

СУЧАСНІ ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВИМОГИ ДО ДОРОЖНІХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

У статті розглянуто сучасні експлуатаційні вимоги до перспективних автомобілів — транспортних засобів, що проєктуються з урахуванням майбутніх технічних, екологічних і соціальних викликів. Аналіз охоплює аспекти безпеки, надійності, паливної й енергетичної ефективності, екологічності, технічного обслуговування, ергономіки, цифровізації та кібербезпеки, а також стандартизації і регуляторні вимоги. Наведено рекомендації щодо експлуатаційної політики та комплексного підходу до оцінки готовності автомобіля до сучасних умов експлуатації.

На основі проведеного аналізу сформульовано практичні рекомендації щодо вдосконалення експлуатаційної політики, впровадження інтелектуальних систем управління технічним станом і забезпечення комплексного підходу до оцінки готовності автомобіля до експлуатації в сучасних умовах. Отримані результати можуть бути використані при розробленні нормативних документів, модернізації технічних систем, а також у наукових дослідженнях, спрямованих на підвищення ефективності та безпеки транспортних засобів майбутнього.

Ключові слова: перспективні автомобілі, експлуатаційні вимоги, надійність, безпека, енергоефективність, екологічність, технічне обслуговування, цифровізація, кібербезпека.

ВСТУП

Сучасний автомобіль перестав бути лише механічним засобом пересування. Він поєднує механіку, електроніку, програмне забезпечення та складні системи управління. Перспективні автомобілі — це транспортні засоби, які проєктуються з урахуванням тривалого життєвого циклу, змін у енергетичній інфраструктурі, суворіших екологічних норм та нових очікувань користувачів щодо комфорту й безпеки. Це ставить нові експлуатаційні вимоги, які повинні бути закладені ще на етапі розробки й підтверджені під час експлуатації.

Сучасний автомобіль перетворився на складну систему, що поєднує механічні, електронні, інформаційні та енергетичні компоненти. Перспективні автомобілі мають забезпечувати високу ефективність експлуатації, надійність, екологічність і цифрову інтеграцію з інфраструктурою. Зростання вимог до транспортних систем зумовлює необхідність формування нових експлуатаційних критеріїв, які враховують життєвий цикл, безпеку, енергоефективність і адаптивність автомобіля.

Мета статті — систематизувати та обґрунтувати сучасні вимоги до експлуатації перспективних автомобілів, виокремити ключові напрями вдосконалення експлуатаційної політики та запропонувати практичні рекомендації для виробників, операторів автопарків і сервісних організацій.

АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДАНИХ ТА ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМ

У сучасних дослідженнях експлуатаційних характеристик автомобілів вітчизняні та зарубіжні автори розглядають широкий спектр проблем, пов'язаних з надійністю, безпекою, енергоефективністю та цифровізацією транспортних засобів. Проблеми підвищення експлуатаційної надійності та безпеки автомобілів активно досліджуються в роботах вітчизняних і зарубіжних учених. Зокрема, Мигаль В.Д. підкреслює важливість адаптації технічного обслуговування до нових технологій. Р.С. Сидоренко, В.А. Ануфрієв, В.О. Колесніков аналізують розвиток електронних систем керування, а Петров А. І. і Гончарук М. С. досліджують енергетичні аспекти електромобілів. Міжнародні стандарти ISO 26262 і SAE визначають принципи функціональної безпеки, а звіти Міжнародного енергетичного агентства (IEA) наголошують на важливості енергоефективності в автомобільному секторі.

Мигаль В.Д. (2022) приділяє особливу увагу організації технічного обслуговування автомобілів з урахуванням новітніх технологій, підкреслюючи необхідність впровадження систем телеметричного моніторингу та предикативного обслуговування для зниження простоїв і підвищення надійності експлуатації [1]. Р.С. Сидоренко, В.А. Ануфрієв, В.О. Колесніков (2023) аналізують сучасні системи керування автомобілем, зокрема впровадження ADAS та електронних систем безпеки. Вони підкреслюють, що активна безпека стає ключовим елементом експлуатаційної політики, і від правильності її налаштувань залежить не лише безпека пасажирів, а й ефективність роботи автомобіля в складних умовах [2]. Гандзюк М.О., Дубицький О.С., Мазилук П.В. (2024) Розглядають принципи формування математичної моделі багатокритеріальної структури оцінки якості автомобіля в системі управління терміном експлуатації автомобіля, що повинні відображати

основну сукупність сучасних вимог середовища його експлуатації та нівелювати недоліки моделей, які раніше застосовувалися. [3]. Л. І. Гречихін, Н. Г. Куць (2016) Досліджують переваги радіотехнічної діагностики автомобіля, які полягають в безконтактності, високій точності, швидкості обстеження, безпечності, універсальності, доступу до важкодоступних зон. При радіотехнічній діагностиці транспортного засобу немає потреби розбирати або дефектувати деталі автомобіля, а дозволяє виявляти дрібні дефекти або зміни на ранніх стадіях затрачаючи значно менше часу, ніж традиційна діагностика [4]. Novak J., Smith A. (2017) у своїй роботі «Vehicle Reliability and Maintenance Strategies» проводять порівняльний аналіз традиційних та предиктивних стратегій обслуговування автомобілів у різних країнах. Вони показують, що використання станоорієнтованого обслуговування дозволяє скоротити витрати на технічне обслуговування до 20–25% і підвищити безвідмовність систем. Haeusler A. (2021) у журналі Automotive Security Journal розглядає питання кібербезпеки автомобільних систем. Він вказує на необхідність багаторівневої автентифікації, шифрування даних, подій та регулярного аудиту безпеки для запобігання кібератакам. Система управління кібербезпекою (CSMS) відноситься до систематичного, заснованого на оцінці ризиків підходу до встановлення організаційних процесів, обов'язків і керівництва в управлінні ризиками, пов'язаними з кіберзагрозами для транспортних засобів, і захистом транспортних засобів від кібератак [5].

Регламент ООН № 155 - Єдині положення щодо офіційного затвердження транспортних засобів стосовно кібербезпеки та системи управління кібербезпекою [2021/387] [6]. Міжнародні стандарти ISO 26262 та документи SAE визначають принципи функціональної безпеки автомобілів, що стають обов'язковими для всіх виробників сучасних автомобілів і закладають основу для експлуатаційних процедур. Звіт Міжнародного енергетичного агентства (IEA) «Global EV Outlook» підкреслює глобальні тенденції розвитку електромобільного транспорту, зростання частки електромобілів у світовому автопарку та важливість розвитку зарядної інфраструктури. Це стимулює зміни в експлуатаційній політиці та вимогах до енергоефективності. Європейська комісія (Clean Vehicles Directive) визначає нормативні вимоги щодо екологічності автомобілів, обмеження викидів та процедури утилізації батарей і інших компонентів, що впливають на стандарти експлуатації перспективних автомобілів. Крихтіна Ю. О. аналізує державну політику розвитку транспортної галузі України: теорія, методологія, практика [7].

Отже, аналіз останніх досліджень показує, що ключові напрями розвитку експлуатаційних вимог до транспортних засобів включають:

- підвищення надійності через модульність і стандартизацію компонентів;
- впровадження цифрових технологій для предиктивного обслуговування;
- інтеграцію систем активної безпеки;
- оптимізацію енергоефективності та керування батареями;
- забезпечення кібербезпеки та захисту даних;
- дотримання міжнародних стандартів та екологічних норм.

Ці напрями визначають сучасну концепцію експлуатаційної політики перспективних автомобілів, формують вимоги до виробників, операторів автопарків та сервісних організацій та можуть служити науковою основою для подальших досліджень та розробок.

ЦІЛЬ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою статті є систематизація сучасних експлуатаційних вимог до перспективних автомобілів і формування рекомендацій щодо вдосконалення експлуатаційної політики. Для забезпечення стійкої та ефективної експлуатації необхідні координація між виробником, оператором та сервісною мережею, а також постійне оновлення стандартів і навчання персоналу. Перспективні автомобілі мають бути спроектовані з метою спрощення технічного обслуговування: уніфіковані модулі, доступ до часто обслуговуваних деталей, застосування діагностичних інтерфейсів і це знижує час простою та вартість експлуатації.

Для досягнення мети вирішено такі завдання:

- визначити ключові напрями розвитку експлуатаційних характеристик;
- узагальнити тенденції цифровізації;
- оцінити вплив екологічних і кібербезпекових факторів на експлуатацію.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Узагальнення показало, що формування експлуатаційних вимог має базуватись на системному підході. Ключовими напрямками є інтеграція цифрових технологій у технічне обслуговування, підвищення надійності через модульність і діагностику, зниження впливу на довкілля, а також

забезпечення кіберзахисту. Розроблення стандартів експлуатації сприятиме ефективнішій адаптації автомобілів до умов майбутнього транспорту. Проведений аналіз сучасних експлуатаційних вимог до перспективних автомобілів дозволяє сформулювати наступні ключові результати:

1. Комплексність експлуатаційних вимог: сучасні транспортні засоби інтегрують механічні, електронні та програмні системи, що вимагає комплексного підходу до їхнього обслуговування. Виявлено, що ефективна експлуатація можлива лише за умови узгодження технічних, організаційних і екологічних аспектів.

2. Безпека та надійність: інтеграція пасивних та активних систем безпеки знижує ризики аварій та підвищує надійність автомобіля. Дослідження показують, що регулярне калібрування сенсорів та оновлення програмного забезпечення є критично важливими для підтримки працездатності.

Пасивна безпека передбачає комплекс конструктивних рішень, спрямованих на мінімізацію наслідків ДТП. До них належать енергопоглинальні зони деформації, каркас безпеки, системи подушок безпеки, ремені з переднатягувачами. Перспективні автомобілі проєктуються з використанням нових високоміцних легких матеріалів — алюмінієвих сплавів, композитів, термопластів. Це дає змогу знизити масу транспортного засобу без втрати жорсткості кузова. В експлуатації необхідно проводити регулярний огляд несучих елементів кузова, перевірку стану кріплень, шарнірів, швів і антикорозійного покриття. Такі процедури особливо актуальні для електромобілів, у яких батарейні блоки часто інтегровані у силову структуру шасі.

Системи активної безпеки (ABS, ESP, TCS, AEB, LKA, ACC тощо) [8] запобігають виникненню аварійних ситуацій. Для перспективних автомобілів обов'язковими стають комплекси ADAS (Advanced Driver Assistance Systems) та системи автономного керування. Основні експлуатаційні вимоги полягають у:

- регулярному калібруванні сенсорів (LiDAR, радар, камери);
- оновленні програмного забезпечення систем розпізнавання та обробки даних;
- перевірці працездатності після кузовного ремонту або зміни геометрії кузова;
- періодичній перевірці точності системи позиціонування в складних умовах (дощ, сніг, пил).

Надійна робота цих систем безпосередньо впливає на експлуатаційну безпеку автомобіля.

3. Енергоефективність і паливно-енергетична політика: сучасні автомобілі використовують різні типи приводів (електричні, гібридні, водневі). Оптимізація роботи батарей, систем рекуперації енергії та управління заряджанням значно підвищує ресурс компонентів та зменшує експлуатаційні витрати. Використання модульної конструкції дозволяє зменшити вплив на навколишнє середовище через повторне використання деталей і переробку батарей.

Перспективні автомобілі використовують різні комбінації приводів: двигуни внутрішнього згоряння з системами рекуперації, паралельні або послідовні гібриди, повністю електричні приводи з літій-іонними або твердотільними батареями, водневі паливні елементи. Для кожного типу встановлюються свої експлуатаційні вимоги: контроль температури, графік заряджання, допустимі цикли глибокого розряду, правила зберігання при низьких температурах.

Система BMS (Battery Management System) відповідає за моніторинг напруги, температури та струму кожної комірки батареї. Вона здійснює балансування елементів, запобігає перегріву, короткому замиканню та деградації. Під час експлуатації потрібно регулярно перевіряти стан охолоджувальної системи батареї, контролювати журнали заряджання і цикли глибокого розряду, проводити діагностику деградації елементів через програмні інтерфейси, дотримуватися правил зберігання при тривалому простої автомобіля.

Експлуатаційна ефективність електромобіля залежить від доступності зарядних станцій і сумісності роз'ємів (Type 2, CCS, CHAdeMO тощо). Перспективні системи Smart Charging дозволяють балансувати навантаження на електромережу, знижувати вартість енергії та підтримувати енергетичну стабільність регіону. Для автопарків важливо інтегрувати зарядні станції у внутрішню систему управління транспортом.

4. Цифровізація та кібербезпека: впровадження телеметрії та віддаленого моніторингу дозволяє прогнозувати технічний стан автомобіля, запобігати поломкам та оптимізувати ресурси автопарків. Забезпечення кібербезпеки стає невід'ємною частиною експлуатаційної політики, що включає шифрування даних, аудит оновлень та контроль доступу.

Телеметричні системи (наприклад, On-Board Diagnostics 3.0, Over-the-Air Updates) дозволяють збирати дані про стан автомобіля в реальному часі. Ці дані використовуються для технічного моніторингу, аналізу стилю водіння та оптимізації маршрутів. Експлуатаційні вимоги включають: стандартизовані протоколи передачі даних, збереження критичних параметрів у локальному сховищі,

резервування каналів зв'язку у випадку збою мережі. Оскільки автомобіль стає частиною мережевої інфраструктури, він підлягає ризикам кібератак. Основними заходами є: перевірка цифрових підписів оновлень, шифрування телеметричних даних, багаторівнева автентифікація доступу до діагностичних систем, журналювання подій і періодичний аудит безпеки. Кібербезпека стає не менш важливою, ніж механічна надійність автомобіля.

5. Ергономіка та комфорт: адаптивні інтерфейси, підтримка користувачів з обмеженою мобільністю та інтуїтивно зрозумілі інформаційно-розважальні системи підвищують безпеку і зручність експлуатації. Перспективні автомобілі мають бути пристосовані до потреб різних груп користувачів. Інтерфейси керування стають адаптивними: налаштовуються під зріст, зір, уподобання водія. Використання технологій штучного інтелекту дає змогу прогнозувати наміри користувача й автоматично налаштовувати системи. Інформаційно-розважальні системи інтегрують навігацію, зв'язок і допомогу водієві. Вони повинні бути простими, інтуїтивними, не відволікати від керування. Вимоги експлуатації включають періодичні оновлення, перевірку функціональності голосового керування та контроль сумісності мобільних пристроїв.

6. Надійність і технічне обслуговування. Конструктивна ремонтпридатність показує, що перспективні автомобілі мають проектуватися за принципом Design for Maintenance, тобто з урахуванням зручності доступу до вузлів, уніфікації кріплень, модульності компонентів. Це скорочує тривалість простоїв та витрати на ремонт. Особливу увагу приділяють розробці єдиних діагностичних інтерфейсів (наприклад, OBD-III, UDS, DoIP), які дозволяють проводити дистанційне тестування систем і програмну реконфігурацію блоків.

При предикативному обслуговуванні традиційна система технічного обслуговування за календарем поступається місцем станорієнтованому (condition-based) та предиктивному підходам. Автомобіль самостійно збирає телеметричні дані з датчиків (вібрації, тиск, температура, струм) і передає їх у хмарні аналітичні системи. На основі алгоритмів машинного навчання прогнозується ресурс компонентів (наприклад, підшипників або батарейних модулів). Це дозволяє запобігати відмовам і зменшити непланові простої транспорту.

Для забезпечення безперервної експлуатації потрібна стандартизована логістична система постачання запасних частин. Важливими стають цифрові каталоги компонентів, уніфіковані коди деталей і можливість 3D-друку деяких елементів на місці. У разі оновлення електронних модулів (наприклад, блоків керування) необхідно забезпечити версійність програмного забезпечення, щоб уникнути конфліктів після ремонту.

7. Екологічність і вплив на довкілля. Навіть електромобілі мають непрямі викиди, пов'язані з виробництвом батарей і генерацією електроенергії. Тому при оцінці екологічності враховують повний життєвий цикл (LCA) — від виробництва матеріалів до утилізації. В експлуатації необхідно передбачати контроль викидів (для ДВЗ), утилізацію мастил, фільтрів і акумуляторів відповідно до європейських директив (ELV, REACH). Сучасні вимоги вимагають організації систем рекуперації матеріалів — особливо для акумуляторів, які містять літій, кобальт і нікель. Перспективним напрямом є ремануфактуринг (remanufacturing) — відновлення вживаних компонентів із подальшим поверненням у використання.

8. Роль міжнародних стандартів і нормативів: відповідність ISO 26262, SAE та директивам ЄС забезпечує єдині правила безпеки, екологічності та функціональної надійності, що спрощує експлуатацію в різних регіонах та підвищує довіру користувачів і операторів автопарків.

ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

Пасивна безпека (конструктивні елементи кузова, зони деформації, системи утримання пасажирів) лишається базовим експлуатаційним вимогою. Для перспективних автомобілів важливо забезпечити високу корозійну стійкість матеріалів, збереження енергопоглинальних властивостей упродовж тривалого ресурсу та доступність елементів кріплення під час технічного обслуговування. Експлуатація має передбачати періодичну перевірку стану каркасу, антикорозійного покриття й кріпильних з'єднань.

Системи допомоги водієві (ADAS) і автоматичного керування зростають у складності й кількості. Експлуатаційні вимоги включають регулярне калібрування датчиків (радар, LiDAR, камери), оновлення програмного забезпечення та діагностику сенсорних систем. Оператори повинні мати процедури перевірки працездатності ADAS після ремонту чи зіткнення, а також під час зміни умов експлуатації (наприклад, інтенсивного снігу або пилу).

Експлуатаційні політики повинні передбачати логістику запасних частин, стандартизовані процедури ремонту модулів та можливість оновлення (replacement vs. repair). Прозора система

версійності електронних модулів і ПО знижує ризик несумісності після ремонту. Перехід від календарного до станоорієнтованого та предиктивного обслуговування підвищує ефективність. Необхідні вимоги: наявність систем моніторингу стану компонентів, збір телеметрії, стандартна процедура оновлення та аналізу даних для своєчасної діагностики.

Для електромобілів ключовими є вимоги до систем управління батареями (BMS): моніторинг стану, балансування елементів, захист від глибокого розряду та перегріву. Експлуатація передбачає регулярні перевірки стану батарей, ведення історії заряджання та температурного режиму, а також рекомендації щодо тривалого зберігання. Навіть електромобілі мають екологічні аспекти — виробництво, утилізація батарей і матеріалів. Експлуатаційні процедури мають включати відповідні правила утилізації, рекуперації та переробки компонентів, а також моніторинг життєвого циклу.

Перспективні автомобілі повинні враховувати різноманітність користувачів: адаптивні інтерфейси, підтримка людей з обмеженою мобільністю, простота управління та інтуїтивність систем інформаційно-розважального комплексу. Експлуатаційні вимоги мають включати налаштування профілів користувачів, документацію з чіткими інструкціями та навчання персоналу автопарків. Зі збільшенням ролі програмного забезпечення та мережевого зв'язку зростає ризик кібератак. Експлуатаційні вимоги повинні містити політики оновлень ПО, верифікації підписів оновлень, процедури відновлення після інцидентів та регулярні аудити безпеки. Перспективні автомобілі повинні бути спроектовані з урахуванням міжнародних і національних стандартів (конструктивні, екологічні, безпекові). Експлуатаційні вимоги включають підтримку сертифікаційних документів, наявність процедур для підтвердження відповідності після модифікацій та оновлень, а також ведення документації про технічний стан.

Практичні рекомендації:

1. Впровадити системи моніторингу стану збирання телеметрії для предикативного обслуговування.
2. Розробити регламенти калібрування і перевірки ADAS після будь-яких ремонтних робіт.
3. Впровадити процедурні вимоги до оновлень ПО — підписані пакети, журнал оновлень і відкатні плани.
4. Забезпечити логістику запасних частин та план заміни/ремонту батарей і модулів.
5. Організувати регулярне навчання персоналу та доступ до цифрової документації.

Розроблення методу та апаратури для аналізу й вимірювання інтегральної потужності при моніторингу транспортних засобів є складним, проте вкрай актуальним інженерним завданням, що охоплює питання електромагнітної сумісності (ЕМС), екологічної безпеки, кіберзахисту та радіомоніторингу. Основною метою такого дослідження є визначення інтегральної (сумарної) потужності шуму, який випромінюється транспортним засобом — незалежно від типу його силової установки (двигун внутрішнього згоряння, гібридна чи електрична система приводу). Аналіз проводиться у заданому діапазоні частот з урахуванням особливостей роботи двигуна, електрообладнання, систем заряджання (у випадку електромобілів) та комутаційних пристроїв — зокрема інверторів і систем широтно-імпульсної модуляції (ШІМ).

Функціональні завдання дослідження передбачають виконання таких етапів:

- аналіз параметрів шуму транспортного засобу;
- побудову спектрограм випромінювань у заданому частотному діапазоні;
- автоматичне обчислення інтегральної потужності;
- порівняння отриманих результатів із нормативними вимогами.

Подальша оцінка результатів здійснюється шляхом побудови графіка зміни інтегральної потужності у часі. При проведенні аналізу застосовується нормативна база, що регламентує вимоги до електромагнітної сумісності транспортних засобів:

- CISPR 12, CISPR 25 — норми щодо рівнів радіоперешкод, що випромінюються транспортними засобами;
- ГОСТ 30377, ГОСТ Р 51317 — методики випробування електромагнітного випромінювання та оцінки його впливу;
- ISO 11452-1 — стандарти, що визначають імунітет автомобільних електронних систем до радіочастотного випромінювання.

ВИСНОВКИ

На основі аналізу літератури, досліджень та практичних прикладів експлуатації перспективних автомобілів можна зробити такі висновки:

1. Інтеграція технологій: перспективний автомобіль — це система, де механічні, електронні та цифрові компоненти повинні працювати синхронно. Експлуатаційна політика має забезпечити їхню сумісність та надійність протягом усього життєвого циклу.

2. Пріоритет безпеки та надійності: поєднання пасивної та активної безпеки, регулярне технічне обслуговування та калібрування сенсорів є критичними факторами зменшення аварійності та підвищення довговічності автомобіля.

3. Енергоефективність та стійкість: ефективне управління енергетичними ресурсами, передбачення деградації батарей та використання гібридних і електричних приводів зменшує експлуатаційні витрати та вплив на навколишнє середовище.

4. Цифровізація та кібербезпека: впровадження телеметрії, систем віддаленого обслуговування та захисту даних дозволяє переходити від традиційного календарного обслуговування до станорієнтованого і предикативного, що підвищує ефективність і безпеку.

5. Модульність та стандартизація: застосування уніфікованих модулів, стандартних інтерфейсів та відповідність міжнародним нормам забезпечує швидкий ремонт, повторне використання компонентів і легке впровадження нових технологій.

6. Рекомендації для практики: впроваджувати системи моніторингу стану і предикативного обслуговування, організувати регулярне навчання персоналу та доступ до цифрової документації, забезпечити логістику запасних частин та план заміни батарей і модулів, створювати регламенти калібрування ADAS і перевірки працездатності систем безпеки після ремонтів.

Таким чином, успішна експлуатація перспективних автомобілів можлива лише за умови комплексного підходу до безпеки, надійності, енергоефективності, цифровізації та дотримання міжнародних стандартів, що забезпечує стійку, ефективну та екологічно відповідальну експлуатацію.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. В.Д. Мигаль, Інтелектуальне діагностування транспортних засобів [Текст] / В. Д. Мигаль, Щ. В. Аргун, А. В. Гнатов, П. Сохін // Автомобіль і електроніка. Сучасні технології. - 2022. - № 22. - С. 15-23. XVI Міжнародна науково-практична конференція «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту» (с. 317-319). Вінниця. ISBN 978-966-641-950-0.

2. Р.С. Сидоренко, В.А. Ануфрієв, В.О. Колесніков. Нові технології в галузі автомобільного водневого транспорту. XVI Міжнар. наук-практ. конф. «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», Матеріали 23-25 жовтня 2023 року, Вінниця. 2023. С. 317-319. ISBN 978-966-641-950-0.

3. Гандзюк М.О.(2024) Розробк математичної моделі багатокритеріальної структури оцінки показників якості автомобіля // Гандзюк М.О., Дубицький О.С., Мазилук П.В. Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті, ЛНТУ - 2024, №1 (22)С. 130-136

4. Гречихін Л. І. (2016) Радіотехнічна діагностика транспортних систем / Л. І. Гречихін, Н. Г. Куць // Наукові нотатки. - 2016. - Вип. 55. - С. 87-89. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nn_2016_55_18

5. UN Regulation No 155 – Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regards to cybersecurity and cybersecurity management system [2021/387]. 6. SAE International. Electric vehicle testing and battery management standards.

6. Європейська комісія. Clean Vehicles Directive — офіційні документи ЄС. Режим доступу -- <http://www.unecsc.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29fdocstts.html>

7. Крихтіна Ю. О. Державна політика розвитку транспортної галузі України: теорія, методологія, практика : монографія. Харків: «Діса плюс», 2022. – 336 с.

8. Режим доступу -- <https://avtoshkola.dp.ua/uk/suchasni-systemy-bezpeky-avtomobilia/>

REFERENCES

1. Myhal, V. D., Arhun, Sh. V., Hnatov, A. V., & Sokhin, P. (2022). *Intelektualne diahnostuvannia transportnykh zasobiv* [Intelligent diagnostics of vehicles]. *Avtomobil i elektronika. Suchasni tekhnologii*, (22), 15–23. *the XVI International Scientific and Practical Conference “Modern Technologies and Prospects for the Development of Motor Transport”* (pp. 317–319). Vinnytsia. ISBN 978-966-641-950-0.

2. Handziuk, M. O., Dubytskyi, O. S., & Mazyliuk, P. V. (2024). *Rozrobka matematychnoi modeli bahatokryterialnoi struktury otsinky pokaznykiv yakosti avtomobilia* [Development of a mathematical model of a multicriteria structure for evaluating vehicle quality indicators]. *Suchasni tekhnologii v mashynobuduvanni ta transporti (LNTU)*, 1(22), 130–136.

3. Hrechykhin, L. I., & Kuts, N. H. (2016). *Radiotekhnichna diahnostyka transportnykh system* [Radio engineering diagnostics of transport systems]. *Naukovi notatky*, (55), 87–89. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nn_2016_55_18
4. United Nations Economic Commission for Europe. (2021). *UN Regulation No. 155 – Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regards to cybersecurity and cybersecurity management system (2021/387)*.
5. SAE International. (n.d.). *Electric vehicle testing and battery management standards*.
6. European Commission. (n.d.). *Clean Vehicles Directive – Official EU documents*. Retrieved from <http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29fdocstts.html>
7. Krykhtina, Yu. O. (2022). *Derzhavna polityka rozvytku transportnoi haluzi Ukrainy: teoriia, metodolohiia, praktyka* [State policy for the development of the transport sector of Ukraine: theory, methodology, practice]. Kharkiv: Disa Plyus.
8. *Suchasni systemy bezpeky avtomobilia* [Modern automotive safety systems]. (n.d.). Retrieved from <https://avtoshkola.dp.ua/uk/suchasni-systemy-bezpeky-avtomobilia/>

Kuts N.G. Contemporary Operational Requirements for Road Vehicles

This paper examines modern operational requirements for prospective vehicles — transportation means designed with consideration of future technical, ecological, and social challenges. The study provides a comprehensive analysis of key aspects, including vehicle reliability, safety, fuel and energy efficiency, environmental impact, maintenance strategies, ergonomics, digitalization, cybersecurity, standardization, and regulatory compliance. Emphasis is placed on the integration of active and passive safety systems, predictive maintenance strategies, advanced battery management, and sustainable energy management approaches.

The review highlights recent scientific and industrial research, identifies current trends in automotive technologies, and provides practical recommendations for vehicle manufacturers, fleet operators, and service organizations. The paper stresses the importance of life-cycle management, modular design, and digital monitoring systems to ensure reliable, efficient, and environmentally responsible operation.

Finally, the study underscores that the development and implementation of a comprehensive operational policy, aligned with international standards and emerging technologies, is crucial to maintaining vehicle safety, performance, and sustainability in the evolving transportation landscape.

Developing a method and equipment for analyzing and measuring integral power when monitoring vehicles is a complex but extremely relevant engineering task that covers issues of electromagnetic compatibility (EMC), environmental safety, cyber security, and radio monitoring. The main goal of this research is to determine the integral (total) power of noise emitted by a vehicle, regardless of the type of its power plant (internal combustion engine, hybrid or electric drive system). The analysis is carried out in a specified frequency range, taking into account the characteristics of the engine, electrical equipment, charging systems (in the case of electric vehicles), and switching devices, in particular inverters and pulse width modulation (PWM) systems.

Keywords: prospective vehicles, operational requirements, reliability, safety, energy efficiency, environmental sustainability, maintenance, cybersecurity, digitalization.

КУЦЬ Надія Григорівна, кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобілів і транспортних технологій, Луцький національний технічний університет e-mail: kuts.nadia86@gmail.com <https://orcid.org/0000-0003-1934-7189>

Nadiia KUTS, PhD in Engineering, associate professor of Automobiles and Transport Technologies department, Lutsk National Technical University e-mail: kuts.nadia86@gmail.com <https://orcid.org/0000-0003-1934-7189>

Дата надходження статті до видання: 20.10.2025

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 31.10.2025

DOI 10.36910/automash.v2i25.1926