

Мигаль В.Д.,
Лебедєв А.Т.,
Шуляк М.Л.,
Калінін Є.І.

Харківський національний технічний
університет сільського господарства ім.
П.Василенка,
г. Харків, Україна
E-mail: m.l.shulyak@gmail.com

ОЦІНКА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ЯКОСТЕЙ АВТОМОБІЛІВ

УДК 629.1.07

Мигаль В.Д., Лебедєв А.Т., Шуляк М.Л., Калінін Є.І. «Оцінка інтелектуальних якостей автомобілів»

Автомобільний транспорт є найважливішим сектором української економіки, який обслуговує практично всі галузі господарювання та верстви населення, сприяє зростанню якості мобільності населення. Розглянуті технічні й інтелектуальні рівні створюваних автомобілів, завдання, які вирішуються при проектуванні автомобілів, якості їх втілення при виготовленні та реалізації в процесі експлуатації. Наведена модель технічних рівнів створюваних автомобілів та виконана класифікація їх рівнів за типами автомобілів. Проаналізовано склад телематичних систем, які визначають інтелектуальні якості автомобіля. Показано, що проектний інтелектуальний рівень автомобіля є основною експлуатаційною якістю, тому що він у цілому визначає технічну й екологічну надійність автомобіля. Якщо автомобіль не має необхідних інтелектуальних якостей, то він не може бути ефективно використаний. Виконано статистичний аналіз ресурсів автомобілів і двигунів внутрішнього згоряння різного інтелектуального рівня й показано, що їх ресурси знаходяться у приблизно у лінійній залежності від інтелектуального рівня. Ресурс автомобіля високого інтелектуального рівня на 200-260 тисяч кілометрів пробігу може перевищувати ресурс автомобіля традиційного рівня. Автомобілі, які не мають достатнього інтелектуального рівня не можуть бути ефективно використані, особливо у разі перевезень на далекі відстані. Виконана класифікація автомобілів за їх інтелектуальним рівнем та показано, що ресурс автомобілів підвищується по мірі підвищення їх інтелектуального рівня у разі виконання всіх вимог щодо їх технічної експлуатації. Повна реалізація інтелектуальних якостей автомобіля вимагає високого рівня розвитку дорожньої інфраструктури, інтелектуальних транспортних систем та ефективного технічного обслуговування відповідно до вимог виробника автомобіля.

Ключові слова: автомобільний транспорт; інтелектуальний рівень; класифікація автомобілів; ресурс автомобіля; ефективність використання.

Мигаль В.Д., Лебедєв А.Т., Шуляк М.Л., Калинин Е.И. «Оценка интеллектуальных качеств автомобилей»

Автомобильный транспорт является важнейшим сектором украинской экономики, который обслуживает практически все отрасли хозяйства и слои населения, способствует росту качества мобильности населения. Рассмотрены технические и интеллектуальные уровни создаваемых автомобилей, задачи, решаемые при проектировании автомобилей, качества их воплощения при изготовлении и реализации в процессе эксплуатации. Приведенная модель технических уровней создаваемых автомобилей и выполнена классификация их уровней по типам автомобилей. Проанализирован состав телематических систем, которые определяют интеллектуальные качества автомобиля. Показано, что проектный интеллектуальный уровень автомобиля является основным эксплуатационным качеством, так как он в целом определяет техническую и экологическую надежность автомобиля. Если автомобиль не имеет необходимых интеллектуальных качеств, то он не может быть эффективно использован. Выполнен статистический анализ ресурсов автомобилей и двигателей внутреннего сгорания различного интеллектуального уровня и показано, что их ресурсы находятся в приблизительно в линейной зависимости от интеллектуального уровня. Ресурс автомобиля высокого интеллектуального уровня на 200-260 тысяч километров пробега может превышать ресурс автомобиля традиционного уровня. Автомобили, которые не имеют достаточного интеллектуального уровня, не могут быть эффективно использованы, особенно в случае перевозок на дальние расстояния. Выполнена классификация автомобилей по их интеллектуальным уровням и показано, что ресурс автомобилей повышается по мере повышения их интеллектуального уровня в случае выполнения всех требований по их технической эксплуатации. Полная реализация интеллектуальных качеств автомобиля требует

высокого уровня развития дорожной инфраструктуры, интеллектуальных транспортных систем и эффективного технического обслуживания в соответствии с требованиями производителя автомобиля.

Ключевые слова: автомобильный транспорт; интеллектуальный уровень; классификация автомобилей; ресурс автомобиля; эффективность использования.

Myhal V.D., Lebedev A.T., Shuliak V.L., Kalynyn E.I. «Assessment of intellectual the qualities of the cars»

Automobile transport is the most important sector of the Ukrainian economy, which serves virtually all sectors of the economy and segments of the population, contributes to the growth of the quality of population mobility. The technical and intellectual levels of the cars produced are considered, problems solved in the design of cars, the quality of their implementation in the manufacture and implementation during operation. The given model of the technical levels of the cars being created and the classification of their levels according to the types of cars is made. The composition of telematic systems that determine the intellectual qualities of the car is analyzed. It is shown that the design intellectual level of the car is the main operational quality, as it generally determines the technical and environmental reliability of the car. If a car does not have the necessary intellectual qualities, then it cannot be used effectively. A statistical analysis of the resources of automobiles and internal combustion engines of various intellectual levels was carried out and it was shown that their resources are directly dependent on the intellectual level. The resource of a car of a high intellectual level by 200-260 thousand kilometers can exceed the resource of a car of no intellectual level. Cars that do not have a sufficient intellectual level cannot be used effectively, especially in the case of long-distance transport. The classification of cars according to their intellectual level is made and it is shown that the resource of cars increases as their intellectual level increases in the case of meeting all the requirements for their technical operation. Full implementation of the intellectual qualities of the car requires a high level of development of road infrastructure, intelligent transport systems and effective maintenance in accordance with the requirements of the car manufacturer.

Keywords: road transport; intellectual level; car classification; car resource; efficiency of use.

Актуальність проблеми

Автомобільний транспорт (АТ) є найважливішим сектором української економіки, який обслуговує практично всі галузі господарювання та верстви населення, сприяє зростанню якості мобільності населення. Він продовжує залишатися з наземних видів транспорту найбільш ресурсозатратним і небезпечним для населення і навколишнього середовища. Тому від того, які транспортні машини створені, які експлуатаційні показники їх характеризують, як машини взаємодіють з людьми та довкіллям і в яких умовах експлуатуються, залежить ефективність багатьох галузей людської діяльності.

Негативними наслідками недостатньої якості створюваних автомобілів та умов їх використання є:

- недопустимий рівень людських втрат у результаті дорожньо-транспортних пригод (ДТП);
- затримка пасажирів та вантажів;
- висока витрата пального в результаті обмежених можливостей вибору водієм режимів роботи автомобіля, заторів на дорогах тощо;
- зростання споживання енергоресурсів і матеріалів для відновлення роботоздатності автомобілів при ТО та Р;
- низька продуктивність автомобільного транспорту через незадовільні дорожньо-транспортні умови експлуатації;
- негативний вплив підвищеної витрати пального, енергоресурсів та незадовільного технічного стану автомобілів на довкілля;
- зниження швидкості руху на дорогах, що впливає на збільшення необхідної кількості автомобілів, а також транспортної складової у кінцевій ціні продукції та послуг;
- низька продуктивність (швидкості руху) транспортних систем через недостатньо високий рівень керування транспортними потоками;
- недостатня потужність транспортної інфраструктури.

Основою комплексного вирішення завдання щодо підвищення ефективності автомобільного транспорту є інтеграція в технічну експлуатацію автомобілів (ТЕА) телематичних та інтелектуальних транспортних систем (ІТС), які дають можливість використовувати глобальні супутникові й радіонавігаційні засоби та ефективні інформаційні керуючі технології контролю функціонування автомобілів і дорожньо-транспортного комплексу. Реалізація більшості цих завдань поставила підприємства АТ у складні умови вибору високоінтелектуальних автомобілів і ефективного їх використання у сучасних дорожньо-транспортних умовах експлуатації.

Формулювання мети дослідження

Мета роботи – оцінка ефективності використання інтелектуальних якостей автомобілів у сучасних дорожньо-транспортних умовах шляхом статистичного аналізу їх надійності, що дасть можливість виконувати правильний вибір інтелектуального рівня автомобілів.

Вирішення цієї наукової проблеми вимагає визначення: технічного рівня створюваних автомобілів, складу їх телематичних систем; вплив на ресурс експлуатаційних властивостей, які закладаються при проектуванні автомобіля; залежності ресурсу агрегатів автомобіля від їх інтелектуального рівня, умов експлуатації та технічного обслуговування (ТО) автомобіля.

Об'єкти і методи дослідження

Методи досліджень: системний підхід до оцінювання якості експлуатаційних властивостей автомобілів, що закладаються на стадіях проектування, втілення їх при виробництві та реалізації в процесі експлуатації; моделювання та класифікація автомобілів за інтелектуальним рівнем; статистичний аналіз та порівняння ресурсів автомобілів різного рівня інтелектуалізації; узагальнення.

Об'єктом дослідження були легкові та вантажні автомобілі американського, європейського, білоруського, російського та українського виробництва різного технічного рівня удосконалення – від механічних систем автоматизації до мехатронізації, телематизації та інтелектуалізації.

Інтелектуальний рівень автомобілів визначали за десятибальною системою. За максимальний інтелектуальний рівень автомобіля прийнято наявність таких груп показників навігаційних і телематичних систем: керування рухом автомобіля, інформування водія, збору й передачі інформації, контролю технічного стану (самодіагностики та дистанційного діагностування), безпечного й ефективного керування дорожнім рухом. За менший – рівень автоматизації робочих процесів і систем керування автомобілем (раннього випуску).

За показник надійності автомобілів прийнято ресурс автомобілів різного рівня інтелектуалізації. Статистичний аналіз ресурсу автомобілів проводився за даними нормативних значень: рейтингових досліджень ресурсу автомобілів в експлуатації; експериментальних та експертних оцінок ресурсів автомобілів. У вибірку для аналізу двигунів та автомобілів не брали легкові автомобілі, укомплектовані одноразовими двигунами й автомобілі-всюдиходи.

Вплив дорожніх умов експлуатації враховували шляхом порівняння ресурсу автомобілів, які використовувались для далеких («далекобійники») та ближніх (внутріміських, міжобласних) перевезень вантажів, а також рейтингових оцінок надійності автомобілів, що експлуатувалися в різних регіонах.

Однак, слід відмітити, що більшість отримуваних даних різноманітні, тому похибка отриманих результатів може бути досить висока.

Інтелектуальний рівень створюваних автомобілів

Якість автомобіля виражається широкою сукупністю властивостей, кожна з яких характеризується одним або кількома параметрами, що кількісно виражаються конкретними показниками. Наприклад, динамічність характеризується максимальною швидкістю автомобіля, часом розгону до швидкості 10 км/год і т. д. Конкретний автомобіль з певним технічним станом має певні значення показників параметрів (рис. 1). Хоча не всі властивості можуть бути виражені кількісними показниками, наприклад, зручність посадки водія тощо.

Показані на рис. 1 числові значення показників є умовними, оскільки для конкретної моделі автомобіля та його призначення вони можуть значно відрізнятись.

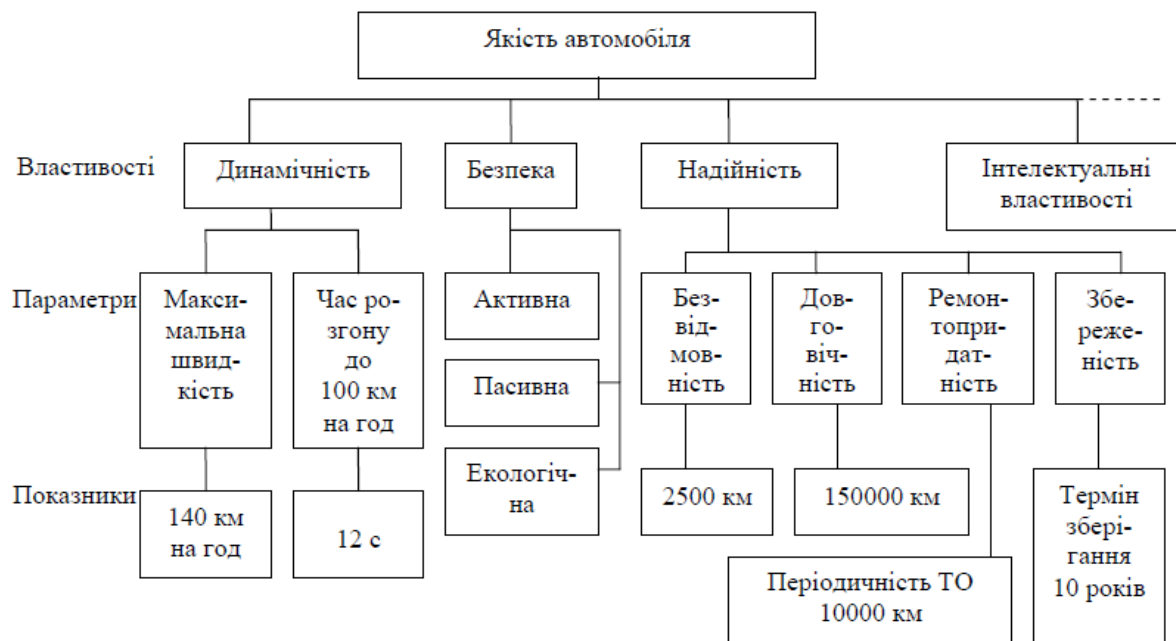


Рис.1. Структура поняття «якість автомобіля» на прикладі аналізу деяких властивостей автомобіля

На сьогодні існує низка багатокритеріальних систем оцінювання технічного стану проєктованих автомобілів. Однак, вони складні, не дають можливості враховувати всі фактори експлуатації автомобіля і з потрібною достовірністю розв'язувати проблеми визначення початкової надійності та прогнозувати ресурс автомобіля [1-5].

Загальні завдання, які потрібно вирішувати при проєктуванні автомобілів, приведені на спрощеній схемі рис. 2 [1, 5]. Для ефективної технічної експлуатації їх вирішення вимагає високого рівня мехатронізації та телематизації автомобіля. Ці технічні рішення можуть досягати рівня інтелектуального автомобіля (див. 5, рис. 2) й автопілоту.

Чинники, що впливають на якість автомобілів та інтенсивність зміни технічного стану в експлуатації можна представити таким чином.

Оскільки основні функціональні характеристики та якісні показники автомобілів закладаються на стадії проєктування (П) і доводки (Д), втілюються в життя при виготовленні та складанні (И), а також при введенні в експлуатацію (В) та реалізуються в процесі складних умов експлуатації (Е), то надійність і ресурс автомобіля в часі визначаються комплексом фактичного стану якості (К) та похибок їх визначення (F).

$$K = f(П, Д, И, В, Е) \pm F \tag{1}$$

Звідси випливає, що підвищення надійності автомобіля можливе шляхом удосконалення якості П і методів контролю (збереження) заданої проектної якості на стадіях И, Д та Е. Але фактично кожна складова якості автомобілів має п невідомих структурних параметрів стану внаслідок недостатньої якості матеріалів, точності виготовлення та складання. Тому більша частина прихованих дефектів проектування та виготовлення і резонансних явищ, пов'язаних кореляційною залежністю з режимами роботи, робочими процесами та експлуатаційними умовами залишається в автомобілях, що серійно випускаються.

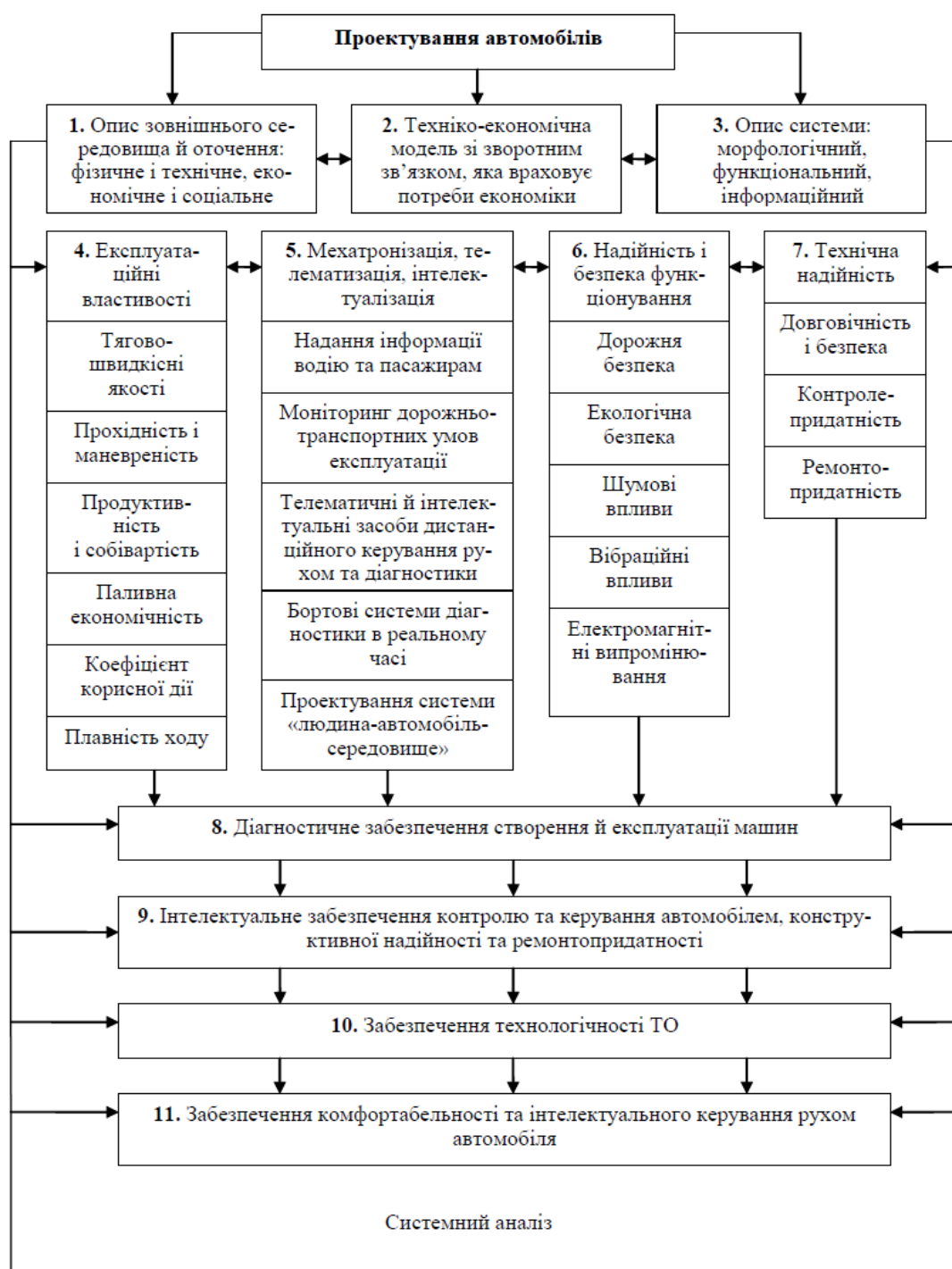


Рис.2. Структурна схема основних завдань і системного підходу до їх розв'язання при проектуванні автомобілів

Таким чином, властивості структури механізмів автомобілів на стадіях П, Д, И, В можуть бути охарактеризовані великим набором індивідуальних конструктивних, технологічних і функціональних параметрів стану. Причина кожного дефекту й несправності автомобіля зумовлена об'єктивними або суб'єктивними чинниками. Через це початковий технічний (проектно-технологічний) стан на стадії уже надходження автомобіля в експлуатацію не може бути однаковим. У процесі експлуатації автомобіля його технічний стан ще більше стає індивідуальним, оскільки подальша інтенсивність зміни початкових параметрів автомобіля залежить від інтелектуального рівня автомобіля, якості водіння і доріг, технічного обслуговування та транспортних умов експлуатації.

Тому проблема високого рівня проектного забезпечення якості всіх стадій життєвого циклу автомобілів ще повністю не вирішена, про що свідчать численні доопрацювання передовими фірмами автомобілів, що серійно випускаються, наприклад, 42940 автомобілів від Audi, Volkswagen і Škoda [6]. Значна кількість автомобілів експлуатуються з несправностями, які у свою чергу призводять до забруднення довкілля та надмірних витрат пального.

Проведене у 2017 році американською J. D. Power Associates дослідження рейтингу надійності автомобілів у гарантійний період показало, що надійність сильно відрізняється для різних моделей (табл. 1). Автомобілі KIA визнані більш надійними, ніж Porsche та Lexus. У корейських автомобілів KIA та преміум-бренд Genesis найменше несправностей на 100 автомобілів.

Згідно з дослідженнями Vehicle Dependability Study рейтингу надійності європейських автомобілів перше місце зайняла модель Škoda, на другому місці опинилася KIA (83 скарги на 100 автомобілів), третє місце зайняла Suzuki KIA (86 скарг на 100 автомобілів).

Таблиця 1

Кількість виявлених несправностей на 100 автомобілів

Автомобіль	Кількість несправностей	Автомобіль	Кількість несправностей
Kia	72	Genesis	77
Porsche	78	Ford	86
Ram	86	BMW	88
Chevrolet	88	Hyundai	88
Lincoln	92	Nissan	93
Volkswagen	93	MINI	94
Buick	95	Toyota	95
Lexus	98	GMC	99
Chrysler	102	Mercedes Benz	102
Acura	103	Cadillac	105
Honda	105	Dodge	106
Infiniti	107	Jeep	107
Subaru	113	Audi	115
Mazda	125	Land Rover	131
Mitsubishi	131	Volvo	134
Jaguar	148	Fiat	163

За даними британської компанії Warranty Direct на кожні 27 автомобілів Audi припадає одна поламка двигуна; у автомобілів компанії MG Rover – одна поламка на кожні 13 машин; Honda і Toyota – одна поламка двигуна на 344 та 171 автомобіль

відповідно; на моделях Mercedes – одна поламка на кожні 119 двигунів. Ці дані дещо суперечать іншим статистичним даним (за матеріалами auto.mail.ru). Наведена статистика несправностей з різних публікацій в Internet, хоча має деякі розходження даних, в основному говорить про суттєві конструктивні та технологічні недоліки виготовлення й умов експлуатації, про що свідчить розподілення за величиною пробігу дослідженої групи автомобілів МАЗ 5320: до 500 тис. км – 10%, до 800 тис. км – 71%, до 1000 тис. км – 14%, більше 1000 тис. км – 5%, [17].

Досягнутий технічний рівень багатоваріантного створення автомобіля [1-5] можна представити графічно (рис. 3) [1, 5]. Технічний рівень створюваних макетних, експериментальних і та тих автомобілів, що випускаються серійно, не завжди задовольняє заданому інтелектуальному рівню, що відповідає високому інтелектуальному рівню Д. Часто можуть бути випущені високовідмовні автомобілі технічного рівня В і малої мехатронізації та телематизації Г, які не відповідають вимогам високого інтелектуального рівня (рис. 2).

На рис. 3 літерами позначені: А, 1, 2, 3 – крива стадії еволюційного розвитку (удосконалення) автомобіля; Б – реалізація нових прогресивних науково-технічних рішень (відкриттів та винаходів), що дають можливість значно скоротити час проектування і доводки автомобіля до заданого технічного рівня (етапи 4 і 5); В – недопустимий технічний рівень; Г – допустимий технічний рівень; Д – клас автомобілів необхідного інтелектуального рівня; Е – зона необхідного економічно обґрунтованого інтелектуального рівня за призначенням та умовами експлуатації.

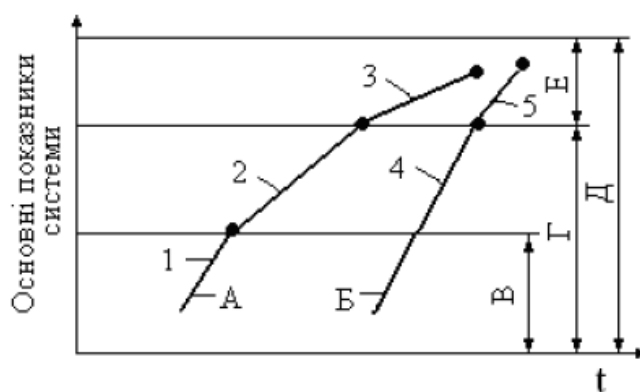


Рис.3. Модель технічних можливостей проектного вдосконалення автомобіля:
1-5 – цикли вдосконалення і доводки автомобіля; t – періоди (роки) розробки і доводки

Технічний рівень проектування багатьох сучасних вантажних і легкових автомобілів випуску після 2011 року близький до рівня Д (рис. 3). Ці автомобілі оснащені телематичними бортовими системами діагностування в реальному часі всіх технічних систем, мають автоматичне адаптивне управління робочими процесами та рухом автомобіля на високому інтелектуальному рівні, що дало можливість підвищити якість сервісів та їх ресурс, технічну й екологічну надійність, значно збільшити періодичність і зменшити обсяг робіт з технічного обслуговування порівняно з традиційними конструкціями технічного рівня Г (рис. 3). Телематичні системи діагностування й управління рухом сучасних автомобілів (4, 5, рис. 4) покращують їх керованість, стійкість і комфортабельність, виконують адаптивне управління підвіскою, трансмісією, гальмами, підтримують оптимальні робочі режими та швидкості руху автомобіля, що дає можливість покращити динамічні якості автомобілів, зменшити кількість відмов, збільшити ефективний період експлуатації автомобілів.

На рис. 4 показаний телематичний зв'язок експлуатаційних властивостей з тими системами і механізмами автомобіля, конструкція і технічний стан яких найбільше впливає на ці властивості [7].

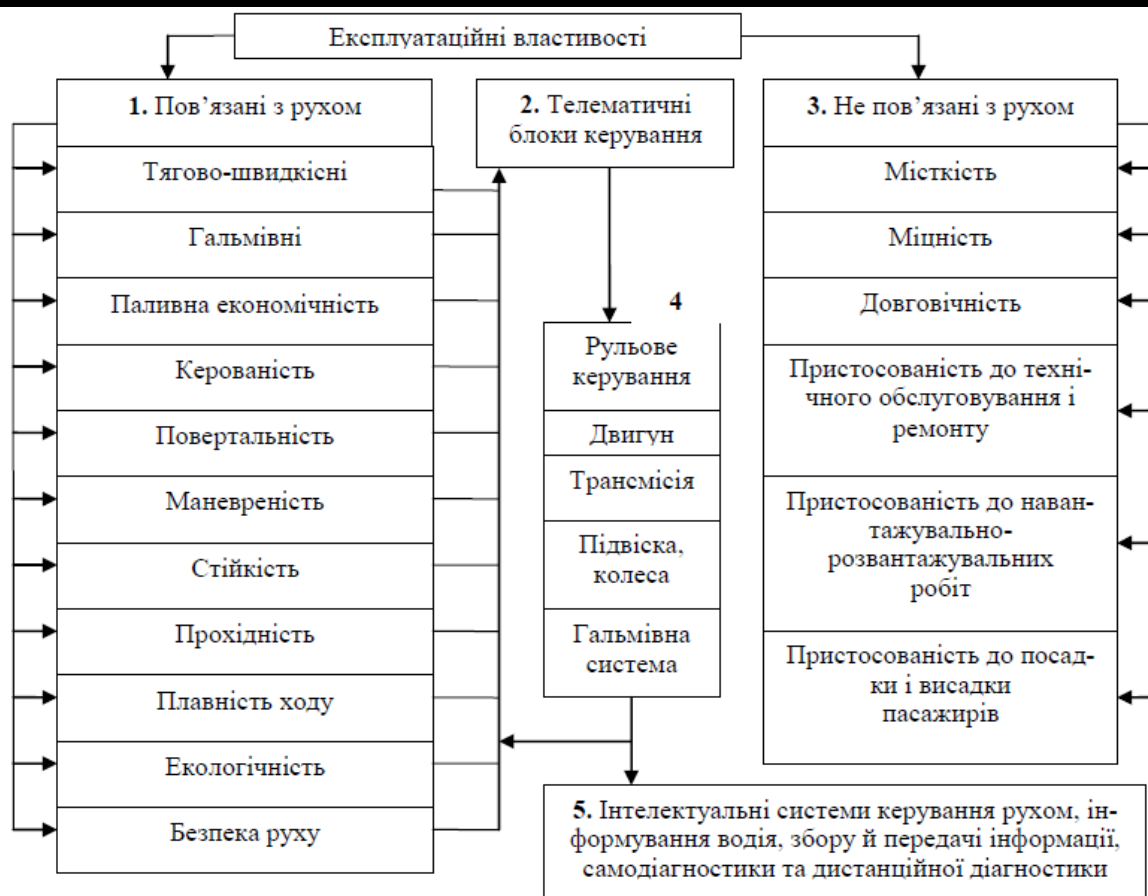


Рис.4. Спрощена схема експлуатаційних властивостей автомобіля

Системи і механізми інтелектуального автомобіля конструюють таким чином, щоб він мав певні інтелектуальні властивості, які потрібні для заданих умов експлуатації та забезпечують його ефективне використання. Ці властивості визначають пристосованість автомобіля до умов експлуатації та навантаженості, ефективність і зручність його використання, технічну й екологічну безпеку (рис. 2, 4) [7, 8]. Рівень конструктивного вдосконалення експлуатаційних властивостей, пов'язаних з рухом автомобіля (1, рис. 4) залежить від телематичного забезпечення автомобіля (2, рис. 4), взаємопов'язаного з інтелектуальним керуванням технічними системами (4, рис. 4). Технічну й екологічну безпеку автомобіля забезпечують тягово-швидкісними та гальмівними властивостями, паливною економічністю, керованістю, повертальністю, маневреністю, стійкістю, прохідністю, плавністю ходу.

Експлуатаційні властивості управління рухом автомобілів досягають інтелектуального рівня і контролюються з допомогою вимірювачів і показників їх мехатронних і телематичних систем та використанням зв'язку 4G і 5G [9, 10]. Розвиток цих систем від механічних засобів автоматизації до мехатронних, телематичних та інтелектуальних систем дав можливість створити сучасні системи керування інтелектуального автомобіля (5. рис. 4). В основу адаптивного керування сучасного автомобіля покладено інформаційний обмін даними (з допомогою шини CAN) між усіма датчиками і блоками технічних систем автомобіля. Це дало можливість керувати режимами роботи автомобіля, його рухом, удосконалити функціональні алгоритми і програмне забезпечення.

Проектний інтелектуальний рівень автомобіля є основною експлуатаційною властивістю, тому що він в цілому відображає технічну й екологічну надійність

автомобіля. В інтелектуальному автомобілі всі експлуатаційні властивості синергетично пов'язані на адаптивному рівні.

Отже, якщо автомобіль не має необхідних інтелектуальних властивостей (4, 5, 6, рис. 2), він втрачає низку показників якості (рис. 1), які суттєво впливають на його ефективне використання.

Склад телематичних систем інтелектуального автомобіля

Інтелектуальний рівень автомобілів визначається за наявністю часткового або повного набору таких показників:

1. Телематичні системи керування рухом автомобіля:

- антиблокування гальм (ABS);
- протибуксовна (антипроковзна) коліс (ASR);
- попередження зіткнення (FCW, СПСА);
- допомоги під час екстреного гальмування (BA, BAS, EBA);
- сходження зі смуги руху (LDW);
- адаптивного круїз-контролю (ACC);
- виявлення сліпої зони (BSD);
- стабілізації руху (ESP, HAS, DSM, VSM, VSC);
- допомоги водію для безпечного водіння (DSSS);
- автоматичного керування склоочисниками та склоомивачем;
- активного рульового керування (AFS);
- автоматичного пристосування підвіски та положення кузова до зміни навантаження автомобіля, вибору величини дорожнього просвіту в залежності від дорожніх умов (ESC, TEMS, ASA);
- гальмування через дроти (BBW);
- контроль параметрів тиску і температури в шинах (DDS, TPM);
- попередження перекидання автомобіля (ARP);
- автоматичне керування приладами освітлення (Light Assist);
- автоматичне індивідуальне регулювання електронним блоком підвіски жорсткості амортизаторів кожного колеса, з урахуванням нахилу кузова та швидкості, з якою автомобіль входить у поворот, оцінювати кут повороту і швидкість, з якою водій повертає кермо.

2. Телематичні системи інформування водія про:

- дорожні умови, ситуацію на дорозі;
- технічний стан автомобіля;
- адаптивне освітлення;
- попередження про перетин дорожньої розмітки;
- моніторинг «сліпої зони» (про знаходження поруч інших транспортних засобів);
- розпізнавання дорожніх знаків;
- знаходження перешкод під час руху заднім ходом;
- виявлення невидимих перешкод;
- моніторинг стану водія;
- інформування про перешкоди попереду;
- інформація про стан дорожнього покриття та параметри транспортного потоку;
- інформація про метеоумови;
- комунікація між автомобілями;
- круговий огляд;
- попередження про зіткнення під час паркування;
- нічне бачення;
- попередження про наявність пішоходів на проїзній частині;
- попередження про наявність знаків обов'язкової зупинки;

- екологічний моніторинг (шкідливі речовини у ВГ).

3. Телематичні системи збору й передачі інформації:

- чорний ящик;
- тахограф;
- передача інформації про аварії;
- електронна ідентифікація автомобіля (вантажу);
- позиціонування автомобіля, інформація про його місцезнаходження.

4. Телематичні системи контролю технічного стану:

- система самодіагностики;
- система дистанційного (віддаленого) діагностування;
- система попередження та рекомендацій щодо ТО.

5. Телематичні системи безпечного й ефективного керування транспортними потоками:

- надають водію допомогу у передбаченні дорожньої обстановки;
- спонукають водія до дій щодо попередження небезпечної ситуації;
- знижують утомленість водія, беручи частину навантаження з керування автомобілем на себе;
- автоматично беруть керування автомобілем на себе, якщо водій самостійно не зміг виконати необхідні дії щодо попередження ДТП, або зменшуючи тяжкість її наслідків;
- дають можливість ідентифікувати транспортний засіб, параметри його роботи та технічного стану;
- переспрямовують транспортні потоки;
- видають рекомендації щодо вибору швидкості руху;
- SOS сервіс;
- попередження про туман;
- попередження про слизьку дорогу та небезпечну ділянку дороги;
- попередження про можливе зіткнення на перехресті.

Сучасні вантажні автомобілі Tuna Trucks, IVECO, MAN, Scania, Volvo та інші випуску після 2011 року відповідають верхній зоні Е (рис. 3).

Автомобілі КрАЗ, КАМАЗ, МАЗ ранніх випусків за інтелектуальним рівнем знаходяться в зоні класу Г (рис. 3) і лише дослідні зразки згаданих автомобілів розробки 2018-2019 років знаходяться у зоні класу Е. Інтелектуалізація цих автомобілів здійснена шляхом запозичення телематичних систем керування, двигунів автомобілів Mercedes-Benz, Cummins, MAN D2866 LF 15 та коробок передач ZF Ecosplit.

Автомобілі Tuna Trucks, IVECO, Daimler, MAN, Scania, Volvo, DAF та інші мають телематичні, навігаційні та інтелектуальні системи керування рухом, інформування водія, збору та передачі інформації, контролю технічного стану, безпеки й ефективного керування транспортними потоками, набору послуг (згаданих раніше 1, 2, 3, 4, 5), телематичні системи самодіагностики, інтерфейси FMS зв'язків, що дають можливість через усі шини CAN здійснювати дистанційний доступ до даних бортового комп'ютера автомобіля для сервісного обслуговування, планування ТО й поїздок та їх корекції, управління автопарком. Тільки їх системи самодіагностики та дистанційного діагностування (БСКД) порівняно з автомобілями, що не мають таких систем, дають можливість збільшити напрацювання на 50 тисяч км і зменшити кількість відмов на 37% [13].

Для ефективного використання інтелектуальних автомобілів рівня Е (рис. 3) потрібні досконала дорожньо-транспортна інфраструктура, ТО та інформаційні системи супроводу.

Експлуатаційна надійність автомобілів

За останні 80 років середній термін служби автомобілів по мірі мехатронізації та телематизації значно змінився в бік збільшення. Згідно зі світовою статистикою середній термін служби автомобіля становить 12 років, тоді як у 60-70 роках минулого століття – усього 8 років. Середній пробіг становить 320 тисяч кілометрів, а у 60-ті роки – 150000 км [13-15].

Середній ресурс автомобілів:

– низького рівня телематизації – російських – до 300 тис. км («Жигулі» – 150 тис. км; «Волга» – до 300 тис. км; ВАЗ 2112 – 200-250 тис. км; ВАЗ 2111 – 150-200 тис. км; ВАЗ 2107 з двигуном 2103 – 100 тис. км);

– високого рівня телематизації - розвинених країн Європи, Америки і японських автомобілів – до 1 млн. км;

Ресурс ВАЗівських автомобілів останніх моделей становить приблизно 200-250 тис. км, інших виробників – від 500 тис. км до 1 млн. км, залежно від виробника: Ford Focus – 250 тис. км, Нексія, BMW – 500 тис. км, Volvo – 1 млн. км. Напрацювання автомобілів залежить від умов експлуатації і тільки від якості водіння може знижуватися на 100 тис. км.

Досягти максимального проектного терміну служби можна шляхом дотримання періодичності ТО згідно з інструкцією з експлуатації від виробника та включно за такими правилами:

- регулярна заміна масла і фільтрів;
- постійний моніторинг усіх важливих рідин, використовуваних в автомобілі;
- технічне обслуговування двигуна, трансмісії, коробки передач;
- регулярна заміна свічок запалювання (чистка або заміна форсунок);
- своєчасна заміна ремня (ланцюга) ГРМ, як рекомендує виробник автомобіля;
- регулярне діагностування всіх систем автомобіля для виявлення несправностей та своєчасного їх усунення.

Якщо ресурс легкових бюджетних автомобілів оцінювати за граничним станом двигуна автомобіля, то він знаходиться приблизно в лінійній залежності від інтелектуального рівня автомобіля (рис. 5). У вибірку цих автомобілів не включали автомобілі, укомплектовані одноразовими двигунами конструктивно зменшеного ресурсу (200-300 тис. км). Ці двигуни при великій потужності мають алюмінієві блоки з тонкими стінками, тонкі поршні зі зменшеною поверхнею тертя, зменшені об'єми масла та охолоджувальної рідини, пластинчасті ланцюги, пластикові деталі тертя (шків, деталі ГРМ тощо).

На рис. 5 такі позначення: Δ – ресурси автомобілів за рівнем автоматизації систем, робочих процесів і руху автомобіля; $\Delta 1, \Delta 2, \Delta 3, \Delta 4, \Delta 5$ – ресурси автомобілів за рівнем розвитку мехатронізації, телематизації та інтелектуалізації. Не враховані спеціальні моделі автомобілів з пробігом до 1 000 000 км: європейські – BMW, Audi, Mercedes-Benz; в Японії – Toyota, в США – General Motors. Ці автомобілі можуть комплектуватися двигунами Shelby Mustang та Chrysler автомобілів Shelby Mustang GT500 та Dodge Challenger. Двигуни OM 602, M50, M57 автомобілів BMW та Mercedes, японські силові агрегати 4G63 Mitsubishi, Toyota 1JZ-GE і 2JZ-GE.

На практиці знаходять широке застосування автомобілі меншої вартості, які дають можливість кілька разів відремонтувати двигун з ресурсом 300 000 км пробігу, ніж купити й дорого обслуговувати «мільйонник».

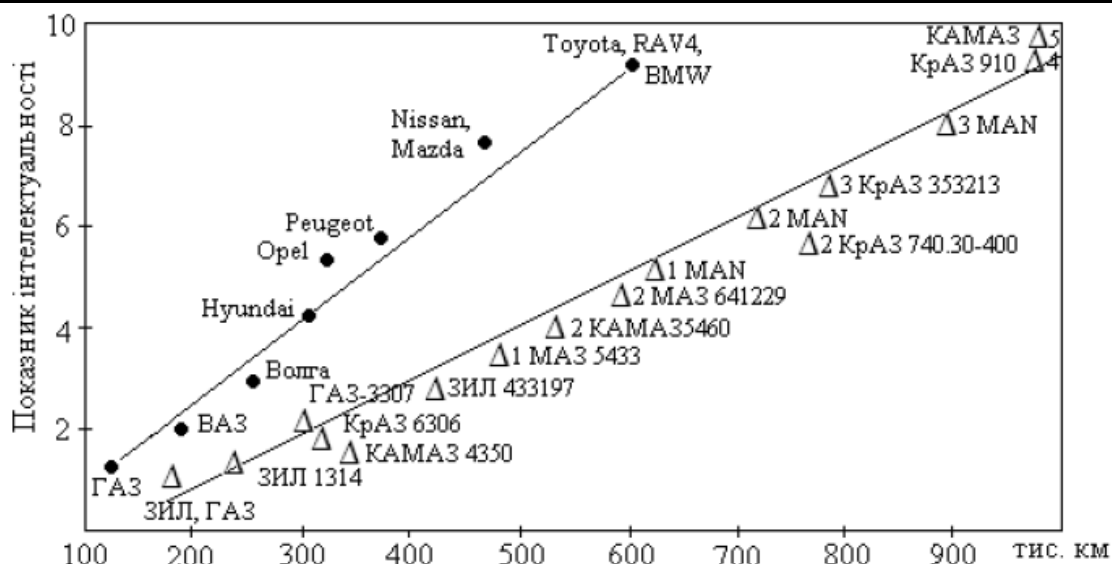


Рис.5. Залежність ресурсу автомобіля від його інтелектуального рівня: 1 – легкові автомобілі бюджетних моделей; 2 – вантажні автомобілі; Δ1 – MAN без БСКД і Δ2 – MAN з БСКД; Δ4 – КАМАЗ і КрАЗ модельного випуску; Δ5 – автомобілі типу Tuna Trucks, IVECO, Daimler, MAN, Scania, Volvo, DAF, Mercedes-Benz, Peterbilt

Ресурс двигунів залежно від умов експлуатації автомобіля знаходиться в межах, наведених у табл. 2. У разі несприятливих умов експлуатації, використання неякісного пального, масел та експлуатаційних рідин, а також невчасної їх заміни та проведення неякісного ТО, ресурс двигунів може зменшуватися на 15, а то і до 50%., причому чутливість до якості умов експлуатації у двигунів імпортованих автомобілів значно вища (до 50%).

Таблиця 2.

Вплив якості умов експлуатації автомобіля на ресурс двигуна

Модель автомобіля	Ресурс двигуна, тис. км
GAZ	150
BA3	150-200
Nissan/Mazda/Mitsubishi	250-500
Hyundai Kia Rio	200-350
Toyota	350-500
Hyundai KIA	200-250
Opel/Chevrolet	200-300
Peugeot/Renault	250-400
Mercedes/BMW	300-600
Volkswagen/Audi/Skoda	250-550
Ford	300-500
Volkswagen Polo	250-350
LADA Vesta	150-200
Nissan QR25DE, MR20DE	250-500
BA3 2110 Калина, Приора	200-250

Середній ресурс двигунів російського розрахований на пробіг 140 тис. км, інших виробників – мінімум 250 тис. км пробігу (табл. 3). Двигун Рассаг ХЕ розрахований на пробіг 1,0-1,5 млн. км без капітального ремонту. При експлуатації у постійних заторах ресурс у відпрацьованих годинах скорочується у 1,5-2 рази.

Таблиця 3.

Показники ресурсу двигунів різних виробників	
Виробник двигунів	Середній показник ресурсу, тис. км
Американський	450
Німецький	500
Корейський	350
Японський	400*
Французький	300
Китайський	250
Російський	120

* Заявлений самим виробником

Шестициліндрові двигуни до капітального ремонту можуть проходити 300-350 тис. км. Ресурс КПП таких автомобілів приблизно дорівнює ресурсу двигуна. Восьмициліндрові силові агрегати витримують пробіг до 1 млн. км до капітального ремонту. Однак коробка передач за цей час потребує відновлення не менше трьох разів (у зв'язку з великими динамічними навантаженнями, яких вона зазнає).

Наведені у табл. 4 ресурси вантажних автомобілів показують, як з підвищенням інтелектуального рівня підвищується ресурс автомобіля. Особливо це видно на прикладі автомобілів типу КАМАЗ, КрАЗ, МАН та МАЗ. Графічне представлення залежності ресурсу цих автомобілів по мірі їх удосконалення показано на рис. 5.

Залежність ресурсу вантажних автомобілів від рівня інтелектуалізації (за статистичними та експериментальними даними) також близька до лінійної (рис. 5). Це підтверджується експериментальними даними [13] щодо автомобілів МАН (Δ_1 , Δ_2 на рис. 5) та статистичними даними Δ_3 . На рис. 5 знаком Δ позначені ресурси автомобілів раннього випуску (ЗИЛ, КАМАЗ, МАЗ, КрАЗ), знаками Δ_1 , Δ_2 , Δ_3 – ресурси цих автомобілів по мірі вдосконалення їх інтелектуальних систем. Знаком Δ_4 позначені автомобілі останніх років випуску (після 2011 року). Середній пробіг до капітального ремонту вантажних автомобілів МАН без бортових систем контролю і діагностування (БСКД) та з ними складають відповідно 655,16 (Δ_1) і 719, 12 тис. км (Δ_2) (рис.5).

Таблиця 4.

Ресурс вантажних автомобілів до капітального ремонту			
Автомобіль	Напрацювання, тис. км	Автомобіль	Напрацювання, тис. км
УАЗ-3303	200	КрАЗ С18.1, С20.2	1000*
ЗИЛ 131, ЗИЛ 131Н	200, 250	КАМАЗ 53215	800
ЗИЛ 130, 4331	350, 400	КАМАЗ 740.63-400	800
Урал-542301, 4320-10	250, 275	МАЗ 500, 6422	250, 600
КрАЗ 260, 6506	225, 300	МАЗ 5537	450
КАМАЗ 43106, 6450	240, 260	MERCEDES Actros	1000
ГАЗ-53, 3307	250, 300	Volvo	1000
ЗИЛ 5301, 4331	300, 400	КАМАЗ 910	1500*
КАМАЗ 740.632-400	400	КАМАЗ 5490	1000

* Заявлений самим виробником

Ресурс автомобілів значно залежить від умов експлуатації, якості водіння та ТО (табл. 2). При використанні якісного пального, масла та рідин, а також у разі своєчасної їх заміни і якісного ТО та водіння нормативний ресурс автомобіля можна збільшити на 200 тис. км і в такій же мірі зменшити у разі невиконання цих умов.

У традиційних автомобілів з дизельним двигуном ресурс становить 500-700 тис. км. На вантажівці або автобусі з великим об'ємом двигуна (від 6 л) ресурс до 1,0 млн. км. Все залежить від інтелектуального рівня автомобіля, якості пального та ТО, вчасної заміни масла, якості водіння та дорожніх умов і т. д. У разі виконання цих умов ресурс може збільшитися на 200 тис. км до 1,2-1,5 млн. км.

Технічне обслуговування та ремонт високоінтелектуальних автомобілів зазнають значних змін. Перш за все, збільшення інтервалів між технічним обслуговуванням, в тому числі інтервалу між замінами масла, надання певних робіт з профілактичного техобслуговування за один раз. Це дає можливість знизити періодичність технічного обслуговування і час простоювання, що в результаті зменшує загальні витрати власника. Подальше зниження токсичності відпрацьованих газів та більш економна витрата пального також сприяють зниженню частоти техобслуговування. Наприклад, у процесі горіння з порівняно низькою температурою утворюється менше діоксиду азоту, а масло і холодоагент спалюються повільніше. Паливні системи високого тиску вимагають покращеної фільтрації та більш повного згорання, що допомагає продовжити термін служби паливного фільтра і дизельного сажового фільтра. Деякі автопарки та виробники двигунів планують перейти на чисто синтетичні масла, щоб продовжити інтервали між замінами масла, особливо для вантажівок.

Виробництво високоінтелектуальних, високонадійних автомобілів технічного рівня Д вимагає великих витрат проектувальника, але менших витрат під час експлуатації автомобілів, Все ж ефективна реалізація всіх інтелектуальних можливостей автомобіля вимагає високого рівня розвитку дорожньої інфраструктури, інтелектуальних транспортних систем і технічного обслуговування.

Висновки

1. Виконана класифікація автомобілів за їх інтелектуальним рівнем та показано, що ресурс автомобілів підвищується по мірі підвищення їх інтелектуального рівня у разі виконання всіх вимог щодо їх технічної експлуатації.
2. Проектний інтелектуальний рівень автомобіля є основним показником його експлуатаційної якості, що в цілому визначає технічну й екологічну надійність автомобіля за рахунок синергетичної взаємодії всіх робочих процесів і режимів руху на адаптивному рівні.
3. Автомобілі, які не мають необхідних інтелектуальних якостей не можуть бути ефективно використаними, особливо у разі далеких перевезень. Повна реалізація інтелектуальних якостей автомобіля вимагає високого рівня розвитку дорожньої інфраструктури, інтелектуальних транспортних систем та ефективного технічного обслуговування відповідно до вимог виробника автомобіля. Якщо ці умови не будуть виконані, ресурс автомобіля може зменшитися аж до 50%.

Список використаних джерел

1. Туренко А.Н. Проектирование диагностического обеспечения транспортных машин: учебное пособие / А.Н. Туренко, В.Д. Мигаль, Л.А. Рыжих. – Х.: Майдан, 2016. – 392 с.
2. Острейковский В.А. Теория надёжности. – М.: Высшая школа, 2003. – 463 с.
3. Беляков В.В. Многокритериальная оптимизация в задачах оценки подвижности, конкурентоспособности автотракторной техники и диагностики сложных технических систем / В.В. Беляков, М.Е. Бушуева, В.И. Сагунов. – Н. Новгород: Нижегород. гос. техн. ун-т. 2001. – 271 с.
4. Переверзев Е. С. Надежность технических систем / Е.С. Переверзев, А.П.

Алпатов, Ю.Ф. Даниев, П. Новак. – Д.: Пороги, 2002. – 397 с.

5. Мигаль В.Д. Интеллектуальні системи в технічній експлуатації автомобілів: монографія / В. Д. Мигаль. – Х.: «Майдан», 2018. – 262 с.

6. Volkswagen отзывает почти 43000 машин в России. [Электронный ресурс] Режим доступа: https://fastmb.ru/autonews/autonews_rus/648-volkswagen-otzyvaet-pochti-43000-mashin-v-rosii.html

7. Мигаль В.Д. Техническая безопасность автомобиля: справочное пособие / В.Д. Мигаль. – Х.: Майдан, 2011. – 202 с.

8. Мигаль В.Д. Техническая диагностика автомобилей: справочное пособие в 6 томах. Том 6. Диагностическое обеспечение технической и экологической безопасности / В.Д. Мигаль. – Х.: Майдан, 2012. – 538 с.

9. Мигаль В.Д. Мехатронні та телематичні системи автомобіля: навч. посібник / В.Д. Мигаль. – Х.: Вид-во «Майдан», 2017. – 313 с.

10. Бороденко Ю. М. Диагностика мехатронных систем автомобиля: підручник / Ю. М. Бороденко, О. А. Дзюбенко, О. М. Биков. – Х.: ХНАДУ, 2016. – 320 с.

11. Сафиуллин Р.Н. Интеллектуальные бортовые системы на автомобильном транспорте: монография / Р.Н. Сафиуллин, М.А. Керимов. – Москва; Берлин: Директ-Медиа, 2017. – 355 с.

12. Интеллектуальные транспортные системы железнодорожного транспорта (основы инновационных технологий): учебное пособие / В.В. Скалзуб, В.П. Соловьев, И.В. Жуковицкий, К.В. Гончаров. – Д. : Изд-во Днепропетр. нац. ун-та ж.-д. трансп. им. акад. В. Лазаряна, 2013. – 207 с.

13. Ревякин М.М. Повышение надежности грузовых автомобилей путем применения системы эксплуатационной самодиагностики: автореф. дисс. на соиск. уч. степени к. т. н.; спец. 05.22.10 – Эксплуатация автомобильного транспорта. – Орел, 2012. – 18 с.

14. Самые надежные автомобили – рейтинги за 2018-2019 год [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://serega.icnet.ru/cars-reliabil-actual.html>

15. <http://krutimotor.ru/stok-sluzhby-i-resurs-sovremennyh-dvigatelay> [Электронный ресурс].

16. <http://avtotehnar.ru/resursy-importnyh-dvigatelay> [Электронный ресурс].

17. http://www.interdalnoboy.com/2008/01/25/skolko_sluzhi_otechestvennyj_tjagach.html [Электронный ресурс].

References

1. Turenko A.N. Proektirovanie diagnosticheskogo obespecheniya transportnyh mashin: uchebnoe posobie / A.N. Turenko, V.D. Migal. L.A. Ryizhih. – H.: Maydan, 2016. – 392 s.

2. Ostreykovskiy V.A. Teoriya nad'Yozhnosti. – M.: Vysshaya shkola, 2003. – 463 s.

3. Belyakov V.V. Mnogokriterialnaya optimizatsiya v zadachah otsenki podvizhnosti, konkurentosposobnosti avtotraktornoy tehniky i diagnostiki slozhnyh tehnikeskikh sistem / V.V. Belyakov, M.E. Bushueva, V.I. Sagunov. – N. Novgorod: Nizhegor. gos. tehn. un-t. 2001. – 271 s.

4. Pereverzev E. S. Nadezhnost tehnikeskikh sistem / E. S. Pereverzev, A. P. Alpatov, Yu. F. Daniev, P. Novak. – D.: Porogi, 2002. – 397 с.

5. Migal V.D. Intelektualni sistemi v tehniknly ekspluatatsiyi avtomobiliv: monografiya / V. D. Migal. – H.: «Maydan», 2018. – 262 s.

6. Volkswagen otzyivaet pochti 43000 mashin v Rossii. [Elektronniy resurs] Rezhim dostupa: https://fastmb.ru/autonews/autonews_rus/648-volkswagen-otzyvaet-pochti-43000-mashin-v-rosii.html

7. Migal V.D. Tehnicheskaya bezopasnost avtomobilya: spravochnoe posobie / V.D. Migal. – X.: Maydan, 2011. – 202 s.
8. Migal V. D. Tehnicheskaya diagnostika avtomobiley: spravochnoe posobie v 6 tomah. Tom 6. Diagnosticheskoe obespechenie tehnichekskoy i Ekologicheskoy bezopasnosti / V. D. Migal. – X.: Maydan, 2012. – 538 s.
9. Migal V. D. MehatronnI ta telematichnI sistemi avtomobIlya: navch. posIbnik / V. D. Migal. – H.: Vid-vo «Maydan», 2017. – 313 s.
10. Borodenko Yu. M. DIagnostika mehatronnih sistem avtomobIlya: pIdruchnik / Yu. M. Borodenko, O. A. Dzyubenko, O. M. Bikov. – H.: HNADU, 2016. – 320 s.
11. Safiullin R. N. Intellektualnyie bortovyie sistemyi na avtomobilnom transporte: monografiya / R. N. Safiullin, M. A. Kerimov. – Moskva; Berlin: Direkt-Media, 2017. – 355 s.
12. Intellektualnyie transportnyie sistemyi zheleznodorozhnogo transporta (osnovyi innovatsionnyih tehnologiy): uchebnoe posobie / V. V. Skalozub, V. P. Solovev, I. V. Zhukovitskiy, K. V. Goncharov. – D. : Izd-vo Dnepropetr. nats. un-ta zh.-d. transp. im. akad. V. Lazaryana, 2013. – 207 s.
13. Revyakin M. M. Povyishenie nadezhnosti gruzovyih avtomobiley putem primeneniya sistemyi ekspluatatsionnoy samodiagnostiki: avtoref. diss. na soisk. uch. stepeni k. t. n.; spets. 05.22.10 – Ekspluatatsiya avtomobilnogo transporta. – Orel, 2012. – 18 s.
14. Samyie nadezhnyie avtomobili – reytingi za 2018-2019 god [Elektronniy resurs]. Rezhim dostupu: <http://serega.icnet.ru/cars-reliabil-actual.html>
15. <http://krutimotor.ru/stok-sluzhby-i-resurs-sovremennyh-dvigately> [Elektronniy resurs].
16. <http://avtotehnar.ru/resursy-importnyh-dvigately> [Elektronniy resurs].
17. http://www.interdalnoboy.com/2008/01/25/skolko_sluzhi_otechestvennyj_tjagach.html [Elektronniy resurs].