

**274 АВТОМОБІЛЬНИЙ ТРАНСПОРТ**

УДК 629.017:629.083:681.518

doi: 10.31498/2225-6733.48.2024.310711

© Матейчик В.П.<sup>1</sup>, Навроцький А.В.<sup>2</sup>**СИСТЕМАТИЗАЦІЯ СХЕМ АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМ  
МОНІТОРИНГУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ**

Інформаційний моніторинг є найважливішим етапом контролю технічного стану сучасного автомобіля в умовах експлуатації. Дистанційний контроль експлуатації транспортного засобу може бути раціонально сформований на основі систематизації схем апаратного забезпечення систем моніторингу. В статті виконано структурний аналіз та синтез можливих схем апаратного забезпечення систем моніторингу транспортного засобу у взаємодії з інфраструктурним середовищем на основі дослідження технічної системи «Транспортний Засіб – Інфраструктура». В статті проведено систематизацію систем моніторингу за видами апаратних засобів, використовуваних для отримання інформації про транспортний засіб та інфраструктурне середовище на різних етапах виконання властивих їм функцій в умовах експлуатації. В статті показано, що доцільно розглядати засоби отримання інформації про стан операторів, транспортних засобів і об'єктів перевезень (вантаж чи пасажери) як окремі функціональні елементи інформаційної системи моніторингу. Для систематизації можливих схем апаратного забезпечення систем моніторингу виділено 5 функціональних елементів як множини спеціалізованих апаратних засобів. Для кожного з функціональних елементів інформаційної системи моніторингу виділено основні морфологічні ознаки, які характеризують вид інформації, способи її отримання, обробки, передачі, аналізу та використання для вирішення визначених завдань експлуатації транспортного засобу. Визначено перелік конкретних варіантів технічного забезпечення виділених морфологічних ознак, поєднання яких визначає структуру і функціональні можливості сформованої інформаційної системи моніторингу для вирішення поставлених задач у визначених умовах експлуатації. В статті показаний процес дослідження формування схем структури апаратного забезпечення інформаційних систем моніторингу експлуатації транспортних засобів з різною компоновкою у вигляді морфологічної формули. Отриману схему структури апаратного забезпечення інформаційних систем моніторингу експлуатації транспортного засобу можливо розглядати як дієвий спосіб забезпечення ефективного моніторингу транспортного засобу в умовах експлуатації.

**Ключові слова:** транспортний засіб, технічний стан, експлуатація, моніторинг, система, засоби отримання інформації, морфологічна матриця, схеми апаратного забезпечення, ефективність.

**V.P. Mateichyk, A.V. Navrotskyi. Systematization of hardware schemes of vehicle operation monitoring systems.** Information monitoring is the most important stage of monitoring the technical condition of a modern car in operating conditions. Remote control of vehicle operation can be rationally formed on the basis of the systematization of the hardware schemes of the monitoring systems. In the article, a structural analysis and synthesis of possible hardware schemes of vehicle monitoring systems in interaction with the

<sup>1</sup> д-р техн. наук, професор, Національний транспортний університет, м. Київ, ORCID: 0000-0002-3683-7246, [wmate@ukr.net](mailto:wmate@ukr.net)

<sup>2</sup> аспірант, Національний транспортний університет, м. Київ, ORCID: 0009-0009-0188-4630, [andrewnav888@gmail.com](mailto:andrewnav888@gmail.com)

*infrastructural environment is performed on the basis of the study of the technical system «Vehicle – Infrastructure». The article systematizes monitoring systems according to the types of hardware used to obtain information about the vehicle and infrastructure environment at various stages of performance of their inherent functions in operational conditions. The article shows that it is advisable to consider the means of obtaining information about the condition of operators, vehicles and objects of transportation (cargo or passengers) as separate functional elements of the monitoring information system. In order to systematize possible schemes of hardware support of monitoring systems, 5 functional elements are selected as a set of specialized hardware. For each of the functional elements of the monitoring information system, the main morphological features that characterize the type of information, methods of obtaining, processing, transmitting, analyzing and using it to solve specific tasks of vehicle operation are highlighted. A list of specific options for technical support of selected morphological features is determined, the combination of which determines the structure and functionality of the formed information monitoring system to solve the tasks in the specified operating conditions. The article shows the process of researching the formation of diagrams of the structure of the hardware of information systems for monitoring the operation of vehicles with different layouts in the form of a morphological formula. The obtained diagram of the structure of the hardware support of information systems for monitoring the operation of the vehicle can be considered as an acting way to ensure effective monitoring of the vehicle in operating conditions.*

**Key words:** *vehicle, technical condition, operation, monitoring, system, means of obtaining information, morphological matrix, hardware schemes, efficiency.*

**Постановка проблеми.** З метою забезпечення ефективної експлуатації транспортного засобу (ТЗ) в умовах навколишнього середовища необхідно системно отримувати інформацію про технічний стан його вузлів і агрегатів. Для цього застосовуються нові технологічні, інформаційні методи та підходи для вибору систем і засобів моніторингу на постійній основі. Конструкція сучасного ТЗ передбачає широке використання електронних (комп'ютерних, інформаційних) систем, які контролюють різноманітні процеси експлуатації, забезпечують інформатизацію технічних і технологічних процесів, дозволяють оптимізувати та спланувати свою роботу, створити умови для моніторингу параметрів технічного стану ТЗ в умовах інфраструктури. При цьому актуальним завданням є оптимізація та обґрунтування технічних заходів з систематизації схем апаратного забезпечення інформаційних систем моніторингу (ІСМ) експлуатації ТЗ.

Контроль (моніторинг) транспорту – це ефективне рішення проблеми стеження за місцезнаходженням і переміщенням та технічним станом ТЗ. Системи дистанційного моніторингу допомагають на практиці вирішувати великий спектр технічних, технологічних, бізнес- і соціальних завдань, що вирішує транспорт. Вони дозволяють: за допомогою засобів моніторингу виявляти точні координати дислокації ТЗ, його швидкість переміщення, витрати пального; здійснювати систематизацію збору статистики для оптимізації розробки раціональних конфігурацій маршрутів; сприяти в забезпеченні безпеки (наприклад, в разі аварії система контролю авто за допомогою супутникового зв'язку може автоматично транслювати сигнал про дорожньо-транспортну пригоду в службу порятунку); вести контроль дотримання графіка пересування ТЗ (вказана задача має особливе значення для вантажних автотранспортних підприємств і організацій, що займаються пасажирськими перевезеннями). Для забезпечення якісного дистанційного моніторингу повинні бути проаналізовані основні вимоги і особливості апаратного забезпечення дистанційного моніторингу технічного стану засобів транспорту в умовах експлуатації. Усі запропоновані сьогодні на ринку технологічні рішення, що відповідають за моніторинг і контроль ТЗ, мають одну мету – оперативно надавати достовірні відомості про ТЗ і його місцезнаходження, які потім можуть бути застосовані відповідно до бізнес-потреб споживачів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Ефективність роботи ТЗ, як складної технічної системи, залежить, в першу чергу, від його технічного стану [1]. У зв'язку з цим виникає проблема управління технічним станом в процесі експлуатації ТЗ [1-3]. Управління експлуатацією транспортним засобом базується на даних, отриманих у процесі моніторингу, та прогнозі його основних параметрів. Також на технічний стан ТЗ впливає оточуюче середовище і умови

експлуатації. Роботи [1, 4, 5] показують, що зовнішнє середовище і умови експлуатації можуть викликати невизначеність і випадковість вихідних даних і можливих ситуацій експлуатації ТЗ. Засоби моніторингу як на транспортному засобі, так і в інфраструктурному середовищі, створюють раціональне органічне поєднання засобів і технологій в процесах моніторингу для отримання найбільш достовірних даних про технічний стан і експлуатацією ТЗ. Ускладнення полягають у використанні сучасних технологій автомобілебудування, значній просторовій протяжності, складності і розподілі експлуатаційних умов та транспортної і дорожньої інфраструктури з їх особливостями та різновидами. Саме поєднання засобів і технологій у відповідні схеми апаратного забезпечення ІСМ експлуатації ТЗ і гарантує отримання найбільш достовірної інформації та забезпечує ефективну експлуатацію ТЗ в процесах самого моніторингу. Систематизація схем апаратного забезпечення ІСМ експлуатації ТЗ і є предметом дослідження в представленій статті. З точки зору авторів, для виконання систематизації схем найбільш доцільно використовувати метод морфологічного аналізу, який ще називають методом морфологічного ящика.

Метод морфологічного аналізу являє собою комбінацію методу класифікації і методу узагальнення. Його суть полягає в декомпозиції проблеми її елементам, пошуку в цій схемі найбільш перспективного щодо всієї проблеми елемента її вирішення [4, 5]. Однак морфологічний аналіз передбачає не просту декомпозицію, а саме розкладання цілого на складові його частини, виділення елементів за принципами функціональної значимості та ролі, тобто впливу елемента або підсистеми на загальну проблему, а також прямий або опосередкований зв'язок із зовнішнім середовищем (іноді це називають надсистемою). Морфологічний аналіз, як один з найбільш розповсюджених методів творчого пошуку, базується на класифікації елементів [6-9]. Всі частини проблеми і підходи до їх вирішення умовно можуть бути зображені у вигляді морфологічної матриці. Морфологічний аналіз починається з певного рівня знань про об'єкт, що досліджується [10, 11]. Необхідність перебору всіх можливих альтернатив вирішення проблеми і вибір найбільш оптимального напрямку вимагає від дослідника різнобічні знання з різних галузей [12, 13]. Все це сприяє підвищенню знань про об'єкт, що досліджується, на якісно новий рівень. Автор методу Ф. Цвіккі довів на конкретному прикладі ефективність свого методу, побудувавши морфологічну матрицю для реактивних двигунів, які працювали на хімічному паливі [10, 11, 14-18].

Безперервний дистанційний моніторинг параметрів технічного стану сучасного ТЗ при його експлуатації забезпечує різні електронні системи керування робочими процесами вузлів і агрегатів. Вони виконують функції власної діагностики (самодіагностики) і діагностики керованих ними процесів та інформують оператора про відхилення, які виникли [1-5]. Запропонований підхід включає систему інформаційної взаємодії компонентів моніторингу: ТЗ з оператором; умови експлуатації транспортних засобів; транспортна та дорожня інфраструктура.

**Метою дослідження** є систематизація схем апаратного забезпечення інформаційних систем моніторингу експлуатації ТЗ за допомогою морфологічної матриці.

**Виклад основного матеріалу.** За допомогою методу морфологічного аналізу, що дозволяє досліджувати структуру об'єктів і систем [4, 5], було виконано структурний аналіз та синтез можливих схем апаратного забезпечення ІСМ ТЗ у взаємодії з інфраструктурним середовищем (технічна система «Транспортний Засіб – Інфраструктура»). Дослідження проводилось за видами апаратних засобів, використовуваних для отримання інформації як про ТЗ, так і про інфраструктурне середовище, саме на різних етапах виконання властивих їм функцій в умовах експлуатації. Причому для зручності аналізу і синтезу ІСМ експлуатації ТЗ в заданих умовах інфраструктурного середовища доцільно розглядати засоби отримання інформації про стан операторів, ТЗ і об'єктів перевезень (вантаж чи пасажирів) як окремі функціональні елементи ІСМ.

Особливість наведених результатів дослідження полягає в тому, що в досліджуваній ІСМ технічної системи «Транспортний Засіб – Інфраструктура» виділено 5 функціональних елементів як множини спеціалізованих апаратних засобів, які забезпечують отримання, передачу, аналіз та використання отриманої інформації з метою підвищення ефективності експлуатації ТЗ у визначених умовах інфраструктурного середовища. Для кожного з функціональних елементів ІСМ виділено основні морфологічні ознаки, які характеризують вид інформації, способи її отримання, обробки, передачі, аналізу та використання для вирішення визначених завдань експлуатації ТЗ. За кожною з морфологічних ознак складений максимально повний перелік різних конкретних варіантів технічного забезпечення реалізації виділених морфологічних ознак, поєднання яких і

визначає структуру і функціональні можливості сформованої ІСМ для вирішення поставлених задач і досягнення основної мети функціонування ІСМ у визначених умовах експлуатації.

Морфологічні елементи (ознаки, варіанти) апаратного забезпечення ІСМ експлуатації ТЗ розташовані у вигляді морфологічної матриці. Для коректного виконання морфологічного аналізу були точно сформульовані цілі функціонування технічної системи «Транспортний Засіб – Інфраструктура». Для ТЗ в умовах експлуатації такими цілями є сформований підхід для гарантування отримання повноцінної інформації про транспортний засіб в інфраструктурному середовищі в залежності від конфігурації і технічних можливостей апаратного забезпечення ІСМ і особливостей інфраструктурного середовища. Крім особливостей апаратного забезпечення інформаційних систем моніторингу ІСМ експлуатації ТЗ цілі реалізуються за поєднанням рівня використання вказаного обладнання для отримання інформації споживачем, в тому числі і за значеннями комбінованих (інтегрованих) показників.

Для кожного з функціональних елементів системи, саме для адаптації за особливими властивостями, характерні морфологічні ознаки, від яких залежить досягнення поставленої мети, показані в табл. 1. Представлення системи і варіації схем апаратного забезпечення ІСМ експлуатації ТЗ в системних об'єктах дозволяє виділити їх основні функціональні елементи на різних рівнях системної взаємодії в частині засобів отримання і передачі інформації: для операторів функціонування системи (водій ТЗ, оператор системи моніторингу тощо); для отримання інформації про технічний стан ТЗ; для моніторингу стану об'єктів перевезення на ТЗ; для отримання інформації про параметри інфраструктурного середовища; для отримання інформації про засоби аналізу і використання інформації споживачем.

В морфологічній матриці схем структури апаратного забезпечення ІСМ експлуатації ТЗ для функціонального елемента «Засоби отримання і передачі інформації про операторів» виділено 3 основних ознаки, від яких суттєво залежать складові структури апаратного забезпечення інформаційних систем моніторингу: 1 – вид інформації; 2 – спосіб отримання інформації; 3 – спосіб передачі споживачу. Для функціонального елемента «Засоби отримання і передачі інформації про технічний стан ТЗ» виділено 5 морфологічних ознак: 4 – вид сформованої / отриманої інформації; 5 – спосіб отримання інформації; 6 – вид переданої інформації; 7 – спосіб обробки інформації; 8 – спосіб передачі споживачу. Найбільш важливими морфологічними ознаками функціонального елемента «Засоби отримання і передачі інформації про стан об'єктів перевезення на ТЗ» є 4 ознаки: 9 – вид інформації; 10 – вид передачі інформації; 11 – спосіб отримання інформації; 12 – спосіб передачі. Для функціонального елемента «Засоби отримання і передачі інформації про параметри інфраструктурного середовища» виділено 4 морфологічних ознаки: 13 – спосіб отримання інформації; 14 – вид передачі; 15 – спосіб отримання інформації; 16 – спосіб передачі. А для функціонального елемента «Засоби аналізу і використання інформації споживачем» виділено також 4 морфологічних ознаки: 17 – спосіб зберігання; 18 – тривалість зберігання; 19 – рівень обробки інформації для використання за призначенням ІСМ; 20 – рівень використання.

Для кожної з 20 морфологічних ознак системи вибрано основні варіанти їх реалізації (від 3 до 7). Зміна варіанту будь-якої з 20 ознак формує нову схему структури апаратного забезпечення ІСМ експлуатації ТЗ.

Для формування морфологічних формул досліджуваних варіантів (позначення відповідно  $x_{11}$  (перший варіант першої морфологічної ознаки),  $x_{21}$ ,  $x_{31}$  тощо) включаємо окремі схеми усіх ознак відповідно до досліджуваного варіанту із властивими їм характеристиками і особливостями. Сформовані морфологічні матриці містять певну кількість можливих варіантів на подальших етапах розвитку ІСМ. Такий підхід дозволяє системно аналізувати різні структури ІСМ, що впливають із можливого поєднання різних варіантів реалізації окремих морфологічних ознак усіх функціональних елементів.

Таблиця 1

Морфологічна матриця структури апаратного забезпечення інформаційних систем моніторингу експлуатації ТЗ

Засоби отримання і передачі інформації про операторів	1. Вид інформації	1.1. Статистична інформація	1.2. Інформація про особу	1.3. Інформація довідкового характеру	1.4. Спеціальна інформація		
	2. Спосіб отримання інформації	2.1. Додаткових датчиків або обладнання, що встановлене на операторі		2.2. Додаткових датчиків ТЗ або робочого місця оператора	2.3. Спеціальне обладнання в інфраструктурному середовищі		
	3. Спосіб передачі споживачу	3.1. Накопичення інформації на транспортному засобі		3.2. Застосування зовнішніх мереж	3.3. Комбінований варіант		
Засоби отримання і передачі інформації про технічний стан ТЗ	4. Вид сформованої / отриманої інформації	4.1. Статистична інформація	4.2. Інформація про ТЗ		4.3. Інформація довідкового характеру	4.4. Спеціальна інформація	
	5. Спосіб отримання інформації	5.1. Штатних датчиків і систем	5.2. Додаткових датчиків ТЗ	5.3. Комбінований варіант	5.4. Спеціальне обладнання в інфраструктурному середовищі		
	6. Вид переданої інформації	6.1. Статистична інформація	6.2. Інформація про ТЗ	6.3. Інформація довідкового характеру	6.4. Спеціальна інформація		
	7. Спосіб обробки інформації	7.1. На транспортному засобі	7.2. На зовнішньому носії в інфраструктурному середовищі	7.3. Хмарна технологія	7.4. Комбінований варіант		
	8. Спосіб передачі споживачу	8.1. Накопичення інформації на транспортному засобі		8.2. Застосування зовнішніх мереж	8.3. Комбінований варіант		
Засоби отримання і передачі інформації про стан об'єктів перевезення на ТЗ	9. Вид інформації	9.1. Інформація відсутня	9.2. Статистична інформація	9.3. Інформація про стан об'єктів перевезення на ТЗ	9.4. Інформація довідкового характеру	9.5. Спеціальна інформація	
	10. Вид передачі інформації	10.1. Без передачі інформації	10.2. Побудована на основі систем супутникової навігації	10.3. Побудована на основі обладнання та технологій стільникового та/або радіозв'язку		10.4. Побудована на основі обчислювальної техніки і цифрових карт	
	11. Спосіб отримання інформації	11.1. Без отримання інформації	11.2. Штатних датчиків і систем	11.3. Додаткових датчиків ТЗ	11.4. Комбінований варіант	11.5. Спеціальне обладнання в інфраструктурному середовищі	
	12. Спосіб передачі	12.1. Без передачі інформації	12.2. Накопичення інформації на транспортному засобі		12.3. Застосування зовнішніх мереж	12.4. Комбінований варіант	
Засоби отримання і передачі інформації про параметри інфраструктурного середовища	13. Вид інформації	13.1. Статистична інформація	13.2. Інформація про параметри інфраструктурного середовища		13.3. Інформація довідкового характеру	13.4. Спеціальна інформація	
	14. Вид передачі	14.1. Радіо, відео		14.2. Від ТЗ	14.3. Від інфраструктури	14.4. Комбінований варіант	
	15. Спосіб отримання інформації	15.1. Штатних датчиків і систем	15.2. Додаткових датчиків ТЗ	15.3. Комбінований варіант	15.4. Спеціальне обладнання в інфраструктурному середовищі		
	16. Спосіб передачі	16.1. Кабельним з'єднанням	16.2. Застосуванням гаджетів	16.3. Зовнішніми мережами	16.4. Спеціальне обладнання в інфраструктурному середовищі		
Засоби аналізу і використання інформації споживачем	17. Спосіб зберігання	17.1. На транспортному засобі	17.2. На зовнішньому носії в інфраструктурному середовищі		17.3. Хмарна технологія	17.4. Комбінований варіант	
	18. Тривалість зберігання	18.1. Короткострокова		18.2. Тривалий час	18.3. Постійне зберігання		
	19. Рівень обробки інформації	19.1. Неструктурована інформація	19.2. Структурована інформація певного типу	19.3. Структурована і неструктурована інформація, адаптована до використання комп'ютерними системами		19.4. Систематизована інформація за допомогою відповідного ПО	
	20. Рівень використання	20.1. Відомо	20.2. Контроль в цілому та(або) за окремими параметрами	20.3. Діагностика	20.4. Планування ТО і Р	20.5. Визначення показників експлуатаційної ефективності	20.6. Прогнозування

Кількість можливих схем ( $N_{mc}$ ) структури апаратного забезпечення ІСМ експлуатації ТЗ у випадку використання представленої морфологічної матриці складає:

$$N = 4 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 7 = 4,57 \cdot 10^{11}.$$

Так, схема структури апаратного забезпечення ІСМ експлуатації ТЗ при моніторингу оператора (водія) і самого ТЗ сканером-комунікатором через CAN-шину включає такі сполучення визначених ознак:

$$\left[ \begin{array}{l} (x_{14}; x_{23}; x_{32}) + (x_{41}; x_{51}; x_{61}; x_{72}; x_{82}) + \\ + (x_{91}; x_{101}; x_{111}; x_{121}) + (x_{132}; x_{143}; x_{154}; x_{163}) \\ + (x_{172}; x_{182}; x_{193}; x_{202}) \end{array} \right]. \quad (1)$$

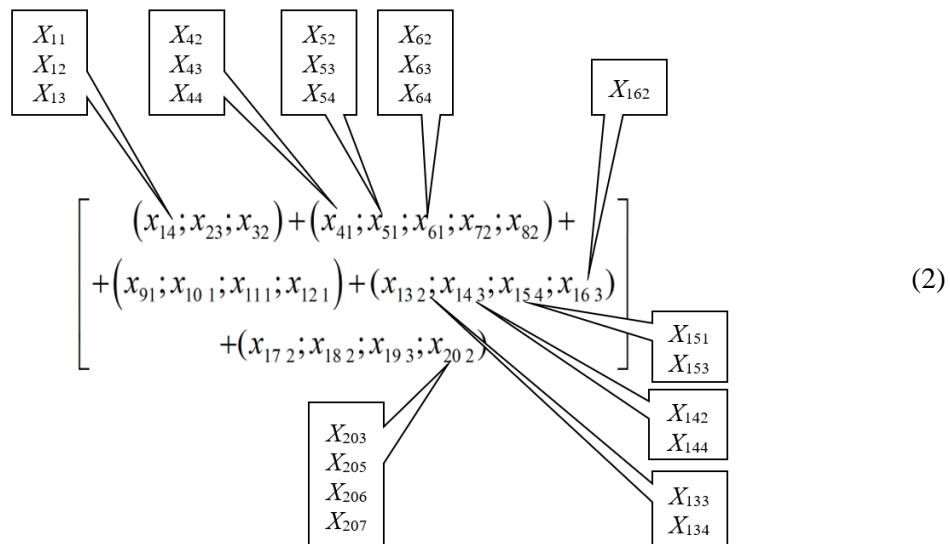
Тобто це система моніторингу, в основу якої покладений збір спеціальної інформації про операторів (водія, тощо) ( $x_{14}$ ), що отримується за допомогою спеціального обладнання в інфраструктурному середовищі ( $x_{23}$ ) і передається споживачу інформацію при застосуванні зовнішніх мереж ( $x_{32}$ ); яка працює на основі статистичної інформації ( $x_{42}$ ), як різновиду сформованої / отриманої інформації про технічний стан ТЗ, що отримується від штатних датчиків і систем ( $x_{51}$ ) і передається у вигляді статистичної інформації ( $x_{61}$ ), яка обробляється на зовнішньому носії в інфраструктурному середовищі ( $x_{72}$ ) і передається із застосуванням зовнішніх мереж комунікацій ( $x_{82}$ ); у якій відсутня інформація про стан об'єктів перевезення на ТЗ ( $x_{91}$ ), як різновид інформації про стан об'єктів перевезення на ТЗ, яка не передається ( $x_{101}$ ) і не отримується ззовні ТЗ ( $x_{111}$ ) та не передається за межі ТЗ ( $x_{121}$ ); у якій інформація про параметри інфраструктурного середовища отримується на основі інформації саме про параметри інфраструктурного середовища ( $x_{132}$ ), яка передається від інфраструктури ( $x_{143}$ ) за допомогою спеціального обладнання в інфраструктурному середовищі ( $x_{154}$ ) та передається із застосуванням зовнішніх мереж комунікацій ( $x_{163}$ ); інформація про параметри інфраструктурного середовища ( $x_{132}$ ), яка передається від інфраструктури ( $x_{143}$ ) за допомогою спеціального обладнання в інфраструктурному середовищі ( $x_{154}$ ), що передається із застосуванням зовнішніх мереж комунікацій ( $x_{163}$ ); що базується на основі використання засобів аналізу і інформації споживачем і зберігається на зовнішньому носії в інфраструктурному середовищі ( $x_{172}$ ) на протязі тривалого часу ( $x_{182}$ ), при чому рівень обробки інформації для формування відповідної бази – структурована і неструктурована інформація, адаптована до використання комп'ютерними системами ( $x_{193}$ ), що використовується для контролю в цілому та(або) за окремими параметрами ТЗ ( $x_{202}$ ).

Для здійснення аналізу і використання інформації споживачем, крім показаного варіанту, в частині способу зберігання інформації можуть використовуватись варіанти зберігання на транспортному засобі ( $x_{171}$ ) або в хмарному середовищі з використанням відповідних технологій ( $x_{173}$ ), або можуть застосовуватись комбіновані варіанти ( $x_{174}$ ) зберігання інформації. При цьому рівень обробки інформації для формування відповідної бази може бути неструктурований ( $x_{191}$ ) або структурований ( $x_{192}$ ), або систематизований ( $x_{194}$ ) за допомогою відповідного програмного забезпечення. Рівень використання інформації в системі моніторингу передбачений також у варіанті до відома ( $x_{201}$ ) або для реалізації задач діагностування ( $x_{203}$ ), або для планування ТО і Р ( $x_{204}$ ), визначення показників експлуатаційної ефективності ( $x_{205}$ ), для виконання прогнозування параметрів стану ( $x_{206}$ ) або ж формування комбінованих (інтегрованих) показників ТЗ ( $x_{207}$ ).

Сформований підхід до формування структури апаратного забезпечення ІСМ експлуатації ТЗ дозволяє системно досліджувати можливості використання різних методів і засобів моніторингу для функціонування системи «Транспортний Засіб – Інфраструктура». Можливі варіанти складових системи витікають із закономірностей (морфології) будови розробленої матриці (табл. 1). Підхід до формування морфологічної матриці дозволяє враховувати крім вже відомих для використання варіантів ще й нетрадиційні варіанти, які при звичайному переборі могли залишитись непоміченими. Завдяки цьому підходу унеможливується варіант пропуску якихось поєднань складових. Крім цього, не втрачається можливість розглядати перспективні технологічні рішення, які поки ще знаходяться на стадіях функціональної розробки автовиробниками

(наприклад, поєднання варіантів  $x_{51}$  і  $x_{71}$  або  $x_{207}$ ), або тих варіантів, що на сьогодні здаються взагалі несумісними в дослідженні процесів моніторингу експлуатації ТЗ.

Виходячи із поставлених задач дослідження, в представленій статті показаний процес дослідження можливих схем структури апаратного забезпечення ІСМ експлуатації ТЗ з різною компоновкою, морфологічна формула якої має вигляд (стрілками показані варіанти, що планується варіювати в дослідженні), а саме структура апаратного забезпечення інформаційної системи моніторингу експлуатації ТЗ при моніторингу оператора (водія) і самого ТЗ сканером-комунікатором через CAN-шину.



Отриману схему структури апаратного забезпечення ІСМ експлуатації ТЗ з варіантами компоновки складових можливо розглядати як дієвий спосіб забезпечення моніторингу ТЗ в умовах експлуатації, які на сьогодні складають основу діючого парку легкових і вантажних ТЗ.

**Висновки**

Дистанційний контроль експлуатації ТЗ може бути раціонально сформований на основі систематизації схем апаратного забезпечення ІСМ. Виконано структурний аналіз та синтез можливих схем апаратного забезпечення ІСМ ТЗ у взаємодії з інфраструктурним середовищем на основі технічної системи «Транспортний засіб - Інфраструктура». В статті проведено систематизацію систем моніторингу за видами апаратних засобів, використовуваних для отримання інформації про транспортний засіб та інфраструктурне середовище на різних етапах виконання властивих їм функцій в умовах експлуатації. Показано, що доцільно розглядати засоби отримання інформації про стан операторів, транспортних засобів і об'єктів перевезень (вантаж чи пасажери) як окремі функціональні елементи інформаційної системи моніторингу. Для систематизації можливих схем апаратного забезпечення систем моніторингу виділено 5 функціональних елементів як множини спеціалізованих апаратних засобів. Для кожного з функціональних елементів ІСМ виділено основні морфологічні ознаки, які характеризують вид інформації, способи її отримання, обробки, передачі, аналізу та використання для вирішення визначених завдань експлуатації ТЗ. Для кожної з морфологічних ознак визначено перелік конкретних варіантів технічного забезпечення, поєднання яких визначає структуру і функціональні можливості сформованої ІСМ для вирішення поставлених задач і досягнення основної мети функціонування інформаційної системи моніторингу у визначених умовах експлуатації. Показаний процес дослідження саме формування схем структури апаратного забезпечення ІСМ експлуатації ТЗ з різною компоновкою у вигляді морфологічної формули. Отриману схему структури апаратного забезпечення ІСМ експлуатації ТЗ з варіантами компоновки складових можливо розглядати як дієвий спосіб забезпечення моніторингу ТЗ в умовах експлуатації.

## Перелік використаних джерел:

1. Інтелектуальні системи моніторингу транспорту: монографія / В. П. Волков та ін. Харків : Вид-во НТМТ, 2015. 246 с.
2. The complex application of monitoring and express diagnosing for searching failures on common rail system units / I. Gritsuk et al. *SAE Technical Paper*. 2018-01-1773. 2018. DOI: <https://doi.org/10.4271/2018-01-1773>.
3. Information security risk management of vehicles / D. Klets et al. *SAE Technical Paper*. 2018-01-0015. 2018. DOI: <https://doi.org/10.4271/2018-01-0015>.
4. Матейчик В. П. Системний підхід до аналізу структурних схем енергоустановок транспортних засобів. *Вісник НТУ «ХПИ»*. 2002. № 7. Т. 2. С. 162-167.
5. Методи системного аналізу властивостей автомобільної техніки: навч. посіб. / Дмитриченко М. Ф., Матейчик В. П., Грищук О. К., Цюман М. П. Київ : НТУ, 2014. 168 с.
6. Катренко А. В. Системний аналіз об'єктів та процесів комп'ютеризації: Навчальний посібник. Львів : «Новий світ – 2000», 2003. 424 с.
7. Пилипенко Д. Є. Оцінка достовірності результатів аналізу перехресного впливу при розв'язанні задач технологічного передбачення. *Системні дослідження та інформаційні технології*. 2008. № 3. С. 129-140.
8. Панкратова Н. Д., Савченко І. О. Стратегія застосування методу морфологічного аналізу в процесі технологічного передбачення. *Наукові вісті НТУУ «КПІ»*. 2009. № 2. С. 35-44.
9. Панкратова Н. Д., Савченко І. О. Застосування методу морфологічного аналізу до задач технологічного передбачення. *Наукові праці Чорноморського державного університету імені Петра Могили. Серія «Комп'ютерні технології»*. 2008. Т. 90. Вип. 77. С. 6-13.
10. The Analytic Hierarchy Process (АHP). URL: [http://www.ivm.vu.nl/en/Images/MCA3\\_tcm234-161529.pdf](http://www.ivm.vu.nl/en/Images/MCA3_tcm234-161529.pdf) (дата звернення: 15.11.2023).
11. Saati T. Decision-making. Method of the analysis of hierarchies. 1993. 278 p.
12. Петруня Ю. Є., Говоруха В. Б., Літовченко Б. В. Прийняття управлінських рішень. Київ : Центр учбової літератури, 2011. 216 с.
13. Грабовецький Б. Є. Методи експертних оцінок: теорія, методологія, напрямки використання. Вінниця : ВНТУ, 2010. 171 с.
14. Rethinking morphological analysis application for concept synthesis in engineering design. URL: <https://www.athensjournals.gr/technology/2016-3-2-4-Heller.pdf> (дата звернення: 03.12.2023).
15. Morphological Analysis in Inventive Engineering. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162517314208> (дата звернення: 03.12.2023).
16. Ritchey T. Morphological analysis – a general method for non-quantified modeling. Adapted from a paper presented at the 16th Euro Conference on Operational Analysis, Brussels, July 1998. URL: <https://www.swemorph.com/pdf/gma.pdf> (дата звернення: 01.12.2023).
17. Ritchey T. Modeling complex socio-technical systems using morphological analysis. Adapted from an address to the Swedish Parliamentary IT Commission, Stockholm, December 2002. URL: <https://www.swemorph.com/pdf/it-webart.pdf> (дата звернення: 01.12.2023).
18. Ritchey T. Futures studies using morphological analysis. Adapted from an article for the UN University Millennium Project: Futures Research Methodology Series, 2005. URL: <https://www.swemorph.com/pdf/futures.pdf> (дата звернення: 01.12.2023).

## References:

1. V.P. Volkov, V.P. Mateichyk, P.B. Komov, I.V. Hrytsuk, M. Smeshek, T.V. Volkova, and M.P. Tsiuman, *Intelektualni systemy monitorynhu transportu: monohrafiia* [Intelligent transport monitoring systems: monograph]. Kharkiv, Ukraine: Vyd-vo NTMT Publ., 2015. (Ukr.)
2. I. Gritsuk, E. Y. Zenkin, N. Bulgakov, A. Golovan, I. Kuric, V. Mateichyk, M. Saga, V. Vychuzhanin, R. Symonenko, E. Rabinovich, V. Pavlenko, and D. Pohorletskyi, «The complex application of monitoring and express diagnosing for searching failures on common rail system units», *SAE Technical Paper*, 2018-01-1773, 2018. doi: **10.4271/2018-01-1773**.
3. D. Klets, I. Gritsuk, A. Makovetskyi, N. Bulgakov, M. Podrigalo, I. Kyrychenko, O. Volska, and N. Kyzminec, «Information security risk management of vehicles», *SAE Technical Paper*, 2018-01-0015, 2018. doi: **10.4271/2018-01-0015**.



4. V. P. Mateichyk, «Systemnyi pidkhdid do analizu strukturnykh skhem enerhoustanovok transportnykh zasobiv» [«A systematic approach to the analysis of structural schemes of vehicle power plants»], *Visnyk NTU «KhPI» – Bulletin of the National Technical University «KhPI»*, № 7, vol. 2, pp. 162-167, 2002. (Ukr.)
5. M.F. Dmytrychenko, V.P. Mateichyk, O.K. Hryshchuk, and M.P. Tsiuman, *Metody systemnoho analizu vlastyvostei avtomobilnoi tekhniki: navch. posib.* [Methods of system analysis of the properties of automotive equipment: a study guide]. Kyiv, Ukraine: NTU, 2014. (Ukr.)
6. A.V. Katrenko, *Systemnyi analiz ob'ektiv ta protsesiv kompiuteryzatsii: Navchalnyi posibnyk* [System analysis of objects and processes of computerization: Study guide]. Lviv, Ukraine: «Novyi svit – 2000» Publ., 2003. (Ukr.)
7. D.Ye. Pylypenko, «Otsinka dostovirnosti rezultativ analizu perekhresnoho vplyvu pry rozviazanni zadach tekhnolohichnoho peredbachennia» [«Assessment of the reliability of the results of cross-impact analysis when solving technological forecasting problems»], *Systemni doslidzhennia ta informatsiini tekhnolohii – System research and information technologies*, № 3, pp. 129-140, 2008. (Ukr.)
8. N.D. Pankratova, and I.O. Savchenko, «Stratehiia zastosuvannia metodu morfolohichnoho analizu v protsesi tekhnolohichnoho peredbachennia» [«Strategy of applying the method of morphological analysis in the process of technological prediction»], *Naukovi visti NTUU «KPI» – KPI Science News*, № 2, pp. 35-44, 2009. (Ukr.)
9. N.D. Pankratova, and I.O. Savchenko, «Zastosuvannia metodu morfolohichnoho analizu do zadach tekhnolohichnoho peredbachennia» [«Application of the method of morphological analysis to the problems of technological prediction»], *Naukovi pratsi Chornomorskoho derzhavnoho universytetu imeni Petra Mohyly. Seriiia «Kompiuterni tekhnolohii» – Scientific works of the Black Sea State University named after Petro Mohyla. Series «Computer technologies»*, vol. 90, iss. 77, pp. 6-13, 2008. (Ukr.)
10. The Analytic Hierarchy Process (AHP). [Online]. Available: [http://www.ivm.vu.nl/en/Images/MCA3\\_tcm234-161529.pdf](http://www.ivm.vu.nl/en/Images/MCA3_tcm234-161529.pdf). Accessed on: November 15, 2023.
11. T. Saati, *Decision-making. Method of the analysis of hierarchies*. 1993.
12. Yu.Ye. Petrunia, V.B. Hovorukha, and B.V. Litovchenko, *Pryiniattia upravlinskykh rishen* [Making management decisions]. Kyiv, Ukraine: Tsentr uchbovoi literatury Publ., 2011. (Ukr.)
13. B.Ye. Hrabovetskyi, *Metody ekspertnykh otsinok: teoriia, metodolohiia, napriamky vykorystannia* [Methods of expert evaluations: theory, methodology, directions of use]. Vinnytsia, Ukraine: VNTU Publ., 2010. (Ukr.)
14. Rethinking morphological analysis application for concept synthesis in engineering design. URL: <https://www.athensjournals.gr/technology/2016-3-2-4-Heller.pdf>. Accessed on: December 03, 2023.
15. Morphological Analysis in Inventive Engineering. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162517314208>. Accessed on: December 03, 2023.
16. Ritchey T. Morphological Analysis – A general method for non-quantified modeling. Adapted from a paper presented at the 16th Euro Conference on Operational Analysis, Brussels, July 1998. [Online]. Available: <https://www.swemorph.com/pdf/gma.pdf>. Accessed on: December 01, 2023.
17. Ritchey T. Modeling Complex Socio-Technical Systems using Morphological Analysis. Adapted from an address to the Swedish Parliamentary IT Commission, Stockholm, December 2002. [Online]. Available: <https://www.swemorph.com/pdf/it-webart.pdf>. Accessed on: December 01, 2023.
18. Ritchey T. Futures Studies using Morphological Analysis. Adapted from an article for the UN University Millennium Project: Futures Research Methodology Series, 2005. [Online]. Available: <https://www.swemorph.com/pdf/futures.pdf>. Accessed on: December 01, 2023.

Стаття надійшла 7.01.2024

Стаття прийнята 15.02.2024