

УДК 629.34.0138 (043.3)

В.А. СІВАК

Національна академія Державної прикордонної служби ім. Б. Хмельницького

## МОДЕЛЬ КОМПЛЕКСНОГО КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ В УМОВАХ КОНТРОЛЬНО-ТЕХНІЧНИХ ПУНКТИВ ОРГАНІВ ТА ГАРАЖІВ ПІДРОЗДІЛІВ ОХОРОНИ КОРДОНУ

*В даній статті розкрито сутність, зміст та структуру моделі комплексного контролю технічного стану транспортних засобів в умовах виходу з контрольно-технічних пунктів органів та гаражів підрозділів охорони кордону.*

*У статті висвітлена послідовність та специфіка застосування експрес-методу для визначення технічного стану транспортних засобів. При цьому, під час контролю технічного стану знімаються діагностичні параметри тільки тих основних показників, які об'єктивно відображають стан експлуатаційної безпеки. В послідуєчому, вони класифікуються та ранжуються за рівнями безпечності, а також надаються рекомендації про доцільність подальшої експлуатації даних зразків транспортних засобів.*

*В процесі імітаційного моделювання використано авторське програмне забезпечення, яке побудоване на відомих методах, що забезпечує достатню валідацію та дає підстави стверджувати про відповідність процедури контролю технічного стану транспортних засобів реальному процесу в умовах гаражів відділів та контрольно-технічних пунктів органів охорони кордону.*

*Ключові слова: контроль технічного стану, експлуатаційна безпека, показники, параметри, транспортні засоби.*

V.A. SIVAK

National Academy of State Borderguard service of Ukraine named after B. Khmelnytskyi

## MODEL OF INTEGRATED CONTROL OF TECHNICAL CONDITION OF VEHICLES IN TERMS OF CONTROL AND TECHNICAL POINTS OF BODIES AND GARAGES OF BORDER GUARDS UNITS

*This article reveals the essence, content and structure of the model for complex monitoring of technical condition of vehicles in the terms of control and technical points of bodies and garages of border guards units. The article highlights the sequence and specifics of application of the rapid method for determination of technical condition of vehicles. In this case, during control of a technical condition of the diagnostic parameters are removed only those core indicators that objectively reflect the state of operational safety. Subsequently, they are classified and ranked according to the security levels and provides recommendations on the advisability of further operation data of the vehicles. In the process of simulation modelling used software copyright, which is built on known methods, hat provides sufficient validation and gives grounds to assert compliance procedures for monitoring the technical condition of vehicles in real process conditions in garages departments and control and technical points of the border protection authorities.*

*Key words: control of technical condition, operational safety, indicators, parameters, vehicle.*

**Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями.** Відповідно законів України, захист її національних інтересів в 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) [1].

Поряд з тим, в процесі використання даних ТЗ за призначенням, досить актуально постає проблематика у забезпеченні їх експлуатаційної безпеки на усіх режимах технічної експлуатації [2].

В ході проведених досліджень із вирішення проблематики забезпечення експлуатаційної безпеки ТЗ підрозділами і органами ДПСУ та з метою підвищення рівня контролю технічного стану даних ТЗ, автором виявлена можливість удосконалення та впровадження експрес-методу поглибленого діагностування ТЗ, для підвищення рівня контролю їх технічного стану, результати якої викладено в матеріалах [3].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано вирішення даної проблеми та на які опирається автор.** Загалом, дослідження питань контролю технічного стану ТЗ шляхом проведення комплексу діагностичних робіт та з метою забезпечення експлуатаційної безпеки ТЗ в процесі їх технічної експлуатації, здійснювалось в наукових працях таких відомих вчених, як Говорушенко Я.Д., Мороз С.М., Русаков В.З., Шаша І.К. та інші [4, 5]. Однак, враховуючи специфіку експлуатації ТЗ в умовах охорони державного кордону та з метою удосконалення процесу контролю ТЗ, за рахунок застосування запропонованого експрес-методу, існує необхідність провести моделювання процесу комплексного контролю технічного стану ТЗ при їх виході, як з (контрольно-технічних пунктів) КТП органів ДПСУ так і з гаражів прикордонних підрозділів.

**Метою даної статті** є розкриття сутності, змісту та структури моделі комплексного контролю технічного стану ТЗ в умовах КТП органів ДПСУ та гаражів прикордонних підрозділів із урахуванням процесу експрес-діагностики та отримання значень діагностичних параметрів за критеріями експлуатаційної безпеки.

**Викладення основного матеріалу дослідження.** В рамках реалізації методологічного аспекту розробленої автором Концепції забезпечення безпечної експлуатації ТЗ підрозділів і органів охорони державного кордону (ООДК) в умовах здійснення охорони державного кордону, сутність якої викладена в

матеріалах [6], пропонується розроблена модель комплексного контролю технічного стану ТЗ в умовах КТП ООДК та гаражів прикордонних підрозділів.

Загалом процедура контролю технічного стану ТЗ, як на відділах прикордонної служби (ВПС), так і в ООДК проходить за одним алгоритмом, який викладений у матеріалах [7], при цьому перевірка здійснюється безпосередньо перед виходом ТЗ в рейс. Перевіряється зовнішній вигляд ТЗ, стан кріплення основних вузлів та агрегатів, їх робота в холостому режимі, а також перевіряються механізми та системи, які відповідають за безпеку руху ТЗ. Традиційно, технічний персонал в ході перевірки використовує органолептичні методи, а також методи вимірювання параметрів основних показників, за допомогою простих діагностичних засобів.

Запропонований експрес-метод поглибленого контролю технічного стану ТЗ, основна сутність якого полягає у швидкому знятті діагностичної інформації з бортових мереж ТЗ, порівняння з еталонними параметрами заводів-виробників, прогнозуванні виникнення можливих несправностей або відмов систем, які відповідають за безпечну експлуатацію ТЗ, а також послідує ранжування за шкалою безпечності.

Крім того, інформація про ТЗ може використовуватись, як в автономному режимі так і в режимі передачі інформації на сервер в режимі он-лайн для прийняття рішення про можливість виходу ТЗ в рейс, з погляду експлуатаційної безпеки.

Для проведення процесу перевірки адекватності даного методу та з метою покращення якості контролю технічного стану ТЗ в умовах гаражів підрозділів та КТП ООДК побудуємо імітаційну модель даного процесу.

Для відповідності процедури моделювання контролю технічного стану ТЗ реальному процесу та з метою визначення стану експлуатаційної безпеки, запропоновано 20 основних її показників, параметри яких використовуються, як вихідні дані при моделюванні. Еталонні значення параметрів даних показників, які визначені заводами-виробниками відповідних ТЗ представлені у таблиці 1.

Таблиця 1

**Еталонні значення параметрів основних показників експлуатаційної безпеки типових моделей ТЗ, які знаходяться на оснащенні підрозділів та ООДК**

№ з/п	Основні показники експлуатаційної безпеки	Марка ТЗ, який використовується для виконання завдань з охорони ДК						
		УАЗ-«Патріот»	ВАЗ-Ніва-Шевроле	Шкода-Octavia	Ford-Renger	Renault-Duster	Volkswagen-Passat	Volkswagen-Amarok
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Температура охолоджувальної рідини (Т °С)	40-97	40-98	40-99	40-95	40-96	40-98	40-99
2.	Рівень масла у двигуні	1,0-0,8	1,0-0,8	1,0-0,8	1,0-0,8	1,0-0,8	1,0-0,8	1,0-0,8
3.	Рівень тиску масла у двигуні	0,7-0,5	0,7-0,5	0,7-0,5	0,7-0,5	0,7-0,5	0,7-0,5	0,7-0,5
4.	Температура масла в двигуні градусів (Т °С)	40-49	40-49	40-49	30-45	35-45	40-55	40-60
5.	Відсутність витоку газів в системі випуску	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
6.	Відсутність витоку газів в системі випуску	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
7.	Рівень вмісту відпрацьованих газів	0,8-0,6	0,8-0,6	0,8-0,6	0,8-0,6	0,8-0,6	0,8-0,6	0,8-0,6
8.	Герметичність системи живлення	1	1	1	1	1	1	1
9.	Стан пасів безпеки	1	1	1	1	1	1	1
10.	Стан подушок безпеки	-	-	1	1	1	1	1
11.	Робота системи ABS	1	1	1	1	1	1	1
12.	Включення стоп-сигналів	1,0-0,75	1,0-0,75	1,0-0,75	1,0-0,75	1,0-0,75	1,0-0,75	1,0-0,75
13.	Стійкість ТЗ при гальмуванні	1	1	1	1	1	1	1
14.	Тиск гальмівного приводу (МПа)	6,0-14,0	6,0-12,0	6,0-13,0	6,0-14,0	6,0-14,0	6,0-14,0	6,0-14,0
15.	Ефективність робочої гальмівної системи	1	1	1	1	1	1	1
16.	Стан гідропідсилювача ру	1	1	1	1	1	1	1
17.	Величина кута рульового керма (градусів)	17,0-15,0	16,0-14,0	17,0-15,0	17,0-15,0	17,0-14,0	17,0-14,0	17,0-15,0

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
18.	Стан фар освітлення	1	1	1	1	1	1	1
19.	Стан сигнальних ліхтарів	1	1	1	1	1	1	1
20.	Контроль тиску в шинах (МПа)	2,0-2,4	2,2,-2,4	2,2-2,0	2,4-2,6	2,2-2,4	2,2-2,4	2,4-2,6

Для кожного з цих показників розроблялись діапазони експлуатаційної безпеки, які у послідуєчому розподілились за рівнями безпеки. При цьому, для семи типових марок ТЗ, які є на оснащенні підрозділів та ООДК були проведені виміри основних параметрів показників, а також здійснено перевірку їх відповідності еталонним значенням (тобто тим, які визначені заводами-виробниками).

В процесі дослідження виявлено, що показники № 2, 6, 8, 9, 10, 12, 15, 16, 18, 19 – з причини досить обмежених інформативних можливостей діагностичних приладів зчитувати інформацію з бортових мереж ТЗ в гаражі ВПС необхідно визначати органолептичними методами, проте при наявності відповідних мотор-тестерів на КТП ООДК кількість операцій органолептичними методами – мінімізується.

Показники № 2, 9, 10, 12, 16, 18, 19 – для зручності розрахунків було приведено до виду від 0 до 1 з деякими інтервалами значень. Так, наприклад рівень масла у двигуні (показник №2) для кожної марки ТЗ може бути різний за об'ємом, проте ми приводимо ці дані до вигляду 1.0 – максимальний рівень; 0,3 – мінімальний рівень, при цьому у даних межах експлуатація ТЗ вважається безпечною. Рівень нижчий за мінімальний, тобто від 0,25 до 0, вважається критичним і експлуатація даного зразка ТЗ вважається небезпечною (заклинить двигун і можливе створення аварійної ситуації).

Показники № 6, 8, 11, 15 – у зв'язку із специфікою протікання реального процесу, ми можемо визначати «справно» або «не справно», наприклад робота системи ABS (показник № 11) оцінюється «справною», якщо функціонують усі елементи даної системи, при цьому якщо хоча би один з колісних датчиків ABS виходить з ладу – тоді уся система рахується «не справною». Тому, для зручності розрахунків дані цих показників було приведено до виду 0 або 1.

Після зняття усіх параметрів основних показників експлуатаційної безпеки на кожному із вибраних для дослідження марок цих ТЗ, було проведено класифікацію та ранжування за рівнем небезпеки на три основні групи:

1. **Безпечна** – тобто у дану групу потрапили показники, які відповідають еталонним параметрам, які визначені заводами-виробниками ТЗ та вказані в технічній документації на автомобіль. При цьому експлуатація даного ТЗ вважається безпечною, ймовірність виникнення небезпечних несправностей знаходиться у межах 0...0,2.

2. **Допустимо безпечна** – у дану групу потрапили показники, які хоча і не в повній мірі відповідають еталонним параметрам, які визначені заводами-виробниками ТЗ, проте допускають можливість безпечної експлуатації ТЗ упродовж певного періоду часу. При цьому експлуатація даного ТЗ вважається допустимо безпечною, а ймовірність виникнення небезпечних несправностей знаходиться у межах 0,3...0,5.

3. **Небезпечна** – у дану групу потрапили показники, які частково або повністю не відповідають еталонним параметрам, які визначені заводами-виробниками ТЗ, і не допускають можливість безпечної експлуатації ТЗ упродовж певного періоду часу. При цьому експлуатація даного ТЗ вважається небезпечною, а ймовірність виникнення небезпечних несправностей знаходиться у межах 0,6...0,9.

Приклад результатів ранжування отриманої інформації для автомобіля марки Ford-Renger представлено у таблиці 2.

Таблиця 2

**Інформація про ранжування показників експлуатаційної безпеки при перевірці технічного стану автомобіля марки Ford-Renger**

№ з/п	Основні показники експлуатаційної безпеки	Розподіл параметрів показників експлуатаційної безпеки за класифікаційними рівнями		
		Безпечна	Допустимо безпечна	Небезпечна
1	2	3	4	5
1.	Температура охолоджувальної рідини (Т °С)	40-95	96-105	106-120
2.	Рівень масла у двигуні	1,0-0,8	0,7-0,3	0,25-0,1
3.	Рівень тиску масла у двигуні	0,7-0,5	0,4,-0,3	0,2-0
4.	Температура масла в двигуні градусів (Т °С)	30-45	46-65	66-90
5.	Відсутність витоків газів в системі випуску	1,0	0,75-0,5	0,45-0
6.	Роз'єднання в системі вентиляції картера	1	0	0
7.	Рівень вмісту відпрацьованих газів	0,8-0,6	0,5-0,3	0,2-0
8.	Герметичність системи живлення	1	0	0
9.	Стан пасів безпеки	1	0,5	0
10.	Стан подушок безпеки	1	0,5	0

Продовження табл. 2

1	2	3	4	5
11.	Робота системи ABS	1	0	0
12.	Включення стоп-сигналів	1,0-0,75	0,5-0,25	0,25-0
13.	Стійкість ТЗ при гальмуванні	1	0,5	0
14.	Тиск гальмівного приводу (МПа)	6,0-14,0	15,0-17,0	18,0-20,0
15.	Ефективність робочої гальмівної системи	1	0	0
16.	Стан гідропідсилювача РУ	1	0,5	0
17.	Величина кута рульового керма (градусів)	17,0-15,0	14,0-10,0	9,0-7,0
18.	Стан фар освітлення	1	0,5	0
19.	Стан сигнальних ліхтарів	1	0,5	0
20.	Контроль тиску в шинах (МПа)	2,4-2,6	2,3-1,6	1,5-0

Маючи дані по кожному із семи ТЗ, можливо змоделювати процес контролю технічного стану за критеріями та рівнями експлуатаційної безпеки.

Введемо модель для визначення контролю технічного стану зразка ТЗ.

Нехай  $A = \{a_i \mid a_i \in A, i = 1..n\}$  – множина  $n$  показників для контролю технічного стану ТЗ.

Належність точки  $A(x, y)$  відрізка, заданому точками  $B(x_1, y_1)$  та  $C(x_2, y_2)$  можна визначити наступним чином. Точки відрізка (позначимо  $z$ ) можна описати рівнянням:

$$pOB + (1 - p)OC = z, \tag{1}$$

де  $0 \leq p \leq 1$ ,  $OB$  та  $OC$  – вектори.

Якщо існує таке  $p$ ,  $0 \leq p \leq 1$ , що:

$$pOB + (1 - p)OC = A, \tag{2}$$

То  $A$  належить відріжку, в іншому випадку – ні.

За координатами, рівність розписується наступним чином:

$$px_1 + (1 - p)x_2 = x, \tag{3}$$

$$py_1 + (1 - p)y_2 = y. \tag{4}$$

Із рівняння (3) знаходимо  $p$  та підставляємо у вираз (4): якщо отримуємо рівність та  $0 \leq p \leq 1$ , то  $A$  належить відріжку, в іншому випадку – ні.

Для випадку визначення належності числового значення ( $x$ ) числовому проміжку  $[x_1, x_2]$ , досить використати рівність (3). Тоді із (3):

$$p = \frac{x - x_2}{x_1 - x_2}. \tag{5}$$

Якщо  $0 \leq p \leq 1$ , то  $x \in [x_1, x_2]$ , в іншому випадку – ні.

Введемо функцію:

$$h(x, x_1, x_2) = \begin{cases} 1, & 0 \leq \frac{x - x_2}{x_1 - x_2} \leq 1 \\ 0, & \text{в іншому випадку} \end{cases} \tag{6}$$

Виходячи з того, що результат справності автомобіля впливає з належності кожного показника одному з 3-х інтервалів (безпечна експлуатація ( $[x_1, x_2]$ ), мінімальна безпека ( $[x_3, x_4]$ ), небезпечна експлуатація ( $[x_5, x_6]$ ), введемо функцію для визначення належності показника  $x$  одному з заданих інтервалів:

$$hh(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x) = h(x, x_1, x_2) + h(x, x_3, x_4) \cdot 100 + h(x, x_5, x_6) \cdot 10000 \tag{7}$$

$$H(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x) = \begin{cases} 1, & hh(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x) = 1 \\ 2, & hh(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x) = 100 \\ 3, & hh(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x) = 10000 \\ 0, & hh(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x) = 0 \end{cases} \tag{8}$$

Інтегральне подання контролю справності автомобіля отримаємо сумуючи  $hh()$  по всіх показниках (кількість показників – менша 100):

$$HH = \begin{cases} 1, & \sum hh() < 100 \\ 2, & 100 \leq \sum hh() < 10000 \\ 3, & \sum hh() \geq 10000 \end{cases} \tag{9}$$

Усі дані з ТЗ знімаються за допомогою простого діагностичного пристрою (так званої діагностичної шини типу ODB-II) та передаються на пристрій, який обробляє отриману інформацію (айфон, планшет або ноутбук) та за допомогою спеціальної програми (рис.1) передає її в режимі он-лайн на сервер інженерно-технічного відділу ООДК (для створення програми використано PHP, MySQL, nginx).

Тобто в процесі імітаційного моделювання використано авторське програмне забезпечення, яке

побудоване на існуючих сучасних технологіях отримання діагностичної інформації (HTML, JavaScript), методах передачі інформації на сервер, а також методах класифікації та ранжування параметрів за категоріями безпечності.

На головному сервері інженерно-технічного відділу ООДК, ці дані проходять процедуру порівняння з еталонними даними (показниками, які визначені заводами-виробниками ТЗ) та процедуру класифікації та ранжування за рівнями експлуатаційної безпеки, після чого знову надходять на пристрій (айфон, планшет або ноутбук) у вигляді скриншоту чи таблиці з узагальненими даними і висновком про доцільність або недоцільність випуску даного зразка ТЗ у рейс. Передача даних реалізована за REST протоколом. При цьому слід відмітити, що якщо хоча би один параметр із 20 показників не відповідає безпечним секторам – автомобіль вважається небезпечним в експлуатації.

Певним часом на сервері накопичується досить великий об'єм інформації, як по кожному конкретному зразку ТЗ (що відображає еволюцію експлуатації даного ТЗ протягом певного періоду), а також інформація про типові несправності ТЗ, особливо ті, які є небезпечними і впливають на стан їх експлуатаційної безпеки.

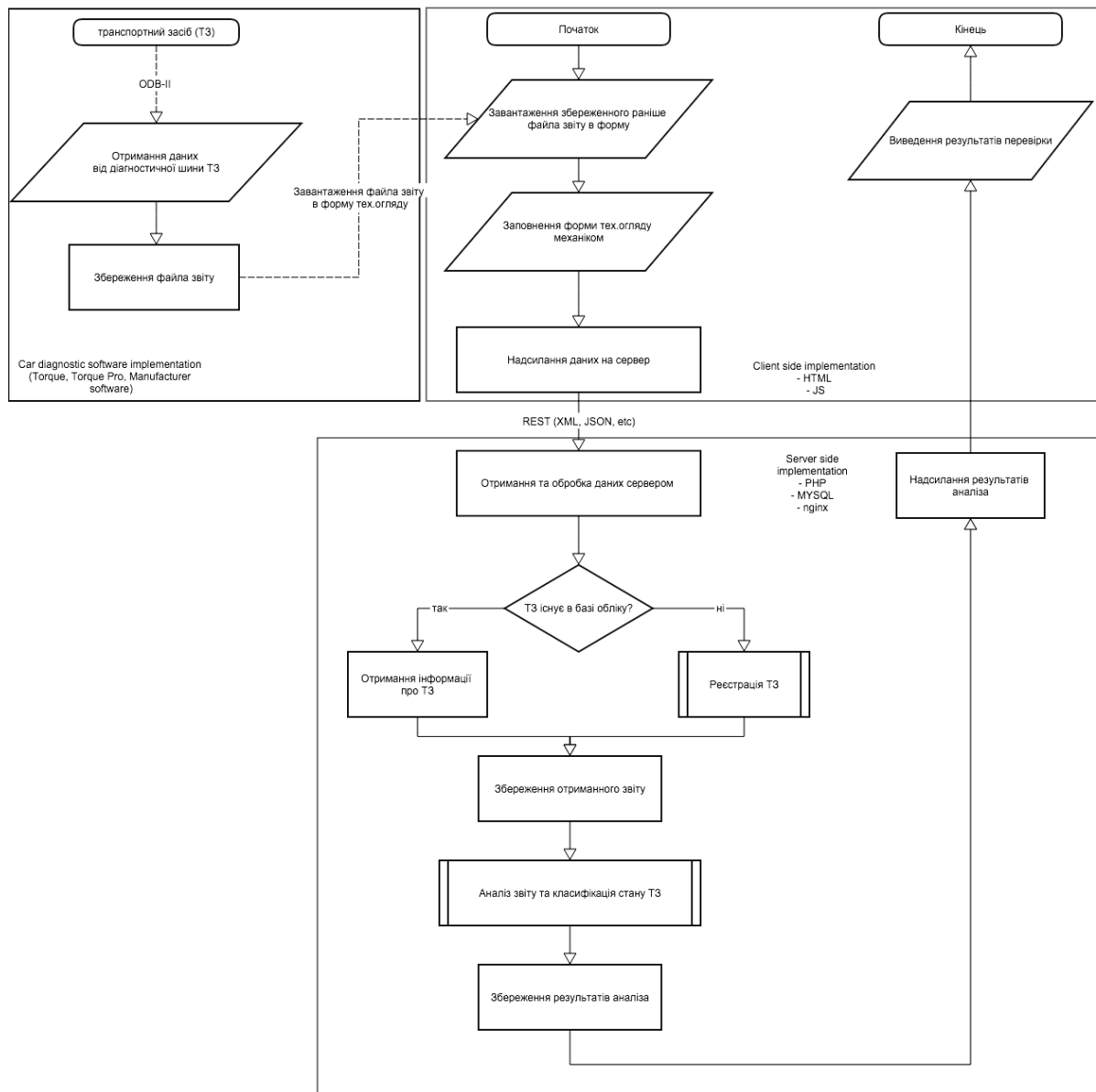


Рис. 1. Схема роботи програмного забезпечення з отримання, аналізу та передачі інформації про технічний стан ТЗ за критеріями експлуатаційної безпеки

Рекомендація щодо застосування ТЗ: <b>Не випускати</b>	
Основні показники експлуатаційної безпеки	Рівень безпеки
✓ Температура охолоджувальної рідини, градусів С	67
● Рівень масла у двигуні	0.6
✓ Рівень тиску масла у двигуні, МПа	0.6
✓ Температура масла в двигуні, градусів С	42
● Відсутність витоків газів в системі випуску	0.5
✓ Роз'єднання в системі вентиляції картера	1
✓ Рівень вмісту відпрацьованих газів	0.8
✓ Герметичність системи живлення	1
✓ Стан пасів безпеки	1
✓ Стан подушок безпеки	1
● Робота системи ABS	0
✓ Включення стоп-сигналів	0.75
● Стійкість ТЗ при гальмуванні	1
✓ Тиск гальмівного приводу, МПа	12.0
✗ Ефективність робочої гальмівної системи	0
✓ Стан гідропідсилювача РУ	1
✓ Відповідність кута рульового керма, градусів	16.0
✓ Стан фар освітлення	1
✓ Стан сигнальних ліхтарів	1
✓ Контроль тиску в шинях, МПа	2.2

Рис. 2. Скриншот перевірки технічного стану зразка ТЗ з розподіленими параметрами за рівнями безпеки та рекомендаціями про подальшу експлуатацію.

Відповідно, маючи інформаційну базу даних про типові та особливо небезпечні несправності ТЗ обраних марок, можливо в подальшому здійснити розробку моделі прогнозування можливих несправностей, які впливають на безпеку експлуатації ТЗ в умовах виконання оперативно-службових завдань з охорони державного кордону.

**Висновок:** Таким чином, отримана модель комплексного контролю технічного стану ТЗ в умовах виходу з КТП органів охорони кордону та гаражів прикордонних підрозділів, дасть змогу відобразити послідовність процесу контролю технічного стану ТЗ, при застосуванні експрес-методу поглибленого діагностування в реальних умовах експлуатації ТЗ на кордоні.

### Література

1. Про Державну прикордонну службу України : закон України (зі змінами, внесеними згідно із Законом № 965IV (96515) від 19.06.2003) // Відомості Верховної Ради. – 2003. – № 27. – Ст. 208.
2. Сівак В. А. Аналіз сучасного стану забезпечення безпеки експлуатації транспортних засобів органів охорони державного кордону / В. А. Сівак, О.Й. Мацько // Труды університету. – К. : Вид-во НУОУ, 2015. – № 3(130). – С. 207–210.
3. Сівак В. А. Метод поглибленої діагностики технічного стану агрегатів та систем транспортних засобів і визначення нормативних значень діагностичних параметрів / В. А. Сівак // Збірник наукових праць ЦНДІ ОВТ ЗСУ. – К. : Вид-во ЦНДІ ОВТ, 2015. – № 4(130). – С. 207–215.
4. Мороз С.М. Задачи современного развития диагностики автомобилей / С.М. Мороз // Автомоб. трансп.: Обзор, информ. Сер. 3. Техн. эксплуатация и ремонт автомоб. / Мин-во автомоб. трансп. РСФСР, ЦБНТИ. – М., 1990. – Вып. 7. – 60 с.
5. Шаша І.К. Основні напрямки використання математичних методів для оцінки експлуатаційних якостей автомобіля при аналізі ДТП / І.К. Шаша // Науково-технічний вісник «Безпека дорожнього руху України». – К. : ТОВ „Журнал „Радуга”, 2005. – № 1-2. – С. 127–134.
6. 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.
7. Наставление по танко- и автотехническому обеспечению войск КГБ СССР : приказ Комитета Госбезопасности СССР от 17 сентября 1980 года № 175. – М. : КГБ СССР, 1980. – 57 с.

Рецензія/Peer review : 6.2.2016 р. Надрукована/Printed : 19.4.2016 р.  
Рецензент : д.т.н., доцент Осташевський С.А.