

274 АВТОМОБІЛЬНИЙ ТРАНСПОРТ

УДК 656.13.07(075.8)

doi: 10.31498/2225-6733.49.2.2024.321399

© Головащенко О.В.*

СИСТЕМАТИЗАЦІЯ СХЕМ СТРУКТУРИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНІЧНОЇ ГОТОВНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ШЛЯХОМ УДОСКОНАЛЕННЯ МАТЕРІАЛЬНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСІВ ВІДНОВЛЕННЯ ЇХ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ

Для забезпечення високоякісних транспортних послуг автотранспортному підприємству необхідно використовувати надійний рухомий склад, підтримувати його у належному технічному стані та вдосконалювати роботу не лише технічних підрозділів, що займаються обслуговуванням і ремонтом, а й системи матеріально-технічного забезпечення. Одним із ключових інструментів контролю за технічним станом автомобілів під час експлуатації є інформаційний моніторинг. У статті проведено структурний аналіз і синтез можливих схем підтримання технічної готовності транспортних засобів у взаємодії з інфраструктурним середовищем шляхом покращення матеріально-технічного забезпечення процесів відновлення їх працездатності. Для класифікації схем забезпечення технічної готовності виділено чотири функціональні елементи, які складаються із сукупностей спеціалізованих апаратних засобів і заходів. Для кожного елемента визначено від 2 до 7 технічних варіантів реалізації, охоплюючи 35 ключових морфологічних характеристик системи, що впливають на досягнення загальних цілей її функціонування. Ці характеристики пов'язані з функціями, конструктивними, організаційними чи технологічними рішеннями, а також режимами роботи та способами взаємодії складових елементів. Описано перелік рішень для оперативного контролю й управління технічним станом через показники витрати палива, а також процесів матеріально-технічного обслуговування – від прийому транспортного засобу в ремонт до замовлення запчастин і виконання необхідних робіт в умовах експлуатації. У статті розглянуто дослідження процесу формування структурних схем забезпечення технічної готовності у вигляді морфологічної формули. Результуюча схема, доповнена варіантами реалізації, представлена як ефективний підхід до підвищення технічної готовності транспортних засобів під час їх експлуатації.

Ключові слова: транспортний засіб, морфологічна матриця, ефективність, технічний стан, моніторинг, працездатність, матеріально-технічне забезпечення, експлуатація, система.

O.V. Holovashchenko. Systematization of structure schemes for ensuring the technical readiness of vehicles by improving the material and technical support of the processes of restoring their workability. To provide high-quality transport services, a motor transport enterprise needs to use reliable rolling stock, maintain it in proper technical condition and improve the work of not only technical departments involved in maintenance and repair, but also the logistics system. One of the key tools for monitoring the technical condition of vehicles during operation is information monitoring. The article provides a structural analysis and synthesis of possible schemes for maintaining the technical readiness of vehicles in interaction with the infrastructure environment by improving the logistics of the processes of restoring their operability. To classify the schemes for ensuring technical

* аспірант, Національний транспортний університет, м. Київ, ORCID: 0009-0005-7729-5462, venger.a79@gmail.com

readiness, four functional elements have been identified, which consist of sets of specialized hardware and measures. For each element, from 2 to 7 technical implementation options have been identified, covering 35 key morphological characteristics of the system that affect the achievement of the general goals of its functioning. These characteristics are related to functions, constructive, organizational or technological solutions, as well as operating modes and methods of interaction of the constituent elements. A list of solutions for operational control and management of technical condition through fuel consumption indicators, as well as material and technical maintenance processes - from accepting a vehicle for repair to ordering spare parts and performing the necessary work in operating conditions is described. The article considers the study of the process of forming structural schemes for ensuring technical readiness in the form of a morphological formula. The resulting scheme, supplemented by implementation options, is presented as an effective approach to increasing the technical readiness of vehicles during their operation.

Keywords: vehicle, morphological matrix, efficiency, technical condition, monitoring, operability, material and technical support, operation, system.

Постановка проблеми. В інженерно-технічному середовищі автотранспортних підприємств під запасними частинами розуміють комплекс деталей і матеріалів, які становлять економічний ресурс і можуть тимчасово не використовуватись. У контексті системного підходу цей ресурс розглядається як резерв, що забезпечує підвищення технічної готовності транспортних засобів (ТЗ), але не перебуває у постійній експлуатації. Сучасні автомобілі є об'єктами, які складаються в середньому з близько 70-80 тисяч елементів, які мають показники надійності, що суттєво відрізняються. На якість транспортних засобів, насамперед, впливає своєчасне задоволення періодичної необхідності заміни несправних елементів на підприємствах з технічного обслуговування (ТО) і ремонту. Однак ряд недоліків у функціонуванні вже створених систем управління складом запасних частин в організаціях, які обслуговують та експлуатують автомобільний транспорт, продовжує існувати. Найчастіша проблема – переповненість складів, що супроводжується дефіцитом одних деталей та надлишком інших.

Причиною найчастіше є те, що особа, яка приймає рішення, насамперед не бачить кінцевого результату введення того чи іншого параметра, крім того, не може точно прогнозувати потребу в запасах. Отже, його дії непослідовні та мають евристичний характер. Проблема полягає у відсутності науково обґрунтованих методик управління складами запасних частин (ЗП) та комплектуючих, що функціонують із достатньою ефективністю з урахуванням оптимізації параметрів. Не менш проблематична і відсутність інструментів узгодження між параметрами стану ТЗ, систем керування складами, менеджерськими впливами на них та результативністю ефективності їх роботи. Вирішення цієї суперечності між технічним станом ТЗ, зростанням ефективності процесу поставки на підприємства запасних частин і спробами скоротити витрати, пов'язані з їх зберіганням, і стало причиною виникнення даної роботи. Виходячи з вищесказаного, не підлягає сумніву, що пошук засобів підвищення ефективності моніторингу за станом ТЗ, функціонування підприємств, що спеціалізуються на обслуговуванні, ремонті та експлуатації автомобілів на базі, скорочення витрат на складське зберігання запасних частин та усунення їхнього дефіциту є актуальною проблемою.

Останні роки у державі спостерігається стабільна тенденція збільшення засобів транспорту, чисельність автомобілів збільшується приблизно на 6-10% на рік. Стихійний ринок автотранспорту, що сформувався ще на початку 2000-х років, поступово став цивілізованим, для чого сформовані різнобічні та систематичні контакти між учасниками ринку. Поряд з активним зростанням доходів громадян спостерігається і стабільне збільшення попиту як на нові, так і на вживані автомобілі, що, знову ж таки, активізує зростання ринку, що надають послуги у сфері обслуговування і ремонту автомобілів. Одна з ознак якісного сервісу – грамотна організація його виробничо-технічної бази. Основними завданнями матеріально-технічного забезпечення є такі: узгодження фактичного технічного стану ТЗ з рівнем запасів на складах для проведення ТО і ремонту; гарантування оптимального обсягу запасів і забезпечення шляхів їх поповнення; вдосконалення процесів замовлення, закупівлі та постачання комплектуючих.

Недостатнє виконання цих завдань може призвести до серйозних проблем, зокрема:

тривалих простоїв ТЗ у ремонті, що ускладнює роботу виробничих зон і потребує додаткових площ для зберігання автомобілів, які очікують обслуговування; створення черг на ремонт; збільшення кількості відмов через брак запасних частин; зниження конкурентоспроможності підприємства і популярності певних марок автомобілів.

Аналіз факторів, що впливають на витрати запасних частин під час експлуатації, показав залежність потреб підприємства від конструктивних, експлуатаційних, технологічних та організаційних чинників. Основними серед них є інтенсивність використання, надійність транспорту, структура та віковий склад автопарку, а також пробіг транспортних засобів.

Вплив запасних частин на технологічну надійність визначається співвідношенням між часом заміни несправного вузла (або деталі) та допустимою тривалістю простою ТЗ. Ефективне управління запасами дозволяє уникнути надмірного використання оборотного капіталу на активи, які не беруть участі у виробничому процесі. Розв'язання цих проблем залежить від попиту, системи постачання та стратегії управління запасами.

Впровадження науково обґрунтованої системи управління запасами забезпечить підвищення ефективності роботи підприємств технічного обслуговування і ремонту ТЗ. Отже, дослідження, спрямовані на вдосконалення матеріально-технічного забезпечення, є надзвичайно актуальними.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В даний час надання якісних транспортних послуг автотранспортним підприємством можливе лише за умови використання надійного рухомого складу [1-6]. Підтримка його у справному стані потребує вдосконалення роботи не лише підрозділів, які займаються технічним обслуговуванням та ремонтом, а й системи матеріально-технічного забезпечення. Ефективність експлуатації рухомого складу залежить від організації системи матеріально-технічного забезпечення автомобільного транспорту. Поліпшення процесу забезпечення запасними частинами є одним із ключових напрямків підвищення технічної готовності автопарку. Однією з найважливіших складових цієї системи виступає підсистема управління запасами запасних частин.

Запасні частини є елементами виробу, призначені для заміни аналогічних компонентів з метою підтримки працездатності або справності виробу. Управління запасами запасних частин в умовах ринку пов'язане з нормуванням, контролем та регулюванням їх кількості та асортименту. Визначення оптимального обсягу та номенклатури запасних частин вважається пріоритетним завданням для підвищення технічної готовності рухомого складу та раціонального використання ресурсів. Сучасні методи прогнозування потреби у запасних частинах не завжди відповідають поточним вимогам, що пов'язано зі зростанням різноманітності автопарку та нестачею інформаційної бази. Тому вдосконалення забезпечення запасними частинами можливе через створення нових або адаптацію існуючих методів прогнозування. Це дозволить покращити матеріально-технічне забезпечення автотранспортного підприємства.

Керування експлуатацією транспортних засобів ґрунтується на аналізі даних, отриманих у процесі моніторингу, а також прогнозуванні основних характеристик. На технічний стан автомобіля значно впливають умови експлуатації та зовнішнє середовище. Згідно з дослідженнями [1, 4, 5], ці чинники можуть спричинити непередбачуваність та варіативність вихідних даних і ситуацій використання транспортного засобу. Інструменти моніторингу, розташовані як у самому транспортному засобі, так і в інфраструктурі, формують органічну систему, яка забезпечує отримання максимально точних даних про технічний стан та експлуатацію автомобіля.

Складнощі полягають у застосуванні новітніх технологій автомобілебудування, значній розгалуженості транспортних шляхів, складності умов експлуатації та специфіці дорожньої інфраструктури. Поєднання різноманітних інструментів і технологій у комплексах апаратного забезпечення інформаційно-системного моніторингу (ИСМ) дозволяє отримувати достовірну інформацію для забезпечення ефективного використання транспортних засобів. Крім цього, основою розробки вдосконаленого способу забезпечення підвищення технічної готовності транспортних засобів в умовах експлуатації є облік комплексного впливу дієвих чинників. Спосіб повинен відповідати низці вимог, включаючи: облік пробігу та терміну експлуатації автомобілів як ключових факторів; забезпечення коефіцієнта технічної готовності рухомого складу лише на рівні 0,9-0,95; скорочення часу простою автотранспорту на ремонті; зниження витрат на придбання та зберігання запасних частин; простоту реалізації у практичній площині. Вважаємо, що

оптимальним підходом для систематизації можливих схем реалізації є використання методу морфологічного аналізу, або методу морфологічного ящика.

Метод морфологічного аналізу комбінує класифікацію та узагальнення, зосереджуючи увагу на розкладанні проблеми на складові частини, пошуку перспективних елементів для вирішення завдань [4, 5]. Цей метод передбачає не лише декомпозицію, а й аналіз функціональної значимості елементів, їхнього впливу на загальну проблему та зв'язок із зовнішнім середовищем. У межах методу створюється морфологічна матриця, яка відображає всі аспекти проблеми та підходи до їх вирішення [6-18]. Ефективність морфологічного аналізу [12, 13] була продемонстрована його автором Ф. Цвіккі на прикладі розробки реактивних двигунів [10, 11, 14-18]. Сучасні електронні системи, які забезпечують дистанційний моніторинг технічного стану транспортних засобів, дозволяють контролювати роботу вузлів та агрегатів у реальному часі. Вони виконують діагностику стану та процесів, інформуючи оператора про будь-які відхилення [1-5]. Запропонований підхід інтегрує інформаційну взаємодію між транспортним засобом, оператором, умовами експлуатації та дорожньою інфраструктурою [19].

Таким чином, завдання удосконалення методу формування кількості запасних частин полягає у розробці підходу, який дозволяє прогнозувати граничний стан деталей, агрегатів та вузлів, визначати необхідну кількість запасних частин та своєчасно забезпечувати автотранспортне підприємство з мінімальними витратами на їх закупівлю та зберігання.

Метою дослідження є систематизація схем структури забезпечення технічної готовності транспортних засобів в умовах експлуатації шляхом удосконалення матеріально-технічного забезпечення процесів відновлення їх працездатності за допомогою формування морфологічної матриці.

Виклад основного матеріалу. Питання матеріально-технічного забезпечення включає організацію безперебійного постачання, ефективне використання ресурсів, оптимізацію запасів матеріалів, комплектуючих і обладнання для транспорту. Воно також передбачає вдосконалення нормування, планування, обліку, зберігання та доставки ресурсів до місць їх використання [20-27]. Для забезпечення роботи транспортних засобів, їх технічного обслуговування та ремонту необхідні матеріали, інвентар, запасні частини та обмінний фонд обладнання. Нестача ресурсів може спричинити простої транспорту, тоді як їх надлишок призводить до неефективного використання коштів і зростання оборотних фондів підприємств. Отже, оптимізація запасів ресурсів є важливим завданням технічного обслуговування і ремонту транспортних засобів [20-27].

Науково-прикладна проблема забезпечення технічної готовності транспорту та вдосконалення матеріально-технічного забезпечення процесів відновлення їх працездатності в умовах змінної експлуатації вирішується завдяки впровадженню оперативного контролю на базі інтелектуальних транспортних систем, що інтегрують прикладні підходи [27-39]. Перший підхід зосереджений на оперативному контролі за технічним станом транспорту через моніторинг, зокрема оптимізацію витрат палива та контроль викидів. Дослідження в напрямках паливної ефективності, екологічності та застосування інтелектуальних систем базуються на стандартизованій методології транспортної науки [28-31]. Другий підхід орієнтований на вдосконалення матеріально-технічного забезпечення процесів відновлення працездатності за змінних умов експлуатації. Використання інтелектуальних транспортних систем дозволяє значно підвищити ефективність забезпечення технічної готовності транспорту.

Для реалізації єдиного підходу необхідно гармонійно об'єднати обидва методи в інтегровану концепцію. У процесі вирішення поставлених завдань дослідження базується на системному підході, який трактується як взаємодія пов'язаних елементів, що спільно спрямовані на досягнення визначеної в статті мети [1-6, 19-39]. На різних етапах виконання роботи, зокрема в частині теоретичного дослідження, застосовуватимуться наступні методи і підходи: розрахунок нормативної витрати палива транспортного засобу, методи морфологічного аналізу, методи математичного аналізу; математичної статистики, теорії множин, теорії інформації, математичної статистики, теорії управління; імітаційного та математичного моделювання; теорії масового обслуговування та управління запасами. Експериментальні методи дослідження передбачають використання методів: планування експерименту та статистичної обробки отриманих даних, які базуються на теорії похибок, на аналізі невизначеностей та на дорожніх випробуваннях в реальних умовах експлуатації.

Головна мета дослідження полягає у вдосконаленні матеріально-технічного забезпечення для підвищення технічної готовності транспортних засобів через зниження паливних витрат ($Q(G_{\text{пт}})$) під час експлуатації. Це досягається врахуванням як об'єктивних, так і суб'єктивних факторів. Об'єктивні фактори пов'язані з нормуванням витрат палива на маршруті (M_{i1}), повною масою ТЗ (M_{i2}), а також умовами експлуатації (M_{i3}), які включають дорожні (M_{13}), транспортні (M_{23}), природно-кліматичні (M_{33}) умови та рівень культури праці (M_{43}). Суб'єктивні аспекти залежать від технічного стану ТЗ ($T_{\text{СТЗ}}$) і режимів (стилю) управління ТЗ ($P_{\text{ДУ}}$).

Функціонал також включає заходи, спрямовані на підтримку працездатності (заходи матеріально-технічного забезпечення процесів відновлення ТЗ): від процесів приймання у технічне обслуговування і (або) ремонт ($\text{Pr}(t)$) до забезпечення матеріально-технічної бази через управління складом і замовленням запчастин ($S_{\text{ЗА}(t)}$). Ці процеси залежать від культури праці (M_{43}), тривалості виконання завдань (t) та кількості необхідних запчастин (N_Z) для відновлення ТЗ.

Структуру функціоналу можна подати у вигляді:

$$\begin{cases} Q(G_{\text{пт}}) = F_t((M_{i1}, M_{i2}, M_{i3}(M_{13}, M_{23}, M_{33}, M_{43})); (T_{\text{СТЗ}}, P_{\text{ДУ}})) \rightarrow \max \\ G_{\text{пт}} \rightarrow \min \\ \text{Pr}(t) = F(t, M_{43}) \rightarrow \min \\ S_{\text{ЗА}}(t) = F(t, N_Z, M_{43}) \rightarrow \min \end{cases} \quad (1)$$

Особливість представленого функціоналу полягає в одночасному вирішенні мінімаксної задачі: максимізація паливної економічності транспортних засобів категорії N3 за експлуатаційних умов ($Q(G_{\text{пт}})$), при цьому прагнучі до мінімізації значень $G_{\text{пт}}$. Для досягнення цих параметрів враховуються конструктивні особливості транспортного засобу, його технічний стан, експлуатаційні умови та режими управління. Кожен із зазначених факторів має свої специфічні характеристики. Організаційні заходи щодо матеріально-технічного забезпечення відновлення працездатності транспортних засобів повинні бути спрямовані на мінімізацію часу та витрат, пов'язаних із зберіганням і використанням запасних частин.

Для впровадження методів дистанційного моніторингу необхідно врахувати особливості контролю технічного стану та визначити ключові критерії для підвищення ефективності виконання завдань у змінних умовах експлуатації із застосуванням інтелектуальних транспортних систем (ITS) [27-39]. Експериментальні дослідження роботи вантажних транспортних засобів під час перевезення вантажів у таких умовах із використанням ITS дадуть змогу систематизувати результати моніторингу для забезпечення оптимального технічного стану та економії пального. Окрему увагу слід приділити аналізу діяльності ремонтних служб і складів із використанням імітаційного моделювання та розробити рекомендації для впровадження отриманих результатів на практиці діючих підприємств.

Запропонований підхід охоплює створення загальної методики досліджень, класифікацію можливих рішень для забезпечення технічної готовності транспортних засобів та вдосконалення матеріально-технічної бази для відновлення їх працездатності за змінних експлуатаційних умов. Для цього застосовуються засоби оперативного контролю, які базуються на технологіях ITS, і метод морфологічного аналізу (табл. 1).

Методика створення морфологічної матриці передбачає розподіл технічної системи на ключові функціональні елементи (морфологічні ознаки), кожна з яких описується відповідними технічними характеристиками. Досягти поставлених цілей можливо шляхом чіткого визначення режимів роботи системи, взаємодії компонентів та механізмів, а також розробки основних функціональних елементів і їх складових [1-6, 19-32]. Головні заходи (табл. 1) включають оснащення транспортних засобів і відповідної інфраструктури засобами оперативного моніторингу та управління, а також оптимізацію матеріально-технічного забезпечення процесів обслуговування і ремонту. Це передбачає організацію приймання, складування і замовлення запасних частин [24-27].

Таблиця 1

Запропонована морфологічна матриця структури забезпечення технічної готовності транспортних засобів в умовах експлуатації шляхом удосконалення матеріально-технічного забезпечення процесів відновлення їх працездатності

Оснащення транспортного засобу обладнанням для виконання контролю витрати палива в умовах експлуатації	1. Повна маса ТЗ	1.1. До 1,2 т.	1.2. Від 1,2 до 2,0 т.	1.3. Від 2, 0 до 8,0 т.	1.4. Від 8,0 до 14,0 т.	1.5. Від 14,0 до 20,0 т.	1.6. Від 20,0 до 40,0 т.	1.7. Більше 40,0 т.	
	2. Наявність в ТЗ OBD-рознімання	2.1. Транспортний засіб обладнаний діагностичним OBD-розніманням			2.2. Транспортний засіб не обладнаний діагностичним OBD-розніманням				
	3. Засоби моніторингу параметрів стану ТЗ	3.1. Штатне обладнання ТЗ для моніторингу параметрів технічного стану	3.2. Трекер–комунікатор в ТЗ для моніторингу параметрів технічного стану		3.3. OBD – сканер в ТЗ для моніторингу параметрів технічного стану	3.4. Трекер–комунікатор та OBD – сканер в ТЗ для моніторингу параметрів технічного стану			
	4. Оснащення ТЗ ЕБУ і штатними датчиками	4.1. Двигун і ТЗ оснащені ЕБУ і штатними датчиками			4.2. Двигун і ТЗ оснащені ЕБУ і штатними датчиками				
	5. Оснащення ТЗ пристроями контролю витрати палива	5.1. Здійснення контролю витрати палива ТЗ за допомогою бортових систем контролю через CAN-шину		5.2. Здійснення контролю витрати палива ТЗ за допомогою датчика рівня палива	5.3. Здійснення контролю витрати палива ТЗ за допомогою лічильника-витратоміра		5.4. Здійснення контролю витрати палива ТЗ за допомогою пристроїв вимірювання маси палива		
Оснащення інфраструктури засобами для виконання контролю паливної економічності транспортного засобу	6. Умови експлуатації транспортного засобу в ITS	6.1. Відслідковування дорожніх умов експлуатації	6.2. Відслідковування транспортних умов експлуатації	6.3. Відслідковування атмосферно-кліматичних умов експлуатації	6.4. Відслідковування культури експлуатації	6.5. Відслідковування всіх перерахованих в п.п. 6.1 – 6.4 умов експлуатації транспортного засобу		6.6. Не відслідковуються умови експлуатації транспортного засобу	
	7. Використання інформації з / від оснащення інфраструктури і додаткового програмного забезпечення	7.1. Використання інформації від засобів транспортної інфраструктури		7.2. Використання інформації від засобів інфраструктури автомобільних доріг		7.3. Спільне використання інформації від засобів транспортної інфраструктури і інфраструктури автомобільних доріг		7.4. Не використання інформації від засобів транспортної інфраструктури і інфраструктури автомобільних доріг	
	8. Наявність інформаційно-комунікаційних технологій для забезпечення функціонування учасників руху (ТЗ)	8.1. Інформаційно-комунікаційні технології для забезпечення функціонування учасників руху (ТЗ) відсутні		8.2. Технологія I2V		8.3. Технологія I2P	8.4. Технологія I2X	8.5. Комбінований варіант	
	9. Умови експлуатації транспортного засобу в ITS	9.1. Моніторинг дорожніх умов	9.2. Моніторинг транспортних умов	9.3. Моніторинг атмосферно-кліматичних умов	9.4. Моніторинг культури експлуатації	9.5. Моніторинг всіх перерахованих в п.п. 9.1 – 9.4 умов експлуатації транспортного засобу		9.6. Не виконання моніторингу умов експлуатації транспортного засобу	
	10. Стан операторів системи	10.1. Щозмінний одноразовий медичний контроль		10.2. Система контролю пульсу операторів		10.3. Система контролю тиску операторів		10.4. Система контролю стресу операторів	10.5. Система контролю втоменості операторів
	11. Режим роботи / взаємодії операторів системи	11.1. Робота на основі кімцевих звітів операторів (Off-line)			11.2. Взаємодія операторів за допомогою засобів мобільного/радіо зв'язку	11.3. Взаємодія операторів в умовах інформаційної системи диспетчерського управління (on-line)		11.4. Взаємодія операторів в умовах інформаційної аналітичної керуючої системи в ITS	

Продовження таблиці 1

Відповідні заходи в частині матеріально-технічного забезпечення процесів відновлення працездатності ТЗ (В частині приймання в ТО / ремонт. Виконання ТО / ремонту)	12. Вибір варіанта проведення робіт	12.1. Повна відповідність ТО (виробити відповідне ТО-1, ТО-2 тощо),			12.2. Повна відповідність ремонту (плановий, аварійний тощо);			12.3. Вибірковий режим	
	13. Параметри обстеження перед прийомкою	13.1. Всі за списком відповідно запиту;	13.2. Допускається до роботи;	13.3. Ремонт (власними силами, на підприємстві, на основній базі тощо);	13.4. Виклик сервісного інженера;	13.5. Фото	Окремі складові: 13.6. Зовнішній вигляд; 13.7. Двигун; 13.8. Кузов, рама, кабіна; 13.9. Трансмсія; 13.10. Електрообладнання; 13.11. Додаткове обладнання; 13.12 Шини та диски;		
	14. Обстеження перед проведенням ТО і/або ремонту:	14.1. Роботи проводяться на основній базі підприємства;			14.2. Виклик сервісу для проведення обстеження;			14.3. Роботи проводяться власними силами в режимі «Аварійний ремонт»	
	15. Фіксація наряду:	15.1. Перелік усіх ТЗ зі статусом Ремонт;	15.2. Перелік усіх ТЗ зі статусом ТО;	15.3. Постановка ТЗ в ТО/ремонт за планом;	15.4. Постановка ТЗ в ремонт позапланово;	15.5. Повний доступ до всіх відкритих нарядів;	15.6. Повний доступ до всіх створених і відправлених нарядів/ документів (Архів)		
	16. Оформлення наряду на постановку ТЗ в ремонт /ТО:	16.1. Фіксація дати постановки ТЗ в ремонт (ТО);	16.2. Фіксація посадовця при постановці ТЗ в ремонт (ТО);	16.3. Наявність наряду;	16.4. Відсутність наряду;	16.5. Постановка ТЗ в ремонт (ТО) за планом	16.6. Всі перераховані операції		
	17. Постановка ТЗ на ТО / на ремонт:	17.1. Постановка ТЗ на плановий ремонт,			17.2. Постановка ТЗ на аварійний ремонт,			17.3. Постановка ТЗ на технічне обслуговування	
	18. ТО і ремонт:	18.1. Планове,			18.2. Аварійне (позапланове),			18.3. Зміна вибору	
	19. Фіксація (вибір варіантів для вузла)	19.1. Фото загальне,	19.2. Фото вузла,		19.3. Фото приладової панелі (спідометр, мотогодини),		19.4. Завантаження інформації з архіву	19.5. Всі опції	
	20. Фіксація (вибір варіантів для ТЗ)	20.1. Фото загальне,	20.2. Фото вузла,		20.4. Фото приладової панелі (спідометр, мотогодини),		20.4. Завантаження інформації з архіву	20.5. Всі опції	
	21. Постановка ТЗ в ремонт:	21.1. З нарядом – Аварійний + ТО;				21.2. Без наряду – Плановий + ТО			
	22. Аварійний ремонт / Плановий (види звітності):	22.1. Тип ТЗ / вузла;	22.2. Фото загальне;	22.3. Фото приладової панелі (спідометр, мотогодини);		22.4. Фото вузла до ремонту;	22.5. Фото вузла після ремонту;	22.6. Всі опції	
	23. ТО (види звітності):	23.1. Тип ТЗ / вузла;	23.2. Фото загальне;	23.3. Фото приладової панелі (спідометр, мотогодини);		23.4. Фото масляного фільтру;	23.5. Фото фільтруючого елементу;	23.6. Всі опції	
	24. Роботи з нарядом (інформація):	24.1. Послідовно всі за переліком;	За варіантами окремі: 24.2. Відкриття, 24.3. Закриття, 24.3. Кількість робітників, задіяних у наряді;				24.4. Додавання запчастин в новий наряд		
	25. Нормативи часу в наряді:	25.1. Всі за переліком;	За варіантами окремо: 25.2. Кількість (об'єм) виконаних операцій; 25.3. Редагування відпрацьованого часу; 25.4. Норма часу на 1 операцію; 25.5. Редагування технологічних операцій та робітників; 25.6. Закриття наряду						

Продовження таблиці 1

Відповідні заходи в частині матеріально-технічного забезпечення процесів відновлення працездатності ТЗ (В частині роботи складу / замовлення запчастин)	26. ТЗ в ремонті. Робота з нарядом в частині запчастин:	26.1. Оновлення залишків запчастин на складі.	26.2. Створити склад.	26.3. Переміщення запчастин з головного складу.	26.4. Створення заявки на поставку запчастин.	26.5. Пошук номенклатури запчастин.	26.6. Ідентифікація номенклатури шляхом сканування.		
	27. ТЗ в ремонті. Робота з нарядом в частині запчастин (в частині складу):	27.1. Визначення кількості запчастин, необхідних для ремонту;	27.2. Кількість ЗЧ по ремонту = Необхідна кількість – Кількість в документах складу;	27.3. Наявність запчастин на інших складах;	27.4. Кількість запчастин на складі підприємства;	27.5. Кількість ЗЧ в створених документах на переміщення з головного складу;	27.6. Кількість ЗЧ в створених заявках на поставку		
	28. ТЗ в ремонті. Робота з нарядом в частині запчастин (реакція в частині складу):	28.1. Обрати ЗЧ під ремонт;		28.2. Додати ЗЧ вручну/Сканувати QR,	28.3. Вручну за артикулом або назвою;		28.4. Додавання ЗЧ скануванням QR коду		
	29. ТЗ в ремонті. Робота з нарядом в частині запчастин (Обираємо необхідну ЗЧ, вказуємо необхідну кількість. Редагування кількості, та отримання інформації по залишках.):	29.1. Інформація складу, коли оновлені залишки.		29.2. Інформація за всіма підприємствами.	29.3. Оновлення залишків після всіх операцій.	29.4. Ручне редагування кількості в 2-х варіантах (резервування запису)			
	30. ТЗ в ремонті. Робота з нарядом в частині запчастин (Запроси на ЗЧ зі свого складу, після відправки на загальний сервер):	30.1. Робота при відсутності ЗЧ;	30.2. Повторне створення наявності ЗЧ на складі.	30.3. Фіксація відправлення ЗЧ.	30.4. Реакція програми про отримання ЗЧ на склад (Запросити ЗЧ зі свого складу, можливо лише якщо заведено однойменний Склад=МВО, у батьківській теці довідника Склади NNN000002 (МВО) матеріально-відповідальні особи).				
	31. ТЗ в ремонті. Робота з нарядом в частині запчастин (Склад). Смартфон Комірного МОЛ за яким закріплено Склад на якому існують залишки ЗЧ. Створено документ переміщення ЗЧ, в подальшому видача по групі номенклатур «Запасні частини», буде заблокована в Меню склад і доступне лише за попереднім запитом під ремонт:					31.1. Доступно	31.2. Не доступно		
	32. ТЗ в ремонті. Робота з нарядом в частині запчастин (Заявка на закупівлю). Створення Заявки на Закупівлю - при відсутності будь-якої з / ч в необхідній кількості, в наявності, на складі, видається оповіщення користувачеві у вигляді запиту про продовження формування обраного виду документа, а також інформація при наявності в Холдингу:					32.1. Створення заявки на закупівлю;	32.2. Залишків достатньо на складі або потреба в ремонті вичерпана.		
	33. ТЗ в ремонті. Робота з нарядом в частині запчастин (Закриття ремонту). Закрити ремонт - відкриває чек-лист закриття ремонту, в залежності від видів ремонту. Після відправки документа на Портал - статус техніки змінюється на робочий і її можна ставити в наряд на роботу техніки:			33.1. Розміщення фото / вибір фото з Галереї або додатка.	Ремонт: Фото вузла після ремонту / ТО; 33.2. Фото масляного фільтру; 33.3. Фото фільтруючого елементу;		33.4. Встановлення часу завершення ремонту/ТО.	33.5. Всі опції	
	34. ТЗ в ремонті. Робота з нарядом (Оформлення табелю робочого часу). Табель робочого часу. Табелі на Порталі закриваються два рази на місяць відповідним співробітником, після закриття автоматично генеруються Відрядні наряди в 1С. Варіанти групування звіту:					34.1. За ТЗ;	34.2. За робітником;	34.3. За операцією.	34.5. Всі опції
	35. Загальна інформація щодо завершення робіт:	Завершені роботи: 35.1 Перенести на Сервер; 35.2. Доповнити і перенести на сервер; 35.3. Доповнити і залишити до завершення.				Не завершені роботи: 35.4. Перенести на Сервер; 35.5. Доповнити і перенести на сервер; 35.6. Доповнити і залишити до завершення.			

Було сформовано список можливих варіантів (від 2 до 7) технічної реалізації для 35 ключових морфологічних характеристик функціональних елементів системи, що впливають на досягнення загальних цілей її функціонування. Кожна з цих морфологічних характеристик визначається відповідною функцією, конструктивним, організаційним чи технологічним рішенням або системою, режимом роботи та станом, а також формою взаємодії складових частин. Від цього залежить вибір найоптимальнішого способу вирішення завдань оперативного контролю, управління технічним станом через витрати палива транспортного засобу, а також забезпечення процесів відновлення працездатності шляхом матеріально-технічного обслуговування – від прийому в ТО чи ремонт до виконання відповідних робіт, функціонування складу та замовлення запчастин.

Для розробки базової морфологічної формули інформаційної системи оперативного моніторингу технічного стану та економії пального транспортних засобів у взаємодії з інфраструктурою було визначено основні характеристики функціональних елементів, які називають морфологічними ознаками. Для кожної з цих ознак створено максимально повний, на думку автора, перелік відповідних технічних варіантів (альтернатив). Кожна з 35 морфологічних ознак отримала опис ключових властивостей: класифікації, інфраструктурного оснащення, комплектування транспортних засобів, специфіки технології прийому на обслуговування і ремонт, а також роботи складу та процесу замовлення запчастин. Усе це спрямовано на досягнення основної мети функціонування в умовах експлуатації досліджуваної системи.

Морфологічна формула системної взаємодії транспортного засобу (на прикладі вантажного автомобіля DAF XF 105.460) із інфраструктурою, ремонтними підприємствами, складом та технологіями виконання показана в (2), з урахуванням основних параметрів впливу ключових факторів:

$$\begin{aligned}
 & \{(X1.6; X2.1; X3.4; X4.1; X5.2) + (X6.5; X7.3; X8.2; X9.5; X10.1; X11.4) \\
 & + (X12.2; X13.1; X14.1; X15.1; X16.6; X17.1; X18.1; X19.5; X20.5; \\
 & X21.2; X22.6; X23.6; X24.1; X25.1) + (X26.1; X27.1; X28.1; X29.1; \\
 & X30.2; X31.1; X32.1; X33.5; X34.5; X35.2)\}
 \end{aligned} \tag{2}$$

Таким чином, у формулі показано, що це транспортний засіб, чия повна маса в базовій версії (X1.6) становить від 20,0 до 40,0 т, а у варіативній (X1.7) – понад 40,0 т. Він оснащений OBD-роз'ємом (X2.1), трекером-комунікатором і OBD-сканером для моніторингу стану (X3.4). За необхідності можуть бути встановлені окремо трекер-комунікатор (X3.2) або OBD-сканер (X3.3). Двигун обладнаний штатними датчиками й електронним блоком управління (ЕБУ) (X4.1),

а також датчиком рівня палива (X5.2). Є можливість встановлення систем контролю витрати палива через CAN-шину (X5.1). Транспортний засіб інтегрується з інфраструктурними засобами для моніторингу дорожніх (X6.1), транспортних (X6.2), атмосферно-кліматичних (X6.3) умов і культури експлуатації (X6.4). Інформація може надходити як із транспортної й дорожньої інфраструктури одночасно (X7.3), так і окремо: лише з транспортної (X7.1), лише з дорожньої (X7.2) або без залучення будь-якої інфраструктури (X7.4). Для забезпечення функціонування систем використовуються інформаційно-комунікаційні технології на базі I2V (X8.2) чи комбінований варіант (X8.5).

Моніторинг може охоплювати всі умови комплексно (X9.5) або окремо: дорожні (X9.1), транспортні (X9.2), атмосферно-кліматичні (X9.3). Додатково передбачений медичний контроль операторів: щозмінний одноразовий огляд (X10.1), системи контролю пульсу (X10.2), тиску (X10.3), рівня стресу (X10.4) і втомленості (X10.5). Взаємодія операторів реалізується через інформаційно-аналітичну керуючу систему (ITS) (X11.4), кінцеві звіти (off-line) (X11.1), мобільний чи радіозв'язок (X11.2) або в режимі онлайн-диспетчеризації (X11.3).

Для забезпечення матеріально-технічного супроводу процесів відновлення функціональності транспортних засобів, включаючи приймання на технічне обслуговування чи ремонт, виконання самого ТО/ремонту, роботу складу та замовлення запчастин, передбачені наступні заходи. Вибір варіанта проведення робіт здійснюється з урахуванням повної відповідності типу ремонту (плановий, аварійний тощо) (X12.2). Перелік робіт для попереднього огляду визначається відповідно до запиту (X13.1), а огляд перед ТО чи ремонтом проводиться на основній базі підприємства (X14.1). Наряд на ремонт фіксується із зазначенням усіх транспортних засобів у статусі «Ремонт» (X15.1). Процедура оформлення наряду на постановку в ремонт/ТО передбачає виконання всіх операцій, визначених регламентом (X16.6). Постановка транспортних засобів на плановий ремонт здійснюється за графіком (X17.1), а виконання ТО та ремонту проводиться в рамках запланованих заходів (X18.1). Для фіксації вибору варіантів ТО/ремонту вузлів і ТЗ у цілому передбачено реалізацію всіх технологічних опцій (X19.5, X20.5).

Постановка транспортного засобу в ремонт може здійснюватися без наряду, у плановому режимі з технічним обслуговуванням (X21.2). Фіксація аварійного чи планового ремонту в частині звітності також охоплює всі технологічні опції (X22.6, X23.6). Робота з нарядом у частині запланованих операцій здійснюється відповідно до технологічного переліку, а нормування часу проводиться послідовно за цим переліком (X24.1, X25.1). Для нарядів, пов'язаних із запчастинами, передбачено оновлення залишків на складі (X26.1), визначення необхідної кількості запчастин (X27.1), вибір ЗЧ під ремонт (X28.1) і використання актуальної інформації про залишки (X29.1). Запити на ЗЧ обробляються через загальний сервер, із повторним формуванням залишків на складі (X30.2). Доступ до складу здійснюється через відповідний режим (X31.1), а заявки на закупівлю формуються автоматизовано (X32.1). Закриття ремонту включає всі регламентовані дії (X33.1), а табель робочого часу оформлюється за завершення робіт (X34.1). Загальна інформація про завершення робіт переноситься на сервер у режимі доповнення (X35.2).

Морфологічний метод дозволяє структурувати всі варіанти робіт, формуючи схеми ознак із властивими їм показниками. Аналізуючи структуру за допомогою морфологічної матриці, можна визначити всі можливі схеми взаємодії транспортних засобів з інфраструктурою транспорту і інфраструктурою сервісного і ремонтного виробництва та складу. Кількість таких схем у заданих умовах складає:

$$N = 7 \cdot 2 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 4 \cdot 6 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 6 \cdot 5 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 6 \cdot 3 \cdot 6 \cdot 6 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 5 \cdot 2 \cdot 6 \cdot 6 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 6 \cdot 6 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 5 \cdot 5 \cdot 2 = 5,617 \cdot 10^{20} \text{ варіантів} \quad (3)$$

Отриману схему структури забезпечення технічної готовності транспортних засобів шляхом удосконалення матеріально-технічного забезпечення процесів відновлення їх працездатності з варіантами її реалізації можливо розглядати як дієвий спосіб забезпечення підвищення технічної готовності транспортних засобів в умовах експлуатації, які на сьогодні складають основу парку вантажних і легкових транспортних засобів.

Висновки

Забезпечення технічної готовності транспортних засобів шляхом оптимізації матеріально-технічного забезпечення процесів їх відновлення може бути ефективно організоване на основі впорядкування структурних схем цього процесу. Проведено аналіз і розроблено варіанти структурних схем забезпечення технічної готовності транспортних засобів у взаємодії з інфраструктурою, удосконаливши матеріально-технічну базу для відновлення їх працездатності. Для впорядкування таких схем було виділено 4 функціональні елементи, які представляють собою сукупність спеціалізованого обладнання та заходів. Для кожного елемента розроблено від 2 до 7 можливих технічних рішень, що враховують 35 ключових морфологічних характеристик, які впливають на ефективність функціонування системи. Виділені морфологічні характеристики залежать від функцій, конструктивних особливостей, організаційних чи технологічних рішень, режимів роботи, стану, а також способів взаємодії компонентів системи. Сформовано перелік рішень для завдань оперативного контролю, управління технічним станом через витрати палива, а також для організації процесів відновлення працездатності – від приймання транспортного засобу на обслуговування або ремонт до виконання відповідних робіт, функціонування складів і замовлення запасних частин в умовах експлуатації. Процес формування структурних схем забезпечення технічної готовності транспортних засобів представлено у вигляді морфологічної формули. Розроблену схему з варіантами реалізації можна вважати ефективним способом підвищення технічної готовності транспортних засобів у реальних умовах експлуатації.

Перелік використаних джерел:

1. Інтелектуальні системи моніторингу транспорту: монографія / В.П. Волков и др. 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. 2018-01-1773. DOI: <https://doi.org/10.4271/2018-01-1773>.
3. Information Security Risk Management of Vehicles / D. Klets et al. *SAE Technical Paper*. 2018. 2018-01-0015. DOI: <https://doi.org/10.4271/2018-01-0015>.
4. Матейчик В. П. Системний підхід до аналізу структурних схем енергоустановок транспортних засобів. *Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»*. 2002. № 7. Т. 2. С. 162-167.
5. Методи системного аналізу властивостей автомобільної техніки: навч. посіб. / Дмитриченко М. Ф., Матейчик В. П., Гришук 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. 420 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 Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»*. 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 (AHP). URL: http://www.ivm.vu.nl/en/Images/MCA3_tcm234-161529.pdf (дата звернення: 08.05.2024).
11. Liu Y., Eckert C.M., Earl C. A review of fuzzy AHP methods for decision-making with subjective judgements. *Expert Systems with Applications*. 2020. Vol. 161. Article 113738. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.113738>.
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. Heller J.E., Loewer M., Feldhusen J. Rethinking morphological analysis application for concept

- synthesis in engineering design. *Athens Journal of Technology & Engineering*. 2016. Vol. 3. No. 2. Pp. 163-176. DOI: <https://doi.org/10.30958/ajte.3-2-4>.
15. Arciszewski T. Morphological Analysis in Inventive Engineering. *Technological Forecasting and Social Change*. 2018. Vol. 126. Pp. 92-101. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.10.013>.
16. Ritchey T. Morphological Analysis – A general method for non-quantified modeling. URL: www.swemorph.com/pdf/gma.pdf (дата звернення: 13.06.2024).
17. Ritchey T. Modeling Complex Socio-Technical Systems using Morphological Analysis. URL: www.swemorph.com/pdf/it-webart.pdf (дата звернення: 20.06.2024).
18. Ritchey T. Futures Studies using Morphological Analysis. URL: www.swemorph.com/pdf/futures.pdf (дата звернення: 20.06.2024).
19. Особливості алгоритмів моніторингу показників експлуатації засобів транспорту / І.В. Грицук та ін. *Вісник Приазовського державного технічного університету: зб. наук. праць. Серія: Технічні науки*. 2023. Вип. 47. С. 312-324. DOI: <https://doi.org/10.31498/2225-6733.47.2023.300118>.
20. Головащенко О. До питання про підвищення технічної готовності автотранспортних засобів удосконаленням матеріально-технічного забезпечення процесів відновлення їх працездатності. *Покращення конструктивних та експлуатаційних показників автомобілів і машин* : зб. тез доп. Міжн. конф., м. Київ, 16-17 листопада 2022 р. Київ : НТУ, 2022. С. 170-172.
21. Головащенко О. В. Особливості застосування тайм-трекерів для оцінювання технічної готовності автотранспортних засобів в життєвому циклі. *Наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету* : зб. тез доп. Київ : НТУ, 2023, Вип. 79. С. 145-146.
22. Матейчик В. П., Головащенко О. В., Грицук А. І. Особливості ймовірного моделювання управління запасами запасних частин автотранспортного підприємства. *Відбудова транспортної інфраструктури України* : зб. тез доп. Всеукр. наук. конф. здобувачів освіти і молодих учених, м. Київ, 21 червня 2023 р. Київ : НТУ, 2023. С. 54-55.
23. Матейчик В. П., Головащенко О. В., Грицук А. І. Особливості загальної методики моделювання матеріально-технічного забезпечення процесів відновлення працездатності транспортних засобів. *Ювілейна наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету* : зб. тез доп., 15-17 травня 2024 р. Київ : НТУ, 2024. Вип. 80. С. 182.
24. Рижиков Ю. І. Управління запасами. Київ : Наука, 1969. 344 с.
25. Білий Б. М., Дербенцев Д. А., Юхименко О. І. Моделі керування товарними запасами. Київ : КТЕІ, 1978. 50 с.
26. Рубальський Г. Б. Управління запасами за випадкового попиту. Київ : Наука, 1977. 306 с.
27. Хаврук В. А. Аналіз систем управління запасами. *Вісник Національного транспортного університету*. 2012. Вип. 26. С. 313-324.
28. Матейчик В. П., Цюман М. П. Дослідження впливу регулювальних параметрів на паливну економічність і екологічні показники бензинового двигуна з системою нейтралізації відпрацьованих газів. *Наукові нотатки*. 2010. № 28. С. 331-335.
29. Особливості алгоритму дослідження паливної економічності та екологічних показників транспортного засобу з урахуванням прогріву в процесі руху / Матейчик В. П., Цюман М. П., Волков В. П., Грицук І. В. *Автомобіль і електроніка. Сучасні технології*. 2015. Вип. № 8. С. 31-38.
30. Особливості моделі для дослідження паливної економічності та екологічних показників транспортного засобу з урахуванням прогріву в процесі руху / Матейчик В. П., Цюман М. П., Волков В. П., Грицук І. В. *Вісник Донецької академії автомобільного транспорту*. 2014. № 4(2). С. 14-20.
31. Грицук І. В., Кривопусков А. В., Гриценко Д. О. До питання вибору і обґрунтування типу випробувального їздового циклу для дослідження показників токсичності відпрацьованих газів двигунів. *Збірник наукових праць ДонІЗТ*. 2009. № 17. С. 106-119.
32. Інформаційні системи моніторингу технічного стану автомобілів: монографія / В. П. Волков та ін.; за ред. В. П. Волкова. Харків : Вид-во Панов А.М., 2018. 298 с.
33. Cognitive Model of the Internal Combustion Engine / V. Vychuzhanin et al. *SAE Technical Paper*.

2018. 2018-01-1738. DOI: <https://doi.org/10.4271/2018-01-1738>.
34. Особливості моніторингу стану транспортних засобів з використанням бортових діагностичних комплексів / В. П. Матейчик та ін. *Управління проектами, системний аналіз і логістика*. 2014. Вип. 13. С. 126-138.
 35. The peculiarities of monitoring road vehicle performance and environmental impact / I. Kuric et al. *MATEC Web Conf.* 2018. Vol. 244. Pp. 1-7. DOI: <https://doi.org/10.1051/matec-conf/201824403003>.
 36. Features of Modeling Thermal Development Processes of the Vehicle Engine Based on Phase-Transitional Thermal Accumulators / I. Gritsuk et al. *SAE Technical Paper*. 2019. 2019-01-0906. DOI: <https://doi.org/10.4271/2019-01-0906>.
 37. Improving the Processes of Thermal Preparation of an Automobile Engine with Petrol and Gas Supply Systems (Vehicle Engine with Petrol and LPG Supplying Systems) / I. Gritsuk et al. *SAE Technical Paper*. 2020. 2020-01-2031. DOI: <https://doi.org/10.4271/2020-01-2031>.
 38. Improving the Processes of Preheating and Heating after the Vehicular Engine Start by Using Heating System with Phase-Transitional Thermal Accumulator / I. Gritsuk, Y. Gutarevych, V. Mateichyk, V. Volkov. *SAE Technical Paper*. 2016. 2016-01-0204. DOI: <https://doi.org/10.4271/2016-01-0204>.
 39. Information Model of V2I System of the Vehicle Technical Condition Remote Monitoring and Control in Operation Conditions / I. Gritsuk et al. *SAE Technical Paper*. 2018. 2018-01-0024. DOI: <https://doi.org/10.4271/2018-01-0024>.

References:

1. V.P. Volkov et al., *Intelektualni systemy monitorynhu transportu: monohrafiia* [Intelligent transport monitoring systems: a monograph]. Kharkiv, Ukraine: NTMT Publishing House, 2015. (Ukr.)
2. I. Gritsuk et al., «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 et al., «Information Security Risk Management of Vehicles», *SAE Technical Paper*, 2018-01-0015, 2018. **doi: 10.4271/2018-01-0015**.
4. V.P. Mateichyk, «Systemnyi pidkhid do analizu strukturnykh skhem enerhoustanovok transportnykh zasobiv» [«A systematic approach to the analysis of structural diagrams of vehicle power plants»], *Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu «Kharkivskiy politekhnichnyi instytut» – 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 automotive equipment properties: training manual]. Kyiv, Ukraine : NTU Publ., 2014. (Ukr.)
6. A.V. Katrenko, *Systemnyi analiz obektiv ta protsesiv kompiuteryzatsii: Navchalnyi posibnyk* [Systems analysis of computerization objects and processes: Tutorial]. Lviv, Ukraine: «Novyi svit – 2000» Publ., 2003. (Ukr.)
7. D.Ye. Pylypenko, «Otsinka dostovirnosti rezultativ analizu perekhresnoho vplyvu pry rozv'iazanni zadach tekhnolo-hichnoho peredbachennia» [«Assessment of the reliability of the results of cross-influence analysis when solving technological foresight problems»], *Systemni doslidzhennia ta informatsiini tekhnolohii – System Research & Information Technologies*, № 3, pp. 129-140, 2008. (Ukr.)
8. N.D. Pankratova, and I.O. Savchenko, «Stratehiia zastosuvannia metodu morfolohichnoho analizu v protsesi tekhnolo-hichnoho peredbachennia» [«Applying the method of morphological analysis in technological forecasting process»], *Naukovi visti Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu Ukrainy «Kyivskiy politekhnichnyi instytut» – Scientific News of the National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»*, № 2, pp. 35-44, 2009. (Ukr.)
9. N.D. Pankratova, and I.O. Savchenko, «Zastosuvannia metodu morfolohichnoho analizu do zadach tekhnolo-hichnoho peredbachennia» [«Application of the morphological analysis method to technological prediction problems»], *Naukovi pratsi Chornomorskoho derzhavnoho universytetu imeni Petra Mohyly. Seriya «Kompiuterni tekhnolohii» – Scientific papers of Petro Mohyla Black*

- Sea State University. 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. Accessed on: May 08, 2024.
11. Y. Liu, C.M. Eckert, and C. Earl, «A review of fuzzy AHP methods for decision-making with subjective judgements», *Expert Systems with Applications*, vol. 161, article 113738, 2020. **doi: 10.1016/j.eswa.2020.113738**.
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* [Expert assessment methods: theory, methodology, areas of use]. Vinnytsia, Ukraine: VNTU Publ., 2010. (Ukr.)
14. J.E. Heller, M. Loewer, and J. Feldhusen, «Rethinking morphological analysis application for concept synthesis in engineering design», *Athens Journal of Technology & Engineering*, vol. 3, no. 2, pp. 163-176, 2016. **doi: 10.30958/ajte.3-2-4**.
15. T. Arciszewski, «Morphological Analysis in Inventive Engineering», *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 126, pp. 92-101, 2018. **doi: 10.1016/j.techfore.2017.10.013**.
16. Ritchey T. Morphological Analysis – A general method for non-quantified modeling. [Online]. Available: www.swemorph.com/pdf/gma.pdf. Accessed on: June 13, 2024.
17. Ritchey T. Modeling Complex Socio-Technical Systems using Morphological Analysis. [Online]. Available: www.swemorph.com/pdf/it-webart.pdf. Accessed on: June 20, 2024.
18. Ritchey T. Futures Studies using Morphological Analysis. [Online]. Available: www.swemorph.com/pdf/futures.pdf. Accessed on: June 20, 2024.
19. I.V. Gritsuk, A.I. Golovan, O.V. Polishchuk, M.Ye. Litvinov, O.V. Holovashchenko, «Osoblyvosti alhorytmiv monitorynhu pokaznykh ekspluatatsii zasobiv transportu» [«Peculiarities of algorithms for monitoring vehicle performance»], *Visnyk Pryazovskoho derzhavnoho tekhnichnoho universytetu: zb. nauk. prats. Seriia: Tekhnichni nauky – Reporter of the Priazovskyi state technical university. Section: Technical sciences*, vol. 47, pp. 312-324, 2023. **doi: 10.31498/2225-6733.47.2023.300118**. (Ukr.)
20. O.V. Holovashchenko, «Do pytannia pro pidvyshchennia tekhnichnoi hotovnosti avtotransportnykh zasobiv udoskonalenniam materialno-tekhnichnoho zabezpechennia protsesiv vidnovlennia yikh pratsezdatsnosti» [«On the issue of increasing the technical readiness of motor vehicles by improving the logistical support for the processes of restoring their operational capacity»], in Proc. Int. Conf. «Improving the design and performance of cars and machines», Kyiv, 2022, pp. 170-172. (Ukr.)
21. O.V. Holovashchenko, «Osoblyvosti zastosuvannia taim-trekeriv dlia otsiniuvannia tekhnichnoi hotovnosti avtotranspo-rtnykh zasobiv v zhyttievomu tsykli» [«Features of using time trackers to assess the technical readiness of vehicles in the life cycle»], in Proc. Sci. Conf. of faculty, postgraduate students, students and employees of separate structural divisions of the university, Kyiv, 2023, vol. 79, pp. 145-146. (Ukr.)
22. V.P. Mateichyk, O.V. Holovashchenko, A.I. Gritsuk, «Osoblyvosti ymovirnisnoho modeliuvannia upravlinnia zapasamy zapasnykh chastyn avtotransportnoho pidpriemstva» [«Features of probabilistic modeling of spare parts inventory management of a motor transport enterprise»], in Proc. All-Ukrainian Sci. Conf. of students and young scientists «Rebuilding Ukraine's transport infrastructure», Kyiv, 2023, pp. 54-55. (Ukr.)
23. V.P. Mateichyk, O.V. Holovashchenko, A.I. Gritsuk, «Osoblyvosti zahalnoi metodyky modeliuvannia materialno-tekhnichnoho zabezpechennia protsesiv vidnovlennia pratsezdatsnosti transportnykh zasobiv» [«Features of the general methodology for modeling the logistics of vehicle restoration processes»], in Proc. Anniversary Sci. Conf. of the teaching staff, postgraduate students, students and employees of separate structural divisions of the university, Kyiv, 2024, vol. 80, pp. 182. (Ukr.)
24. Yu.I. Ryzhykov, *Upravlinnia zapasamy* [Inventory management]. Kyiv, Ukraine: Nauka Publ., 1969. (Ukr.)
25. B.M. Bilyi, D.A. Derbentsev, and O.I. Yukhymenko, *Modeli keruvannia tovarnymy zapasamy* [Inventory management models]. Kyiv, Ukraine: KTEI Publ., 1978. (Ukr.)
26. H. B. Rubalskyi, *Upravlinnia zapasamy za vypadkovoho popytu* [Inventory management for random

- demand]. Kyiv, Ukraine: Nauka Publ., 1977. (Ukr.)
27. V.A. Khavruk, «Analyz system upravleniya zapasamy» [«Inventory Management Systems Analysis»], *Visnyk Natsionalnoho transportnoho universytetu – The National Transport University Bulletin*, vol. 26, pp. 313-324, 2012. (Rus.)
28. V.P. Mateichyk, and M.P. Tsiuman, «Doslidzhennia vplyvu rehuliuvalnykh parametriv na palyvnu ekonomichnist i ekolohichni pokaznyky benzynovoho dvyhuna z systemoiu neitralizatsii vidpratsovanykh haziv» [«Research into the influence of control parameters on fuel efficiency and environmental performance of a gasoline engine with an exhaust gas aftertreatment system»], *Naukovi notatky*, № 28, pp. 331-335, 2010.
29. V. Mateichyk, M. Tsiuman, V. Volkov, and I. Grytsuk, «Osoblyvosti alhorytmu doslidzhennia palyvnoi ekonomichnosti ta ekolohichnykh pokaznykiv transportnoho zasobu z urakhuvanniam prohrivu v protsesi rukhu» [«Features of algorithm the research of fuel economy and environmental indexes of vehicles taking into account the warming up in the process of movement»], *Avtomobil i elektronika. Suchasni tekhnolohii – Vehicle and electronics. Innovative technologies*, vol. № 8, pp. 31-38, 2015. (Ukr.)
30. V. Mateichyk, M. Tsiuman, V. Volkov, and I. Grytsuk, «Osoblyvosti modeli dlia doslidzhennia palyvnoi ekonomichnosti ta ekolohichnykh pokaznykiv transportnoho zasobu z urakhuvanniam prohrivu v protsesi rukhu» [«Features of the model for the study of fuel efficiency and environmental performance of vehicles, taking into account warm-up in motion»], *Visnyk Donetskoi akademii avtomobilnoho transportu – Bulletin of the Donetsk Academy of Road Transport*, № 4(2), pp. 14-20, 2014. (Ukr.)
31. I.V. Grytsuk, A.V. Kryvopuskov, and D.O. Hrytsenko, «Do pytannia vyboru i obgruntuvannia typu vyprobuvalnoho yizdovoho tsykladu dlia doslidzhennia pokaznykiv toksychnosti vidpratsovanykh haziv dvyhuniv» [«On the issue of choosing and justifying the type of test driving cycle for studying engine exhaust gas toxicity indicators»], *Zbirnyk naukovykh prats DonIZT – Collection of scientific works of DonIZT*, № 17, pp. 106-119, 2009. (Ukr.)
32. V.P. Volkov, I.V. Grytsuk, Yu.V. Grytsuk, Yu.V. Volkov, and M.V. Volodarets, *Informatsiini systemy monitorynhu tekhnichnoho stanu avtomobiliv: monohrafiia* [Information systems for monitoring the technical condition of vehicles: monograph], V.P. Volkov, Ed., Kharkiv, Ukraine : Panov A.M. Publ., 2018. (Ukr.)
33. V. Vychuzhanin et al., «Cognitive Model of the Internal Combustion Engine», *SAE Technical Paper*, 2018-01-1738, 2018. doi: 10.4271/2018-01-1738.
34. V. Mateichyk et al., «Osoblyvosti monitorynhu stanu transportnykh zasobiv z vykorystanniam bortovykh diahnostychnykh kompleksiv» [«Features of monitoring of vehicles state with using of board diagnostic complexes»], *Upravlinnia proektamy, systemnyi analiz i lohistyka – Project Management, Systems Analysis and Logistics*, vol. 13, pp. 126-138, 2014. (Ukr.)
35. I. Kuric, V. Mateichyk, M. Smieszek, M. Tsiuman, N. Goridko, and I. Grytsuk, «The peculiarities of monitoring road vehicle performance and environmental impact», *MATEC Web Conf.*, vol. 244, pp. 1-7, 2018. doi: 10.1051/mateconf/201824403003.
36. I. Grytsuk et al., «Features of Modeling Thermal Development Processes of the Vehicle Engine Based on Phase-Transitional Thermal Accumulators», *SAE Technical Paper*, 2019-01-0906, 2019. doi: 10.4271/2019-01-0906.
37. I. Grytsuk et al., «Improving the Processes of Thermal Preparation of an Automobile Engine with Petrol and Gas Supply Systems (Vehicle Engine with Petrol and LPG Supplying Systems)», *SAE Technical Paper*, 2020-01-2031, 2020. doi: 10.4271/2020-01-2031.
38. I. Grytsuk, Y. Gutarevych, V. Mateichyk, and V. Volkov, «Improving the Processes of Preheating and Heating after the Vehicular Engine Start by Using Heating System with Phase-Transitional Thermal Accumulator», *SAE Technical Paper*, 2016-01-0204, 2016. doi: 10.4271/2016-01-0204.
39. I. Grytsuk et al., «Information Model of V2I System of the Vehicle Technical Condition Remote Monitoring and Control in Operation Conditions», *SAE Technical Paper*, 2018-01-0024, 2018. doi: 10.4271/2018-01-0024.

Стаття надійшла 08.11.2024

Стаття прийнята 06.12.2024