

274 АВТОМОБІЛЬНИЙ ТРАНСПОРТ

УДК 629.017:629.083:681.518

DOI: 10.31498/2225-6733.51.2025.344984

ОСОБЛИВОСТІ ВЗАЄМОДІЇ ЗАСОБІВ ЗБИРАННЯ І ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ В СТРУКТУРІ АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Матейчик В.П.	д-р техн. наук, професор, Національний транспортний університет, м. Київ, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3683-7246 , e-mail: wmate@ukr.net ;
Навроцький А.В.	аспірант, Національний транспортний університет, м. Київ, ORCID: https://orcid.org/0009-0009-0188-4630 , e-mail: andrewnav888@gmail.com

У статті розглянуто особливості взаємодії засобів збору та обробки інформації в структурі апаратного забезпечення інформаційних систем моніторингу експлуатації транспортних засобів. Визначено, що ефективність функціонування сучасних транспортних засобів значною мірою залежить від рівня інтеграції технічних засобів контролю, систем діагностики та засобів передачі інформації у єдиному апаратно-інформаційному комплексі. Проведено аналіз останніх досліджень у сфері побудови систем моніторингу технічного стану та визначено науково-технічні передумови для удосконалення процесів збору, обробки та інтерпретації даних. Запропоновано підхід до систематизації елементів апаратного забезпечення на основі морфологічного аналізу, що дозволяє формувати раціональні конфігурації компонентів системи моніторингу з урахуванням функціональних зв'язків між підсистемами. Розроблено узагальнену модель взаємодії інформаційних і технічних засобів, яка враховує вплив зовнішніх умов експлуатації транспортних засобів та забезпечує підвищення достовірності контролю параметрів їх технічного стану. Сформовано DFD-діаграму функціонування інформаційної системи оцінювання і забезпечення отримання параметрів технічного стану транспортних засобів на основі моніторингу їх експлуатації. Розроблений і показаний варіант забезпечення зв'язку основних складових діаграми інформаційної системи з функціональними елементами розробленої морфологічної формули. В роботі проаналізовані варіанти конфігурацій для задоволення конкретних потреб в встановлених експлуатаційних умовах. Виконана оцінка доцільності використання основних складових діаграми інформаційної системи з функціональними елементами розробленої морфологічної формули. Результати дослідження можуть бути використані для проектування, модернізації та оптимізації інформаційних систем моніторингу транспортних засобів різного призначення. Практичне впровадження запропонованих підходів сприятиме підвищенню ефективності експлуатації, зниженню витрат на технічне обслуговування та покращенню безпеки транспортних процесів.

Ключові слова: транспортний засіб, інформаційна система моніторингу, апаратне забезпечення, збір та обробка інформації, морфологічний аналіз, технічний стан.

Постановка проблеми

Підвищення ефективності експлуатації транспортних засобів (ТЗ) в сучасних умовах потребує безперервного отримання достовірної інформації про їх технічний стан, роботу основних вузлів та агрегатів [1]. Реалізація цього завдання можлива за рахунок упровадження новітніх технологічних та інформаційних рішень, спрямованих на організацію систематичного моніторингу параметрів функціонування ТЗ [2-7].

Сучасні ТЗ характеризуються високим рівнем автоматизації та оснащення великою кількістю електронних і комп'ютеризованих систем, які здійснюють контроль за процесами експлуатації, забезпечують інформацію технічних і технологічних операцій, оптимізують режими роботи, підвищують надійність і безпеку руху [8-14]. Ефективна взаємодія цих систем потребує узгодженого функціонування апаратних і програмних засобів збору, обробки та передачі інформації у складі єдиної інформаційної системи моніторингу (ИСМ) [15-17]. Водночас актуальним завданням є

оптимізація структурної взаємодії засобів збору та обробки даних, а також обґрунтування технічних рішень щодо систематизації схем апаратного забезпечення ІСМ експлуатації ТЗ. Це дозволить підвищити ефективність контролю технічного стану ТЗ, зменшити ризики відмов та оптимізувати процеси технічного обслуговування.

Контроль і моніторинг транспорту сьогодні розглядаються як комплексне технічне рішення, що забезпечує спостереження за місцезнаходженням, переміщенням і технічним станом ТЗ. Системи дистанційного моніторингу мають практичну цінність у вирішенні широкого кола технічних, економічних, логістичних і соціальних завдань [18-20]. Вони дозволяють у режимі реального часу визначати координати транспортного засобу, швидкість руху, витрату пального, збирати статистичні дані для побудови оптимальних маршрутів, контролювати дотримання графіків руху, а також підвищувати безпеку перевезень завдяки автоматичній передачі інформації про аварійні ситуації [8-15].

Для забезпечення належної якості функціонування таких систем необхідно враховувати вимоги до апаратного забезпечення, яке відповідає за надійний збір, передавання та обробку даних у різних експлуатаційних умовах. Існуючі на ринку технологічні рішення спрямовані на досягнення спільної мети – забезпечення оперативного отримання достовірних даних про технічний стан і місцезнаходження ТЗ, що дає змогу підвищити ефективність його використання та задовольнити потреби користувачів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Ефективність функціонування ТЗ, як складної технічної системи, визначається насамперед його технічним станом [1]. У зв'язку з цим актуальним завданням є забезпечення раціонального управління технічним станом у процесі експлуатації [2-5]. Управління роботою ТЗ здійснюється на основі інформації, отриманої шляхом моніторингу, діагностування та прогнозування його ключових параметрів. Стан ТЗ суттєво залежить від умов навколишнього середовища, дорожньої інфраструктури, режимів використання та інших експлуатаційних чинників. Як показують результати досліджень [1, 4, 5], зовнішнє середовище може спричинити стохастичні відхилення в первинних даних, що зумовлює невизначеність у процесі оцінювання технічного стану.

Сучасні системи моніторингу поєднують в собі комплекс засобів збору, передачі та обробки інформації, які інтегруються як на борту ТЗ, так і в інфраструктурному середовищі. Це забезпечує створення єдиного інформаційного простору, який дозволяє отримувати достовірні дані про технічний стан ТЗ, умови його експлуатації та поведінку в реальному часі. Водночас складність побудови таких систем визначається різноманітністю технологій автомобілебудування, просторовою розгалуженістю транспортної мережі та відмінностями в умовах експлуатації. Ефективне поєднання технічних і інформаційних засобів у структурі апаратного забезпечення ІСМ є ключовим чинником підвищення точності контролю та надійності експлуатації ТЗ.

Одним із перспективних інструментів систематизації і структурного аналізу технічних рішень є метод морфологічного аналізу, відомий також як метод морфологічного ящика [1, 2, 17-20]. Його сутність полягає в декомпозиції досліджуваної системи на окремі функціональні елементи та пошуку оптимальних комбінацій для вирішення поставленої проблеми. Цей підхід поєднує методи класифікації та узагальнення, дозволяючи визначати функціональну значущість кожного елемента, його роль у системі та зв'язок із зовнішнім середовищем (надсистемою).

Морфологічний аналіз, як один із найефективніших методів структурного моделювання складних технічних систем, базується на формуванні морфологічної матриці, що відображає всі можливі варіанти

поєднання компонентів системи [18-20]. Його застосування потребує достатнього рівня знань про об'єкт дослідження [5, 14] і передбачає аналіз великої кількості альтернативних варіантів структурної побудови з метою вибору найбільш доцільного. Метод вимагає від дослідника міждисциплінарного підходу та знань із різних галузей техніки, інформатики та системного аналізу [12-15]. Автор методу Ф. Цвіккі довів його ефективність на практиці, побудувавши морфологічну матрицю для реактивних двигунів, що працюють на хімічному паливі [1-3, 5, 15-20].

У сучасних інформаційних системах моніторингу ТЗ цей підхід використовується для оптимізації взаємодії апаратних і програмних компонентів. Зокрема, інформаційні модулі системи подібних програм були адаптовані для вирішення завдань, сформованих у межах морфологічного підходу, із подальшою інтеграцією з функціональними елементами моніторингових систем [2, 3, 5, 6, 9, 13]. Для відображення логіки взаємодії потоків даних між компонентами розробляють DFD-діаграми функціонування систем моніторингу ТЗ, які демонструють структуру інформаційних зв'язків між підсистемами збору, обробки та зберігання даних [2-7].

Процеси обробки інформації в ІСМ доцільно розглядати як технологічні цикли, подібні до процесів переробки матеріальних ресурсів [2-9]. Поєднання методів структурного аналізу, морфологічного моделювання та інформаційного синтезу забезпечує створення цілісного уявлення про ТЗ як складну кіберфізичну систему.

Для опису предметної області ТЗ та його підсистем (двигуна, трансмісії, електронних контролерів), що функціонують у складі системи контролю та прогнозування, використовуються методи, орієнтовані на збір, аналіз і використання даних моніторингу з урахуванням потреб персоналу та умов експлуатації [2-12]. Первинний аналіз предметної області реалізується за допомогою DFD-діаграм потоків даних [2-7], які дозволяють візуалізувати структуру обміну інформацією між функціональними елементами систем моніторингу. Відповідно до логіки побудови систем моніторингу, джерелами первинної інформації є сенсори, контролери, бази даних та зовнішні суб'єкти моніторингу, які забезпечують передачу даних про технічний стан вузлів ТЗ і умови експлуатації [2-9]. Основні функції системи полягають у ідентифікації, контролі, діагностуванні та прогнозуванні технічного стану ТЗ у режимі реального часу.

Безперервний дистанційний моніторинг технічних параметрів сучасних ТЗ реалізується за рахунок роботи електронних систем керування вузлами та агрегатами. Ці системи виконують функції самодіагностики, визначають відхилення від номінальних параметрів і передають оператору інформацію про можливі відмови або критичні стани [1-12]. Запропонований науково-практичний підхід передбачає інформаційну інтеграцію між основними компонентами моніторингу: ТЗ, оператором, середовищем експлуатації та

транспортною інфраструктурою. Такий рівень взаємодії дозволяє підвищити оперативність прийняття рішень, ефективність технічного обслуговування та загальну надійність транспортної системи.

Мета статті

Метою дослідження є формування системної взаємодії засобів збирання і обробки інформації в структурі апаратного забезпечення інформаційних систем моніторингу експлуатації ТЗ. Для її реалізації потрібно вирішити наступні завдання:

- розробити діаграму функціонування інформаційної системи оцінювання і отримання параметрів технічного стану транспортних засобів на основі моніторингу їх експлуатації в межах узагальненої морфологічної формули;
- визначити зв'язок основних складових діаграми інформаційної системи з функціональними елементами узагальненої морфологічної формули.

Матеріали та методи

На етапі підготовки до формування алгоритму адаптації структури апаратного забезпечення системи моніторингу для збирання і обробки інформації щодо процесів експлуатації ТЗ з використанням методу систематизації схем апаратного забезпечення було вирішено застосувати наступний підхід. Для реалізації виконання завдань і забезпечення оцінки доцільності використання того чи іншого апаратного забезпечення було запропоновано сформувати DFD-діаграму функціонування інформаційної системи оцінювання і забезпечення отримання параметрів технічного стану ТЗ на основі моніторингу їх експлуатації (рис. 1а) та зв'язок основних складових DFD-діаграми (інформаційної системи) з функціональними елементами узагальненої морфологічної формули (рис. 1б), яка детально описана в роботі [1].

Виклад основного матеріалу

У відповідності до положень і результатів виконаного морфологічного аналізу, в представлений системі моніторингу, виділено п'ять основних функціональних складових. Серед них [1]: засоби моніторингу (отримання) і передачі інформації про стан операторів; засоби моніторингу (отримання) і передачі інформації про технічний стан ТЗ, шляхом використання вбудованих в ТЗ та зовнішніх систем для оцінки роботи двигуна, трансмісії, ходової частини та механізмів його керування; засоби моніторингу (отримання) і передачі інформації про стан об'єктів перевезення на конкретному ТЗ; засоби моніторингу (отримання) і передачі інформації про параметри зовнішнього інфраструктурного середовища; засоби аналізу і використання інформації її споживачем(ами).

В морфологічній матриці, як і морфологічній формулі [1], відображаючи визначені основні варіанти реалізації 20 різних морфологічних ознак цих функціональних елементів, можливо сформувати для визначеного апаратного забезпечення відповідну численну кількість дійсних комбінацій конфігурацій системи у відповідності до компонентів (складових) розробленої DFD-діаграми (рис. 1). Запропонований метод може забезпечити необхідні рішення, що завжди будуть унікальними. При цьому, кожна конфігурація має свої переваги і недоліки для задоволення конкретних задач у встановлених дослідженням або оператором експлуатаційних умовах.

Узагальнена морфологічна формула комплексної системи моніторингу (1) показана в [1]. Аналогічно в роботі [1] показані і детально описані можливі варіанти реалізації складової формульного рішення (1) [1] поставленої задачі. Але, для реалізації інформаційної взаємодії в межах досліджуваної роботи, зв'язок основних складових DFD-діаграми (інформаційної системи) з функціональними елементами не розроблявся відповідно до положень і складових морфологічної формули (рис. 1б), що описана в роботі [1]. Тому сформуємо інформаційні залежності для деяких окремих варіантів структури апаратного забезпечення інтелектуальної системи моніторингу існуючих систем для забезпечення дослідження процесів експлуатації ТЗ (при здійсненні моніторингу оператора (водія) і самого ТЗ зі сканером-комунікатором через CAN-шину (з розгалуженою варіативною частиною). Виконаємо це для апаратних засобів моніторингу, аналогічних до роботи [1]. Для виконання формульного обґрунтування інформаційної взаємодії і адаптації структури апаратного забезпечення в межах розробленої DFD-діаграми виконуємо це для положень роботи [1] і функціональних елементів для рис. 1б. Для цього обираємо те ж саме апаратне обладнання, щодо якого виконувались попередні дослідження в роботі [1]. Це наступні варіанти реалізації складової формульного рішення (1) [1] щодо поставленої задачі:

1. Сканер-адаптер ELM 327;
2. Діагностичний прилад Launch;
3. Трекер Ruptela (Ruptela FM-Tco4 HCV / HCV 3G);
4. Тахограф VDO DTCO 3.0 1381 [21];
5. Система дистанційного контролю та прогнозування технічного стану автомобіля «ХНАДУ ТЕСА»;
6. Система дистанційного контролю та прогнозування технічного стану ТЗ і стану операторів «СМВ».

Розглянемо взаємодію перерахованих окремих апаратних засобів в межах морфологічної матриці структури апаратного забезпечення інформаційних систем моніторингу експлуатації ТЗ для застосування в розробленій інформаційній системі і на DFD-діаграмі, що показана на рис. 1.

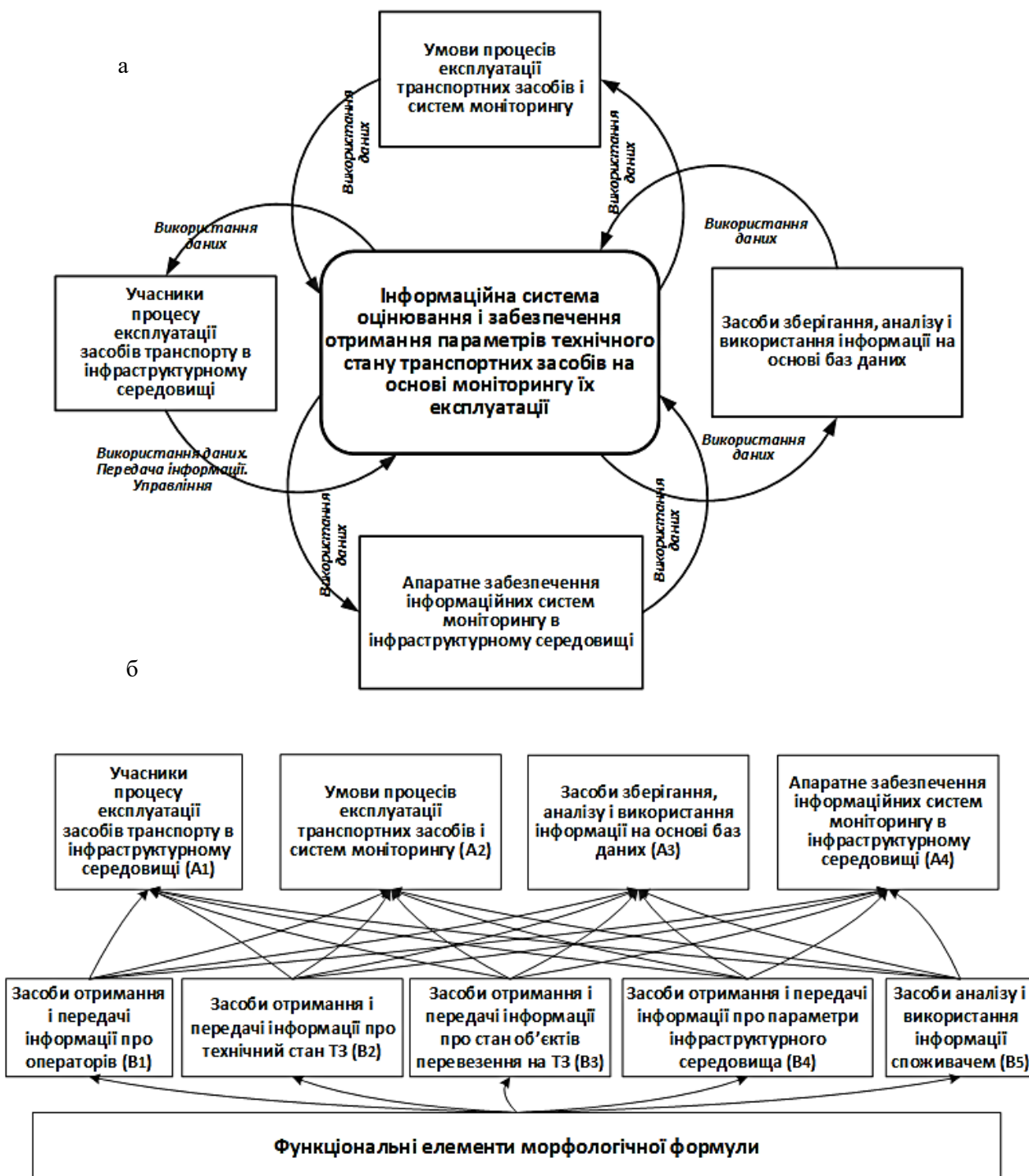


Рис. 1 – DFD-діаграма функціонування інформаційної системи оцінювання і забезпечення отримання параметрів технічного стану ТЗ на основі моніторингу їх експлуатації (а) та зв'язок основних складових DFD-діаграми (інформаційної системи) з функціональними елементами розробленої морфологічної формули (б)

Для складової DFD-діаграми «Учасники процесу експлуатації засобів транспорту в інфраструктурному середовищі (A1)» функціонування інформаційної системи оцінювання і забезпечення отримання параметрів

технічного стану транспортних засобів на основі моніторингу їх експлуатації маємо в залежності від особливостей формульного (1) виразу в роботі [1] наступну залежність:

$$\begin{cases} V_{A1(1)} = f(B_2 + B_{4(\min)} + B_5) \\ V_{A1(2)} = f(B_2 + B_{4(\min)} + B_5) \\ V_{A1(3)} = f(B_{1(\min)} + B_2 + B_3 + B_{4(\min)} + B_5) \\ V_{A1(4)} = f(B_1 + B_2 + B_{3(\min)} + B_4 + B_5) \\ V_{A1(5)} = f(B_2 + B_3 + B_4 + B_5) \\ V_{A1(6)} = f(B_1 + B_2 + B_3 + B_4 + B_5) \end{cases} \quad (1)$$

де $V_{A1(1)} - V_{A1(6)}$ – функціональні залежності складових морфологічної матриці для реалізації взаємодії основних складових DFD-діаграми (інформаційної системи) з функціональними елементами розробленої морфологічної формули, відповідно до рис. 1б; $B_1 - B_5$ – складові структури апаратного забезпечення інформаційних систем моніторингу експлуатації ТЗ в залежності від функціональних елементів морфологічної формули; $B_{i(\min)}$ – складові структури апаратного забезпечення інформаційних систем моніторингу експлуатації ТЗ в залежності від функціональних елементів морфологічної формули, які можуть бути реалізовані в дослідженні за відповідним варіантом з обмеженнями.

Для складової DFD-діаграми «Умови процесів експлуатації транспортних засобів і систем моніторингу (A_2)» функціонування інформаційної системи оцінювання і забезпечення отримання параметрів технічного стану ТЗ на основі моніторингу їх експлуатації маємо в залежності від особливостей формульного (1) виразу в роботі [1] наступну залежність:

$$\begin{cases} V_{A2(1)} = f(B_2 + B_4 + B_5) \\ V_{A2(2)} = f(B_2 + B_{4(\min)} + B_5) \\ V_{A2(3)} = f(B_{1(\min)} + B_2 + B_3 + B_{4(\min)} + B_5) \\ V_{A2(4)} = f(B_1 + B_2 + B_{3(\min)} + B_4 + B_5) \\ V_{A2(5)} = f(B_2 + B_3 + B_4 + B_5) \\ V_{A2(6)} = f(B_1 + B_2 + B_3 + B_4 + B_5) \end{cases} \quad (2)$$

де $V_{A2(1)} - V_{A2(6)}$ – функціональні залежності складових морфологічної матриці для реалізації взаємодії основних складових DFD-діаграми (інформаційної системи) з функціональними елементами розробленої морфологічної формули, відповідно до рис. 1б; $B_1 - B_5$ і $B_{i(\min)}$ – аналогічно до пояснень до формули (1).

Для складової DFD-діаграми «Засоби зберігання, аналізу і використання інформації на основі баз даних

(A_3)» функціонування інформаційної системи оцінювання і забезпечення отримання параметрів технічного стану транспортних засобів на основі моніторингу їх експлуатації маємо в залежності від особливостей формульного (1) виразу в роботі [1] наступну залежність:

$$\begin{cases} V_{A3(1)} = f(B_2 + B_4 + B_5) \\ V_{A3(2)} = f(B_2 + B_{4(\min)} + B_5) \\ V_{A3(3)} = f(B_{1(\min)} + B_2 + B_3 + B_{4(\min)} + B_5) \\ V_{A3(4)} = f(B_1 + B_2 + B_3 + B_4 + B_5) \\ V_{A3(5)} = f(B_2 + B_3 + B_4 + B_5) \\ V_{A3(6)} = f(B_1 + B_2 + B_3 + B_4 + B_5) \end{cases} \quad (3)$$

де $V_{A3(1)} - V_{A3(6)}$ – функціональні залежності складових морфологічної матриці для реалізації взаємодії основних складових DFD-діаграми (інформаційної системи) з функціональними елементами розробленої морфологічної формули, відповідно до рис. 1 б; $B_1 - B_5$ і $B_{i(\min)}$ – аналогічно до пояснень до формули (1).

Для складової DFD-діаграми «Апаратне забезпечення інформаційних систем моніторингу в інфраструктурному середовищі (A_4)» функціонування інформаційної системи оцінювання і забезпечення отримання параметрів технічного стану транспортних засобів на основі моніторингу їх експлуатації маємо в залежності від особливостей формульного (1) виразу в роботі [1] наступну залежність:

$$\begin{cases} V_{A4(1)} = f(B_2 + B_4 + B_5) \\ V_{A4(2)} = f(B_2 + B_{4(\min)} + B_5) \\ V_{A4(3)} = f(B_{1(\min)} + B_2 + B_3 + B_{4(\min)} + B_5) \\ V_{A4(4)} = f(B_1 + B_2 + B_{3(\min)} + B_4 + B_5) \\ V_{A4(5)} = f(B_1 + B_2 + B_3 + B_4 + B_5) \\ V_{A4(6)} = f(B_1 + B_2 + B_3 + B_4 + B_5) \end{cases} \quad (4)$$

де $V_{A4(1)} - V_{A4(6)}$ – функціональні залежності складових морфологічної матриці для реалізації взаємодії основних складових DFD-діаграми (інформаційної системи) з функціональними елементами розробленої морфологічної формули, відповідно до рис. 1 б; $B_1 - B_5$ і $B_{i(\min)}$ – аналогічно до пояснень до формули (1).

Тепер зупинимось на доцільності використання апаратного забезпечення у відповідності до застосованих з переліку розглянутих засобів у табл 1.

Таблиця 1

Зв'язок основних складових DFD-діаграми з функціональними елементами розробленої морфологічної формули, відповідно до формули (1) [1]

Апаратні засоби моніторингу	Зв'язок основних складових DFD-діаграми (інформаційної системи) з функціональними елементами узагальненої морфологічної формули			
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄
ELM 327	2 (+) + 1 (min)	3 (+)	3 (+)	3 (+)
Launch	2 (+) + 1 (min)	2 (+) + 1 (min)	2 (+) + 1 (min)	2 (+) + 1 (min)
Ruptela	3 (+) + 2 (min)	3 (+) + 2 (min)	3 (+) + 2 (min)	3 (+) + 2 (min)
Тахограф VDO DTCO 3.0 1381	4 (+) + 1 (min)	4 (+) + 1 (min)	5 (+)	4 (+) + 1 (min)
«ХНАДУ ТЕСА»	4 (+)	4 (+)	4(+)	5 (+)
«CMV»	5 (+)	5 (+)	5 (+)	5 (+)

Приклади практичної реалізації дослідження функціональних можливостей існуючих систем моніторингу процесів експлуатації ТЗ. На рис. 2 показані окремі варіанти інформаційно-комунікаційного обладнання для моніторингу діагностування, що використовувалось для проведення дослідження в частині методів отримання і обробки інформації та способів реалізації підходів до формування структури апаратного забезпечення ICM процесів експлуатації ТЗ в межах функціонування досліджуваної системи «Транспортний Засіб – Інфраструктура».



а)



б)

Рис. 2 – Елементи апаратного забезпечення моніторингу і діагностування ТЗ: а – зовнішній вигляд діагностичного приладу Launch в ТЗ; б – зовнішній вигляд діагностичного приладу Трекер Ruptela (Ruptela FM-Tco4 HCV / HCV 3G)

Показані різні види апаратного забезпечення моніторингу і діагностування ТЗ. На рис. 2а показаний зовнішній вигляд діагностичного приладу Launch при встановленні в ТЗ і на рис. 2б – зовнішній вигляд діагностичного приладу Трекер Ruptela (Ruptela FM-Tco4 HCV / HCV 3G) перед встановленням на ТЗ.

На рис. 3 показані робочі графіки зміни параметрів ТЗ в результаті проведення моніторингу параметрів стану і діагностування на окремих досліджуваних режимах.

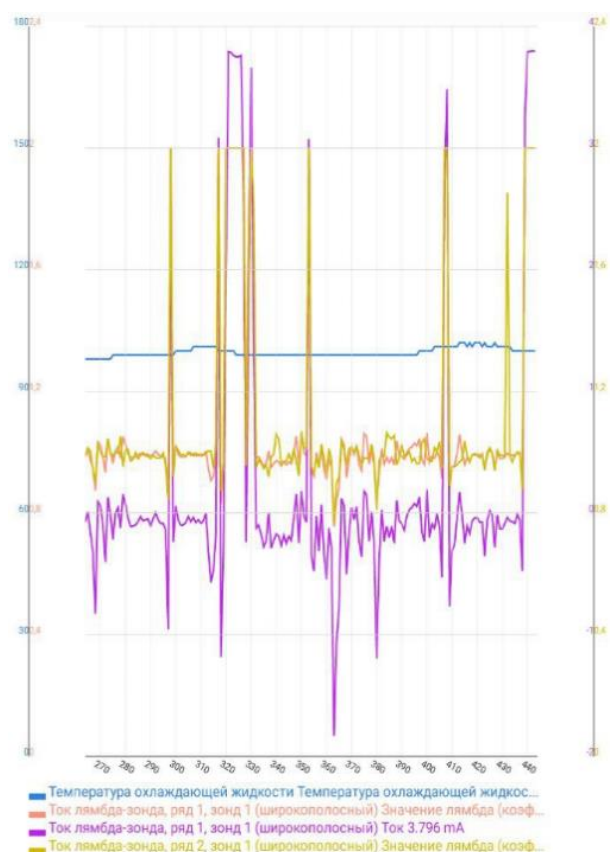


Рис. 3 – Робочі графіки зміни параметрів ТЗ на основі проведення моніторингу і діагностування

На рис. 4 показане стартове вікно системи дистанційного контролю та прогнозування технічного стану ТЗ і стану операторів «CMV», яка є найбільш повною серед проаналізованих систем для виконання поставлених задач. Саме вона охоплює всі функціональні елементи інформаційної моделі і дає можливості для розвитку системи, як у базових, так і у варійованих компонентах морфологічної формули.

Рис. 4 – Стартове вікно системи дистанційного контролю та прогнозування технічного стану ТЗ і стану операторів «CMV»

Результати та їх обговорення

На основі порівняльного аналізу визначено доцільні умови застосування розглянутих систем. Досліджені системи моніторингу ELM 327, Launch, Ruptela, тахограф – мають достатньо обмежені можливості для забезпечення реалізації моніторингу в широкому спектрі задач у відповідності до положень морфологічної формули. ELM 327 обмежена за функціональністю системи, у якій більшість функціональних елементів реалізовано частково; недостатньо розвиненими є елементи моніторингу операторів, об'єктів перевезення та взаємодії з інфраструктурою. Launch має обмежене охоплення функцій, переважно орієнтоване на технічну діагностику; перспективним є розвиток п'ятого функціонального елемента, пов'язаного з прогнозуванням технічного стану. Ruptela частково реалізує базові можливості моніторингу технічного стану й позиціонування, але не забезпечує повної інтеграції з підсистемами моніторингу операторів і аналітики даних. Тахограф виконує вузькоспеціалізовані функції контролю режимів роботи водіїв, однак не охоплює більшість інших елементів комплексної системи моніторингу.

Досліджені системи моніторингу «ХНАДУ ТЕСА» і «CMV» мають достатньо широкі можливості для забезпечення реалізації моніторингу в широкому спектрі задач у відповідності до положень морфологічної формули. Система «ХНАДУ ТЕСА» забезпечує високий рівень функціональної повноти, реалізуючи більшість елементів узагальненої моделі, за винятком блоку моніторингу операторів, який реалізований частково. Система «CMV» – є найбільш повною серед проаналізованих; охоплює всі функціональні елементи моделі як у базових, так і у варійованих компонентах.

Висновки

1. В ході дослідження виконано аналіз і синтез функціональних можливостей інформаційної системи оцінювання і забезпечення отримання параметрів технічного стану ТЗ на основі моніторингу їх експлуатації.

2. Сформовано DFD-діаграму функціонування інформаційної системи оцінювання і забезпечення отримання параметрів технічного стану ТЗ на основі моніторингу їх експлуатації. Розроблений і показаний варіант забезпечення зв'язку основних складових DFD-діаграми (інформаційної системи) з функціональними елементами узагальненої морфологічної формули. Для всіх п'яти основних функціональних компонентів, а саме: засоби моніторингу операторів; засоби моніторингу технічного стану ТЗ використовує вбудовані та зовнішні системи для оцінки роботи двигуна, трансмісії, ходової частини та механізмів курування; засоби моніторингу об'єктів перевезень; засоби моніторингу взаємодії з інфраструктурою; засоби аналізу і використання інформації споживачем, розроблені варіанти системної взаємодії зі складовими розробленої DFD-діаграми. Це дозволяє забезпечити відображення окремих варіантів запропоновані реалізації у відповідності до морфологічних ознак цих функціональних елементів. Такий підхід дає можливість сформулювати і оцінити доцільність і значущість численної кількості дійсних комбінацій конфігурацій системи. В роботі проаналізовані варіанти конфігурацій для задоволення конкретних потреб в встановлених експлуатаційних умовах.

3. Виконано оцінку доцільності використання основних складових діаграми інформаційної системи з функціональними елементами узагальненої морфологічної формули. Оцінено застосування окремих компонентів і систем моніторингу ТЗ для виконання задач дослідження шляхом застосування складових морфологічної матриці: сканер-адаптер ELM 327, діагностичний прилад Launch, трекер Ruptela (Ruptela FM-Tco4 HCV / HCV 3G), тахограф, система дистанційного контролю та прогнозування технічного стану автомобіля «ХНАДУ ТЕСА» і система дистанційного контролю та прогнозування технічного стану ТЗ і стану операторів «CMV».

4. На основі аналізу переваг та недоліків оцінювання доцільності використання апаратного

забезпечення у відповідності до застосованих з переліку розглянутих апаратних засобів було встановлено, що з досліджених і проаналізованих засобів тільки системи моніторингу «ХНАДУ ТЕСА» і «СМV» мають достатньо широкі можливості для забезпечення реалізації моніторингу в широкому спектрі задач у відповідності до положень морфологічної формули. Система «СМV» є найбільш повною серед проаналізованих ІСМ, так як охоплює всі функціональні елементи моделі у базових і у варійованих компонентах.

5. Напрямок подальших досліджень є розробка алгоритму(ів) забезпечення інтеграції інформаційних компонентів систем моніторингу на основі систематизації апаратних схем і їх практична взаємодія та координація функціонування.

Перелік використаних джерел

- [1] Матейчик В., Навроцький А. Систематизація схем апаратного забезпечення систем моніторингу експлуатації транспортних засобів. *Вісник Приазовського державного технічного університету. Серія: Технічні науки*. 2024. Вип. 48. С. 184-192. DOI: <https://doi.org/10.31498/2225-6733.48.2024.310711>.
- [2] Особливості дистанційної ідентифікації режимів праці та відпочинку водія в системі інформаційного моніторингу транспортних засобів / І. В. Худяков та ін. *Збірник наукових праць Державного університету інфраструктури та технологій. Серія: Транспортні системи і технології*. 2020. Вип. 35. С. 146-155. DOI: <https://doi.org/10.32703/2617-9040-2020-35-15>.
- [3] Особливості моніторингу і визначення статусу несправностей транспортного засобу у складі бортового інформаційно-діагностичного комплексу / Волков В. П., Грицук І. В., Комов А. П., Волков Ю. В. *Вісник Національного транспортного університету*. 2014. Вип. 30. С. 51-62.
- [4] Організація технічної експлуатації автомобілів в умовах формування інтелектуальних транспортних систем / В.П. Волков та ін. *Вісник Національного технічного університету ХПІ. Серія: Автомобіле- та тракторобудування*. 2013. № 29. С. 138-144.
- [5] Особливості дистанційної ідентифікації режимів роботи водія в інформаційній системі моніторингу транспортного засобу / Грицук І. В., Матейчик В. П., Симоненко Р. В., Худяков І. В. *Systemy i środki transportu samochodowego. Wybrane zagadnienia. Monografia nr.19. Seria: Transport. Rzeszow*, 2019. С. 7-15.
- [6] Інтелектуальні системи моніторингу транспорту: монографія / В. П. Волков та ін. Харків: Вид-во НТМТ, 2015. 246 с.
- [7] Information Security Risk Management of Vehicles / D. Klets et al. *SAE Technical Paper*. 2018. Article 2018-01-0015. DOI: <https://doi.org/10.4271/2018-01-0015>.
- [8] Організація та логістика перевезень: підручник / Ізтелеуова М. С., Грицук І. В., Арімбекова П. М., Тарандушка Л. А. Херсон: ОЛДІ, 2021. 264 с.
- [9] Худяков І. В. Моделі бази даних інформаційної системи моніторингу параметрів технічного стану транспортних засобів. *Наукові нотатки*. 2019. Вип. 67. С. 141-148.
- [10] The Complex Application of Monitoring and Express Diagnosing for Searching Failures on Common Rail System Units / I. Gritsuk et al. *SAE Technical Paper*. 2018. Article 2018-01-1773. DOI: <https://doi.org/10.4271/2018-01-1773>.
- [11] Черняк Ю. В., Прилепський Ю. В., Грицук І. В. Фізична модель рекуперативної системи маневрового тепловозу: Монографія. Донецьк: ДонІЗТ, 2010. 196 с.
- [12] Assessment of Operation Speed and Precision of Electropneumatic Actuator of Mechanical Transmission Clutch Control System / M. Mikhalevich et al. *SAE Technical Paper*. 2018. Article 2018-01-1295. DOI: <https://doi.org/10.4271/2018-01-1295>.
- [13] Features of Modeling Thermal Development Processes of the Vehicle Engine Based on Phase-Transitional Thermal Accumulators / I. Gritsuk et al. *SAE Technical Paper*. 2019. Article 2019-01-0906. DOI: <https://doi.org/10.4271/2019-01-0906>.
- [14] Особливості розробки моделі бази даних інформаційної системи моніторингу транспортного засобу, оснащеного тахографом і трекером / І. В. Грицук та ін. *Сучасні технології на автомобільному транспорті та машинобудуванні: наукові праці Міжнародної науково-практичної конференції, м. Харків, 15-18 жовтня 2019 р.* С. 87-90.
- [15] Aspects of Forming the Information V2I Model of the Transport Vessel / A. Golovan et al. *IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES)*, Kremenchuk, Ukraine, 23-25 September 2019. Pp. 390-393. DOI: <https://doi.org/10.1109/MEES.2019.8896595>.
- [16] The Choice of a Rational Type of Fuel for Technological Vehicles / V. Zaharchuk et al. *SAE Technical Paper*. 2018. Article 2018-01-1759. DOI: <https://doi.org/10.4271/2018-01-1759>.
- [17] Increase of Stability for Motor Cars in Service Braking / M. Podrigalo et al. *SAE Technical Paper*. 2018. Article 2018-01-1880. DOI: <https://doi.org/10.4271/2018-01-1880>.
- [18] Arciszewski T. Morphological Analysis in Inventive Engineering. *Technological Forecasting and Social Change*. 2018. Vol. 126. Pp. 92-11. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.10.013>.
- [19] Ritchey T. Modeling Complex Socio-Technical Systems using Morphological Analysis. URL: <https://swemorph.com/pdf/it-webart.pdf> (дата звернення: 03.07.2025).

[20] Катренко А. В. Системний аналіз об'єктів та процесів комп'ютеризації: Навчальний посібник. Львів: Новий світ – 2000, 2003. 420 с.

[21] Тахограф цифровий VDO DTCO 3.0 1381 24V/12V. URL: <https://tahoprof.com.ua/product/tahograf-czyfrovyyj-vdo-dtco-3-0-1381-24v-12v-novyj/> (дата звернення: 10.08.2025).

FEATURES OF INTERACTION BETWEEN DATA ACQUISITION AND PROCESSING TOOLS IN THE HARDWARE STRUCTURE OF VEHICLE OPERATION MONITORING INFORMATION SYSTEMS

Mateichyk V.P. D.Sc. (Engineering), professor, National Transport University, Kyiv, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3683-7246>, e-mail: wmate@ukr.net;
Navrotskyi A.V. postgraduate student, National Transport University, Kyiv, ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-0188-4630>, e-mail: andrewnav888@gmail.com

The paper explores the interaction features of data acquisition and processing tools within the hardware architecture of information systems designed for vehicle operation monitoring. It is established that the performance efficiency of modern vehicles largely depends on the degree of integration among control devices, diagnostic subsystems, and data transmission technologies within a unified hardware–information framework. A review of recent studies in the field of vehicle condition monitoring systems has been conducted, outlining scientific and technical prerequisites for improving data collection, processing, and interpretation procedures. A morphological analysis–based approach to the classification and organization of hardware elements is proposed, enabling the formation of optimal configurations of monitoring system components while accounting for functional interrelations between subsystems. A generalized model describing the interaction between technical and informational means has been developed, considering the influence of external operating conditions and ensuring greater reliability in monitoring vehicle technical parameters. A data flow diagram (DFD) representing the operation of the information system for assessing and obtaining vehicle technical condition parameters based on operational monitoring has been created. The study presents a method of linking the core elements of this diagram with the functional components defined by the developed morphological structure. Several configuration options have been analyzed to address specific operational requirements under given conditions. The feasibility of applying the main elements of the system diagram in conjunction with the morphological model components has been evaluated. The results of the study can be applied in the design, modernization, and optimization of vehicle monitoring information systems for various transport applications. The practical implementation of the proposed approaches will enhance operational efficiency, reduce maintenance costs, and improve overall transport safety.

Keywords: vehicle, information system, monitoring systems, hardware, data acquisition and processing, morphological analysis, technical condition.

References

- [1] V.P. Mateichyk, and A.V. Navrotskyi, “Systematyzatsiia skhem aparatnoho zabezpechennia system monitorynhu ekspluatatsii transportnykh zasobiv” [“Systematization of hardware schemes of vehicle operation monitoring systems”], *Visnyk Pryazovskoho derzhavnogo tekhnichnoho universytetu. Seriia: Tekhnichni nauky – Reporter of the Priazovskyi State Technical University. Section: Technical sciences*, vol. 48, pp. 184-192, 2024. doi: **10.31498/2225-6733.48.2024.310711**. (Ukr.)
- [2] I. Khudiakov et al., “Osoblyvosti dystantsiinoi identyfikatsii rezhymiv pratsi ta vidpochynku vodiia v systemi informatsiinoho monitorynhu transportnykh zasobiv” [“Peculiarities of remote identification of labor mode and rest of a driver in the vehicle information monitoring system”], *Zbirnyk naukovykh prats Derzhavnogo universytetu infrastruktury ta tekhnolohii. Seriia: Transportni systemy i tekhnolohii – Collection of scientific works of the State University of Infrastructure and Technologies, series «Transport systems and technologies»*, vol. 35, pp. 146-155, 2020. doi: **10.32703/2617-9040-2020-35-15**. (Ukr.)
- [3] V.P. Volkov, I.V. Gritsuk, A.P. Komov, and Ju.V. Volkov, “Osoblyvosti monitorynhu i vyznachennia statusu nespravnosti transportnoho zasobu u skladi bortovoho informatsiino-diahnostychnoho kompleksu” [“Features of the monitoring and malfunctions status determination of the vehicle on-board diagnostic information complex”], *Visnyk Natsionalnoho transportnoho universytetu – Bulletin of the National Transport University*, vol. 30, pp. 51-62, 2014. (Ukr.)
- [4] V.P. Volkov, V.P. Mateichyk, P.B. Komov, O.B. Komov, and I. V. Gritsuk, “Orhanizatsiia tekhnichnoi ekspluatatsii avtomobiliv v umovakh formuvannia intelektualnykh transportnykh system” [“Organization of technical operation of vehicles in the context of the formation of intelligent transport systems”], *Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu KhPI*.

Seriia: Avtomobile- ta traktorobuduvannia – Bulletin of the National Technical University «KhPI». Series: Automobile and Tractor Construction, № 29, pp. 138-144, 2013. (Ukr.)

- [5] I.V. Gritsuk, V.P. Mateichyk, R.V. Symonenko, I.V. Khudiakov, “Osoblyvosti dystantsiinoi identyfikatsii rezhyimiv roboty vodiia v informatsiinii systemi monitorynhu transportnoho zasobu” [“Features of remote identification of driver operating modes in the vehicle monitoring information system”], in *Systemy i shrodky transportu samochodowego. Wybrane zagadnienia. Monografia nr.19. Seria: Transport, Rzeszow, pp. 7-15, 2019. (Ukr.)*
- [6] V.P. Volkov et al., *Intelektualni systemy monitorynhu transportu: monohrafiia* [Intelligent transport monitoring systems: monograph], Kharkiv, Ukraine: NTMT Publ., 2015. (Ukr.)
- [7] D. Klets et al., “Information Security Risk Management of Vehicles,” *SAE Technical Paper*, article 2018-01-0015, 2018. **doi: 10.4271/2018-01-0015.**
- [8] M.S. Izteleuova, I.V. Gritsuk, P.M. Arimbekova, and L.A. Tarandushka, *Orhanizatsiia ta lohistyka perevezhen: pidruchnyk* [Transportation Organization and Logistics: Textbook]. Kherson, Ukraine: OLDI Publ., 2021. (Ukr.)
- [9] I.V. Khudiakov, “Modeli bazy danykh informatsiinoi systemy monitorynhu parametriv tekhnichnoho stanu transportnykh zasobiv” [“Monitoring information system data base models vehicle technical parameters”], *Naukovi Notatki*, vol. 67, pp. 141-148, 2019. (Ukr.)
- [10] I. Gritsuk et al., “The Complex Application of Monitoring and Express Diagnosing for Searching Failures on Common Rail System Units,” *SAE Technical Paper*, article 2018-01-1773, 2018. **doi: 10.4271/2018-01-1773.**
- [11] Yu.V. Cherniak, Yu.V. Prylepsykyi, and I.V. Gritsuk, *Fizychna model rekuperatyvnoi systemy manevrovoho teplovozu: Monohrafiia* [Physical model of the regenerative system of a shunting locomotive: Monograph]. Donetsk, Ukraine: DonIZT Publ., 2010. (Ukr.)
- [12] M. Mikhalevich et al., “Assessment of Operation Speed and Precision of Electropneumatic Actuator of Mechanical Transmission Clutch Control System,” *SAE Technical Paper*, article 2018-01-1295, 2018. **doi: 10.4271/2018-01-1295.**
- [13] I. Gritsuk et al., “Features of Modeling Thermal Development Processes of the Vehicle Engine Based on Phase-Transitional Thermal Accumulators,” *SAE Technical Paper*, article 2019-01-0906, 2019. **doi: 10.4271/2019-01-0906.**
- [14] I.V. Hrytsuk, R.V. Symonenko, I.V. Khudiakov, V.S. Manzhelai, D.S. Pohorletsykyi, and V.V. Chernenko, “Osoblyvosti rozrobky modeli bazy danykh informatsiinoi systemy monitorynhu transportnoho zasobu, osnashchenoho takhohrafom i trekerom” [“Features of developing a database model for an information system for monitoring a vehicle equipped with a tachograph and a tracker”], in *Proc. of the Int. Sci.-Pract. Conf. «Modern technologies in road transport and mechanical engineering»*, Kharkiv, Ukraine, Oct. 15-18, 2019, pp. 87-90. (Ukr.)
- [15] A. Golovan, I. Gritsuk, S. Rudenko, V. Saravas, A. Shakhov, and O. Shumylo, “Aspects of Forming the Information V2I Model of the Transport Vessel,” in *Proc. of the IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES)*, Kremenchuk, Ukraine, Sept. 23-25, 2019, pp. 390-393. **doi: 10.1109/MEES.2019.8896595.**
- [16] V. Zaharchuk et al., “The Choice of a Rational Type of Fuel for Technological Vehicles,” *SAE Technical Paper*, article 2018-01-1759, 2018. **doi: 10.4271/2018-01-1759.**
- [17] M. Podrigalo et al., “Increase of Stability for Motor Cars in Service Braking,” *SAE Technical Paper*, article 2018-01-1880, 2018. **doi: 10.4271/2018-01-1880.**
- [18] T. Arciszewski, “Morphological Analysis in Inventive Engineering,” *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 126, pp. 92-11, 2018. **doi: 10.1016/j.techfore.2017.10.013.**
- [19] T. Ritchey, “Modeling Complex Socio-Technical Systems using Morphological Analysis.” [Online]. Available: <https://swemorph.com/pdf/it-webart.pdf>. Accessed on: July 03, 2025.
- [20] A.V. Katrenko, *Systemnyi analiz obiektiv ta protsesiv kompiuteryzatsii: Navchalnyi posibnyk* [Systems analysis of computerization objects and processes: Tutorial]. Lviv, Ukraine: Novyi svit – 2000 Publ., 2003. (Ukr.)
- [21] Takhohraf tsyfrovyy VDO DTCO 3.0 1381 24V/12V (Digital tachograph VDO DTCO 3.0 1381 24V/12V). [Online]. Available: <https://tahoprof.com.ua/product/tahograf-cyfrovyy-vdo-dtco-3-0-1381-24v-12v-novyj/>. Accessed on: August 10, 2025. (Ukr.)

Стаття надійшла 21.08.2025

Стаття прийнята 19.09.2025

Стаття опублікована 30.10.2025

Цитуйте цю статтю як: Матейчик В. П., Навроцький А. В. Особливості взаємодії засобів збирання і обробки інформації в структурі апаратного забезпечення інформаційних систем моніторингу експлуатації транспортних засобів. *Вісник Приазовського державного технічного університету. Серія: Технічні науки.* 2025. Вип. 51. С. 311-320. DOI: <https://doi.org/10.31498/2225-6733.51.2025.344984>.