метод обґрунтування складу об'єктів діагностування, що діагностуються з метою підтвердження безпеки ТЗ. Зі всього переліку складових частин певного типу ТЗ має бути виділений збільшений перелік складових частин, працездатність яких при експлуатації схильна до погіршення внаслідок зносу, старіння, наслідків ТО і ремонту або неприпустимої зміни конструкції ТЗ. Тільки складові частини ТЗ, працездатність яких при експлуатації схильна до погіршення, можуть бути об'єктами діагностування при підтвердженні безпеки експлуатованих ТЗ [2].

На основі підготовленого переліку має бути розроблений перелік складових частин, працездатність яких при експлуатації прямо впливає на безпеку ТЗ і може служити причиною дорожньо-транспортних пригод (ДТП). Цей перелік пов'язаний з особливостями конструкції і умовами експлуатації ТЗ. У ході еволюції конструкцій ТЗ, після появи в експлуатації нових моделей з новими вузлами і системами, указаний збільшений перелік повинен відповідним чином коригуватися.

На основі отриманого переліку складових частин, працездатність яких схильна до погіршення і несправності яких можуть бути небезпечні при експлуатації, має бути підготовлений перелік збільшених складових частин (агрегатів, систем, вузлів), яким проводиться діагностування наявними методами і оцінки працездатності яких при цьому формуються.

На цьому етапі деталізація конструкції ТЗ представляється збільшено, тобто на рівні агрегатів, що діагностуються окремо, систем і вузлів, окремо. Ця ознака деталізації, що відповідає досягнутій глибині діагностування, носить відому умовність, оскільки пов'язана не лише з конструкцією ТЗ, але й з розвитком методів діагностування, які застосовуються. При цьому діагностування допускається виконувати кількісними або органолептичними методами.

Графічна ілюстрація відбору раціонального складу агрегатів, систем і вузлів – об'єктів діагностування з метою забезпечення експлуатаційної безпеки ТЗ зображена на рис. 1.

Для формалізованого представлення даного методу введемо такі припущення. Нехай ТЗ складається з L деталей, N вузлів і n агрегатів. При цьому деталі складають кінцеву рахункову множину D : $D = \{d_1, d_2, \dots, d_L\}$;

вузли складають кінцеву рахункову множину U : $U = \{u_1, u_2, \dots, u_N\}$, а

агрегати складають кінцеву рахункову множину A : $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$.



Рис. 1. Ілюстративне обґрунтування складу агрегатів, систем і вузлів, що діагностуються для забезпечення безпеки ТЗ, які експлуатуються

Кожному елементу великої кількості $U : u_i$ відповідає підмножина $D_i : D_i \in D$. Таким чином, кожен i -й вузол складається з множини 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

$$\bigcup_{j=1}^n D_j = D, \quad \sum_{j=1}^N N_j = L. \quad (1)$$

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

Таким чином, кожен j -й 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

$$\bigcup_{j=1}^n U_j = U, \quad \sum_{j=1}^n n_j = N. \quad (2)$$

Загальна структура зв'язків між безліччю деталей, вузлів і агрегатів показана на рис. 2.

Перелік складових частин, працездатність яких при експлуатації схильна до погіршення, як відомо з численних досліджень надійності ТЗ, відповідає приблизно половині номенклатури складових частин ТЗ в цілому (чисельністю близько 15–18 тис. для легкових автомобілів сучасних конструкцій). Лише 30–40 відомих найбільш безвідмовних складових частин і деталей гарантованої міцності при експлуатації в принципі не схильні до деградації своїх властивостей і не можуть бути джерелом несправностей.

Наприклад, до 10–15 практично безвідмовних складових частин належать рама і кабіна вантажних автомобілів, картер заднього моста, гальмівні щити.

До деталей гарантованої міцності гальмівного і рульового управління належать педаль гальма з кронштейном кріплення і деталями в з'єднанні педалі гальма і головного гальмівного циліндра або гальмівного крана; гальмівні трубопроводи; вузли регульовальних і розтискних кулаків; гальмівні колодки і диски; розподільник повітря; рульовий вал; рульове колесо тощо.

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

Введемо дискретну функцію P таку, що:

$$\begin{aligned} \forall i: P(u_i, u'_i) &= p_i = \\ &= \begin{cases} 1 - \text{якщо } u_i \text{ схильний до несправностей} \\ 0 - \text{якщо вузол } u_i \text{ не схильний до несправностей} \end{cases}, \end{aligned} \quad (3)$$

де p_i – індикатор схильності до несправностей i -го вузла.

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

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

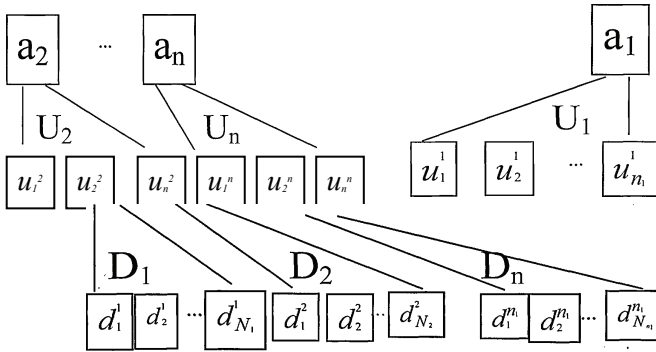


Рис. 2. Структура залежностей у системі множини деталей, вузлів і агрегатів ТЗ

Введемо дискретну функцію Q таку, що:

$$\forall j: Q(a_j, a_j) = q_i = \begin{cases} 1 - \text{якщо агрегат } a_j \text{ схильний до несправностей} \\ 0 - \text{якщо агрегат } \theta_j \text{ не схильний до несправностей} \end{cases}, \quad (4)$$

де q_j – індикатор схильності до несправностей i -го агрегату.

Тоді

$$a_j' = a_j \cdot q_j \text{ і } A' = \{a_1', a_2', \dots, a_n'\}, \quad n' < n. \quad (5)$$

Перелік складових частин, працездатність яких при експлуатації прямо впливає на безпеку ТЗ і може бути причиною ДТП, значно менше загальної номенклатури складових частин ТЗ. Він має відмінності для різних типів ТЗ і зазнає уточнення у міру еволюції конструкцій автомобілів.

Для обґрунтування цього переліку недостатньо використовувати статистичну аварійність унаслідок незадовільного стану ТЗ, зважаючи на збільшення відображених статистикою причин ДТП. Відомості статистики служать лише попередньою аргументацією на початковому етапі обґрунтування такого переліку.

Основні резерви зниження аварійності внаслідок незадовільного технічного стану належать в підвищенні ефективності діагностування гальмівної системи і рульового управління, зовнішніх світлових прила-

дів, коліс і інших складових частин, до працездатності яких ставляться обов'язкові вимоги.

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

У зв'язку з цим дані статистики аварійності про вплив працездатності агрегатів, систем і вузлів на безпеку ТЗ при аналізі доповнюються експертними обґрунтуваннями причин цих ДТП. Дані експертні обґрунтування коригують і розвивають вхідні речення, що ґрунтуються на результатах аналізу статистичних даних аварійності.

Нехай U'' – безліч вузлів, схильних до несправностей при експлуатації і ТЗ $U'' \in U$, що впливає на безпеку.

Введемо дискретну функцію R таку, що:

$$\forall j: R(u_m', u_m'') = r_m = \begin{cases} 1 - \text{якщо несправність вузла } u_m' \text{ знижує безпеку ТЗ} \\ 0 - \text{якщо несправність вузла } u_m' \text{ не знижує безпеку ТЗ} \end{cases}, \quad (6)$$

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

$$\text{Тоді } u_m'' = u_m' \cdot r_m \text{ і } U'' = \{u_1'', u_2'', \dots, u_{N'}''\} \quad N'' < N' < N.$$

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

Введемо дискретну функцію T :

$$\forall j: T(a_f', a_f'') = t_f = \begin{cases} 1 - \text{якщо несправність агрегату } a_f' \text{ знижує безпеку ТЗ} \\ 0 - \text{якщо несправність агрегату } a_f' \text{ не знижує безпеку ТЗ} \end{cases}, \quad (7)$$

де t_f – індикатор схильності до небезпечних несправностей f -го агрегату.

Тоді $a'_f = a'_f \cdot t_f$ і $A^n = \{a_1^n, a_2^n, \dots, a_n^n\}$ $n^n < n' < n$.

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

Введемо дискретну функцію F таку, що:

$$\begin{aligned} \forall k : F(u_k^n, u_k^n) &= g_k = \\ &= \begin{cases} 1 - \text{якщо відомий алгоритм перевірки вузла } u_k^n, \\ 0 - \text{якщо невідомий алгоритм перевірки вузла } u_k^n \end{cases}, \end{aligned} \quad (8)$$

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

Тоді $u_k^n = u_k^n \cdot g_k$ і $G = \{g_1, g_2, \dots, g_{N^n}\}$, $N^n < N' < N$.

Нехай H – безліч алгоритмів перевірки агрегатів a_e' , схильних до несправностей, що впливають на безпеку ТЗ.

Введемо дискретну функцію H таку, що:

$$\begin{aligned} \forall l : H(a_e^n, a_e^n) &= h_e = \\ &= \begin{cases} 1 - \text{якщо відомий алгоритм перевірки агрегату } a_5^n, \\ 0 - \text{якщо невідомий алгоритм перевірки агрегату } a_5^n \end{cases} \end{aligned} \quad (9)$$

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

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

Графічна ілюстрація залежностей між структурою множини деталей, вузлів і агрегатів від складу великих кількостей, створених для оцінки їх працездатності алгоритмів контролю, зображена на рис. 3.

Таким чином, умовами Z_q і W_l вибору відповідно q -го вузла і l -го агрегату для діагностування з метою забезпечення безпеки ТЗ будуть [3]:

$$Z_q = \prod_{k=1}^{N^n} p_i \cdot r_m \cdot g_k = 1, \quad q = 1, 2, \dots, N^n. \quad (10)$$

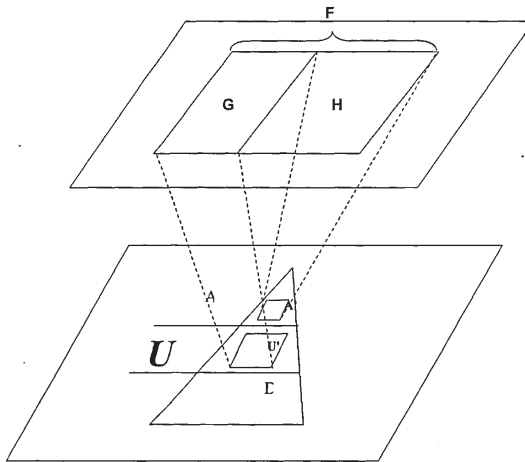


Рис. 3. Структура залежностей між множиною деталей, вузлів і агрегатів та множинами алгоритмів перевірки

$$W_I = \prod_{j=1}^{n^*} q_j \cdot t_f \cdot h_e = 1, \quad I = 1, 2, \dots, n^* \quad (11)$$

При формуванні складу агрегатів і систем ТЗ, що діагностуються для забезпечення їх експлуатаційної безпеки, допустимо враховувати додаткові умови і обмеження. Наприклад, можливий 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 при експлуатації. Таке діагностування еквівалентно пошуку несправностей з граничною (до деталей) глибиною діагностування. Експлуатаційну безпеку ТЗ повною мірою відображають підвищені оцінки працездатності агрегатів, систем і вузлів, так що досить узагальнити ці часткові оцінки стосовно ТЗ в цілому.

Критерієм допустимості збільшення складових частин ТЗ до агрегату, системи або вузла служить наявність алгоритму перевірки (діагностичні параметри і методи перевірки) цього агрегату, системи, вузла як єдиного цілого.

Висновок. Таким чином, запропонований метод обґрунтування вибору агрегатів, систем і вузлів для діагностування може бути застосований при розробці вимог як відомчої, так і державної нормативно-технічної бази.

У подальшому науковому дослідженні необхідно проаналізувати і застосувати результати раніше виконаних експериментальних досліджень із вивчення і систематизації несправностей, які знижують безпеку експлуатації ТЗ, а також вітчизняні і зарубіжні розробки подібних методів діагностування.

Список використаної літератури

1. Кривий В. І. Тези доповіді “Стан та перспективи технічного переоснащення органів охорони державного кордону України / В. І. Кривий : IV Всеукраїнська науково-практична конференція. – Хмельницький : Вид-во НАДПСУ, 2011.
2. Мирошников Л. В. Диагностирование технического состояния автомобилей на автотранспортных предприятиях / Л. В. Мирошников, А. П. Болдин, В. И. Пал. – М. : Транспорт, 1977. – 263 с.
3. Говорущенко Н. Я. Диагностика технического состояния автомобилей / Н. Я. Говорущенко. – М. : Транспорт, 1980. – 254 с.
4. Аринин И. Н. Диагностирование технического состояния автомобилей / И. Н. Аринин. – М. : Транспорт, 1978. – 176 с.

Рецензент – доктор технічних наук, доцент Лисий М. І.

Стаття надійшла до редакції 25.09.2013.

Сивак В. А. Метод обоснования состава агрегатов и систем, которые необходимо диагностировать для обеспечения безопасности транспортных средств

Проведена формализация и раскрыта сущность метода обоснования состава агрегатов и систем, которые необходимо диагностировать для обеспечения безопасности транспортных средств, основу которого составляют критерии зависимостей между структурой множества деталей, узлов и агрегатов, а также множествами алгоритмов контроля их состояния.

Ключевые слова: эксплуатационная безопасность, диагностика.

Sivak V. A. Method of substantiation of composition of aggregates and systems to be diagnosed for providing of safety of vehicles

The article concerns the formalization and essence of method of substantiation of composition of aggregates and systems to be diagnosed for providing of safety of vehicles, basis of which is made by the criteria of dependences between the structure of number of details, knots and aggregates, and number of algorithms of their state control.

Keywords: *operating safety, diagnostics.*