

УДК 681.3.06

DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.9\(40\).1.144-151](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.9(40).1.144-151)

М.В. Красота, доц., канд. техн. наук, **Ю.В. Кулешков**, проф., д-р техн. наук, **І.В. Шепеленко**, проф., д-р техн. наук, **Р.А. Осін**, доц. канд. техн. наук, **Т.В. Руденко**, доц., канд. техн. наук

*Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна
e-mail: krasotamv@ukr.net*

Дослідження шляхів підвищення оперативності виконання діагностичних операцій електронних систем автотракторної техніки

В роботі наведені результати пошуку шляхів зниження часу на проведення діагностичних операцій, що супроводжують технічні обслуговування та ремонти електронних систем управління автотракторної техніки.

З метою зменшення часу на виконання діагностичних операцій при проведенні технічних обслуговувань та ремонтів автотракторної техніки пропонується виконувати прогнозування залишкового ресурсу елементів електронних систем управління та вводити в регламент робіт по технічному обслуговуванні операції по визначенню остаточного ресурсу елементів електронних систем, а також регламентній заміні окремих елементів, що вичерпали свій ресурс та мають високу імовірність виходу з ладу.

Зміна регламенту проведення технічних обслуговувань дозволить зменшити час на діагностування потенційних несправностей елементів електронних систем і таким чином знизити час виконання діагностичних дій при проведенні можливих ремонтів систем управління. **діагностування, автотракторна техніка, електронна система управління, оперативність, технічне обслуговування, ремонт**

Постановка проблеми. Сучасні автотракторні засоби є складними технічними системами, в яких одночасно і взаємопов'язано функціонує значна кількість різних вузлів і агрегатів, для керування роботою яких все ширше використовуються електронні системи.

«Найдорожчими та технічно складними агрегатами автотракторних систем є двигун внутрішнього згорання (ДВЗ), трансмісія, підвіска, рульове управління, системи активної та пасивної безпеки, роботою яких керує електронна система управління (ЕСУ)» [1].

Застосування ЕСУ в транспортних засобах дає можливість добитися значних техніко-економічних характеристик функціонування їх систем при одночасному забезпеченні високих екологічних умов. Це можливо досягти за рахунок створення оптимальної за співвідношенням палива та повітря суміші на всіх режимах функціонування двигуна, дозування та подачі в камеру згорання і стабільного запалювання суміші, своєчасним перемиканням передач автоматичною трансмісією, налаштуванням параметрів рульового керування, керуванням спрацьовуванням гальм, підвіски та інших частин транспортних засобів.

В ЕСУ, так само, як і в інших електронних системах транспортних засобів, у процесі функціонування з часом з'являються відмови та несправності. За результатами аналізу експлуатаційної надійності транспортних засобів в наукових джерелах [1, 2] показано, що на несправності ЕСУ доводиться до 23...30% загальної кількості відмов автотракторної техніки. Відмови складових частин ЕСУ мають наслідки у вигляді

порушень функціонування інших систем транспортних засобів, а також в деяких випадках порушення ним працездатності та виникнення необхідності у виконанні дороговартісних ремонтів.

Наявність різного типу відмов істотно впливає на транспортний процес, який здійснюється автотракторною технікою. При появі відмов значний час виробничого часу витрачається на пошук несправностей та їх усунення, при цьому, якщо відмова трапляється в момент знаходження техніки на лінії, виникають додаткові витрати часу, пов'язані з транспортуванням машини до місця ремонту, пошук відмов та їх усунення. Якщо ці операції займають значний час – машина знаходиться в простой, що є небажаним.

Методи що використовуються для діагностування ЕСУ на сервісних підприємствах досить ефективні, але в значній мірі вимагають високої кваліфікації операторів-діагностів, а також застосування додаткового складного і дорогого обладнання, значної тривалості обслуговування та ремонту.

У зв'язку з цим доцільним напрямком досліджень є пошук шляхів зниження часу проведення діагностичних операцій, супутніх технічним обслуговуванням та ремонтам.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Одним із напрямків вирішення цього завдання є застосування технології комп'ютерного діагностування несправностей ЕСУ при проведенні технічного обслуговування транспортних засобів на сервісних підприємствах чи діагностичних дільницях на автотранспортних підприємствах. Значною мірою це стосується транспортних засобів, що функціонують в умовах жорстких кліматичних умов при високій вологості, значній запиленості та наявності вібрацій [1, 2, 3].

Відомі способи діагностування ЕСУ транспортних засобів [1, 2] у певній мірі функціональні, але у великій кількості випадків потребують значної кваліфікації сервісного персоналу, використання спеціалізованого вартісного устаткування, довготривалого обслуговування та ремонту, що у свою чергу підвищує трудомісткість сервісу, а також не забезпечує достатнього прогнозування несправностей та відмов електронних систем.

Отже, дослідження, які мають на меті підвищення ефективності виробничих процесів технічного обслуговування та поточних ремонтів ЕСУ з впровадженням діагностування електронних систем, є актуальними та необхідними для автомобільного транспорту.

В роботі [4] було досліджено основні шляхи удосконалення та чинники, що впливають на ефективність виконання технічних обслуговувань (ТО) та ремонтів. В роботі встановлено, що підвищення ефективності функціонування підсистем автотракторної техніки пов'язане з підвищенням якості проведення ремонтів, зниження часу на проведення ремонту та обслуговувань, підвищення достовірності діагностування несправностей, прогнозування відмов, застосування нових діагностичних засобів, що дозволяють в автоматичному режимі визначати несправності, підвищення кваліфікації персоналу шляхом покращення рівня його навчання, застосування продуктивного обладнання для проведення технічного обслуговування та ремонту машин.

В роботі [5] показано, що «найбільш перспективними напрямками є автоматизація управління процесом ТО та ремонту за результатами технічної діагностики агрегатів та систем, що вимагає застосування сучасних інформаційних технологій на всіх рівнях сервісу, починаючи з бортової електроніки машини та закінчуючи інформаційними системами, що охоплюю всі структури транспортного підприємства».

У роботі [6] розглянуто методи підвищення ефективності виробничої експлуатації та технічного сервісу транспортних та транспортно-технологічних машин

в агропромисловому комплексі (АПК). Наголошується, що нормативно-технічна документація є однією з головних складових системи технічної експлуатації машин. Одним із шляхів удосконалення організації ТО автомобілів є застосування комп'ютерних засобів для оперування нормативно-технічною документацією у процесі безпосереднього виконання операцій обслуговування.

У роботі [7] пропонується метод удосконалення технології ТО впровадженням прогресивної форми праці, як бригадний підряд, а також організованим технологічним процесом, що дозволяє значно скоротити простої техніки під час ТО, що підвищує відповідальність персоналу за якість виконуваних робіт.

Перспективним напрямком удосконалення ТО автомобілів є реалізація методу прогнозування параметрів стану агрегатів і вузлів автомобілів за результатами технічної діагностики [10]. Через значну трудомісткість і складність обчислень з прогнозування, відсутність систематизованих даних щодо реалізації на сьогоднішній день цей метод також не отримав практичного застосування.

Постановка завдання. Метою даного дослідження є пошук шляхів зниження виробничого часу, що витрачається на виконання діагностичних операцій при проведенні технічних обслуговувань або ремонтів електронних систем управління автотракторної техніки.

Викладення основного матеріалу. Подальші кроки досліджень зі створення системи сервісу автотракторної техніки здійснюються у напрямку удосконалення нових технологій виконання контрольних та діагностичних операцій через досить активне використання інтелектуальних засобів визначення та аналізу діагностичної інформації на базі комп'ютерної техніки.

Одним із найвагоміших чинників, що мають вплив на здійснення ТО та ремонтів транспортних засобів, є оперативність та якість проведення робіт [8, 9]. Оперативність і якість в значній мірі обумовлюється кваліфікацією сервісного персоналу та наявністю необхідної нормативно-технічної документації по об'єкту, що обслуговується чи ремонтується. Оперативність виконання робіт має безпосередній зв'язок з їх трудомісткістю [10].

Зважаючи на викладений вище аналіз джерел інформації, можливо зробити висновок, що резервом зниження часу на виконання ремонтів та ТО є зменшення тривалості виконання діагностичних операцій.

Отже, в даній роботі пропонується з метою підвищення оперативності виконання ТО і поточних ремонтів здійснювати прогнозування залишкового ресурсу складових елементів ЕСУ транспортних засобів в процесі проходження ними ТО, для подальшого зменшення трудомісткості виконання діагностувальних операцій та ремонтів.

Таким чином, діагностування, що здійснюється при виконанні ТО або ремонту повинно містити прогнозування залишкового ресурсу складових елементів системи. Також, для певних найвідповідальніших елементів ЕСУ (датчиків або виконавчих пристроїв) пропонується використовувати метод їх заміни при досягненні визначеного напрацювання за величиною пробігу (чи у мото-годинах) і не експлуатувати їх до досягнення непрацездатного стану. Такий метод організації сервісу автотракторної техніки дозволить знизити простої транспортних засобів при проведенні ремонтів та зменшить час, що витрачається на пошук несправностей електронних систем при виході з ладу їх окремих елементів.

У діючих нормативах ТО машин операції по здійсненню поточного контролю технічного стану ЕСУ, як правило, не передбачаються. При проведенні сервісних дій здійснюється лише перевірка наявності кодів несправностей, що записуються в пам'яті

електронного блоку управління ЕСУ, і тільки при їх наявності виконуються контрольно-діагностичні дії відповідно до інструкцій заводу-виробника. У випадку відсутності кодів несправностей у оперативній пам'яті блоку керування, ЕСУ вважається технічно справною та спеціальні перевірки не виконуються.

Однак, як показують виконані у даній роботі дослідження, лише через те, що помилок в пам'яті електронного блоку керування (ЕБК) не виявлено, не правильно робити висновок про те, що ЕСУ справна, тому що можуть мати місце несправності, при яких не записується код помилки. Це обґрунтовується тим, що ЕБК записує у пам'ять код несправності лише при невідповідності якогось діагностичного параметра із вказаного у програмі нормативного інтервалу. Наслідком цього є випускання на лінію після проведення ТО транспортних засобів, що містять приховані несправності ЕСУ, які проявлять себе при наступній експлуатації.

Для забезпечення достатнього рівня надійності ЕСУ необхідно при регламентній періодичності ТО транспортних засобів також проводити діагностичні операції перевірки технічного стану її складових на сервісних підприємствах і при цьому здійснювати прогнозування залишку ресурсу, при якому буде забезпечена справна робота.

Перевіряти технічний стан кожного елементу ЕСУ при виконанні регламентних робіт по ТО транспортного засобу економічно недоцільно, оскільки це тягне за собою значні матеріальні та трудові витрати.



Рисунок 1 - Схема діагностування ЕСУ з проведенням прогнозування надійності елементів
Джерело: розроблено авторами

До структури ЕСУ поруч із складовими, технічний стан яких можна перевірити шляхом контролю певних діагностичних параметрів, входять також конструктивні складові, що не мають проявів виходу з ладу.

Проконтролювати їх технічний стан і визначити несправності, що проявляються при здійсненні контрольно-діагностичних операцій в більшості випадків майже неможливо. Для цих складових ЕСУ слід використовувати методику заміни при досягненні певного напрацювання. В основному до таких складових можливо віднести датчики, частота відмов яких відповідає близько 30% від загальної кількості відмов ЕСУ.

В якості параметрів, що визначають їх надійність, можливо застосовувати інтенсивність відмов $\lambda(t) = f(t)/P(t)$, яка наочно демонструє залежність виникнення несправностей від пробігу транспортного засобу.

Результати отриманих досліджень залежностей зміни інтенсивності відмов $\lambda(t)$ свідчать, що у певних межах напрацювання датчиків зростає через отримання ними різних ушкоджень в процесі експлуатації.

У зв'язку з цим заміну відпрацьованих датчиків на нові пропонується здійснювати при досягненні цих значень напрацювань, оскільки наступна експлуатація з високим ступенем імовірності призведе до їх виходу з ладу.

Величина напрацювань до заміни датчиків системи управління коригується за допустимим рівнем ймовірності здійснення їх безвідмовної роботи.

Заміна датчиків до досягнення ними граничного стану дозволяє запобігти їх відмовам і забезпечує високий рівень надійної роботи при напрацюваннях між проведенням чергових регламентних обслуговувань автомобіля або трактора.

Тому, в процесі проведення ТО необхідно виконувати і визначення запасу інтервалу пробігу або мото-годин справної роботи складових ЕСУ.

При аналізі остаточного ресурсу ЕСУ застосовувалися статистичні методи аналізу залежностей, що описують закономірності зміни діагностичних параметрів при напрацюванні окремих датчиків ЕСУ.

Для структурних складових ЕСУ, які не мають проявів зміни технічного стану, величина напрацювань до їх заміни встановлювалася за результатами аналізу статистичних даних, що описують їхню експлуатаційну надійність.

У табл. 1 показано встановлені з використанням програмного забезпечення MathCad параметри безвідмовної роботи датчика тиску наддуву автомобіля Mercedes-Benz Sprinter.

Таблиця 1 - Статистичні дані аналізу безвідмовної роботи датчика тиску наддуву

Показник	Межі напрацювання, тис. км									
	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100	100-120	120-140	140-160	160-180	180-200
Частота відмов пі	2	0	0	1	0	1	0	25	39	47
Імовірність безвідмовного функціонування $P(t)$	0,97	0,97	0,97	0,96	0,96	0,95	0,94	0,74	0,39	0
Інтенсивність виявлення відмов $\lambda(t)10^{-4}$	0,87	0	0	0,44	0	0,45	0	12,5	29,2	91,10

Джерело: розроблено авторами

Оцінка отриманої залежності зміни інтенсивності відмов $\lambda(t)$ вказує на те, що у межах напрацювання 140 – 160 тис. км вона починає істотно зростати. Отже, заміну цього датчика на новий слід здійснювати при досягненні вказаного напрацювання, тому

що наступна експлуатація транспортного засобу без заміни з високою ймовірністю спричинить відмову.

Зважаючи на періодичність технічного обслуговування автомобілів та тракторів слід здійснювати заміну датчика тиску наддуву при виконанні планового ТО.

Аналогічним способом було встановлено рекомендовані напрацювання для заміни інших датчиків ЕСУ (табл. 2).

Таблиця 2 - Рекомендовані величини напрацювання до заміни елементів ЕСУ

Елемент ЕСУ	Середнє значення напрацювання до відмови, тис. км	Рекомендовані значення напрацювань до заміни, тис. км. (при регламентній періодичності ТО – 10 тис. км)
Датчик положення колінчастого валу	177,8	170
Датчик тиску палива	184,3	180
Датчик тиску наддуву	155,5	150
Датчик фаз (положення розподільного валу)	193,7	180
Датчик температури охолоджувальної рідини	178,5	160
Лямбда зонд (датчик кисню)	122,4	130

Джерело: розроблено авторами

Такий підхід дозволить скоротити час на проведення діагностичних операцій елементів ЕСУ, в разі виходу їх з ладу.

Недоліками даного методу можливо вважати потребу вести облік проведення робіт із заміни датчиків та прив'язку конкретного автомобіля чи трактора до одного сервісного пункту. Також, потрібно мати базу даних, що містить граничні напрацювання елементів ЕСУ для всіх автомобілів та тракторів.

Висновки.

1. Аналіз наукових публікацій показав, що для зменшення часу на виконання ТО і ремонтів електронних систем управління слід здійснювати прогнозування остаточного ресурсу складових частин ЕСУ транспортних засобів при виконанні чергового ТО, з метою наступного зменшення трудомісткості проведення діагностування та поточного ремонту, тобто операції, які проводяться при ТО або при ремонті повинні включати прогнозування залишкового ресурсу структурних складових електронної системи управління.

2. Для деяких найважливіших елементів ЕСУ транспортних засобів пропонується використовувати метод їх заміни при досягненні певного напрацювання в км або мото-годинах, а не при виході з ладу. Такий спосіб регламентної заміни елементів дасть можливість знизити простої машин в ремонті та зменшить час, що витрачається на пошук несправностей при виході з ладу складових ЕСУ.

3. Запропоновано спосіб встановлення конструктивних елементів, що обмежують надійність ЕСУ з урахуванням рівня впливу їх відмов на техніко-економічні показники двигуна та величини витрат на відновлення її працездатності. Наявність таких даних є основою для підтримання ЕСУ у працездатному стані.

4. Розроблений алгоритм пошуку прихованих несправностей конструктивних елементів підсистем ЕСУ, що включає прогнозування виходу з ладу елементів ЕСУ та дозволить знизити трудомісткість діагностичних операцій при проведенні ТО та ремонтів.

Список літератури

1. Канарчук В. Є., Полянський С. К., Дмитрієв М. М. Надійність машин: підручник. Київ: Либідь, 2003. 424 с.
2. Загальний підхід до формування моделей оцінювання технічного стану автомобіля в умовах експлуатації / Волков В. П. та ін. *Вісник машинобудування та транспорту*. 2019. №1. С. 27–37.
3. Аулін В. В., Панарін Д. Є. Удосконалення процесу технічного обслуговування автомобілів з використанням методів дистанційної електронної діагностики. *Машинобудування і транспорт*. 2014. Вип. 4. С. 88-91.
4. Хайменов О., Осін Р., Красота М. Дослідження шляхів підвищення ефективності технічних обслуговувань та ремонтів електронних систем автомобілів. *Збірник праць молодих науковців*. 2024. Вип. 14. С. 32-38.
5. Manasa K. V., Shashidhara K. S., Vinayaka Kulkarni Ananth Rao. Automation for Vehicle Communication Diagnostics. *IEEE 2nd Mysore Sub Section International Conference*, 16-17 October 2022. doi: 10.1109/MysuruCon55714.2022.9972561
6. Komorska I.M., Wołczyński Z., Borczuch A.D. Diagnosis of sensor faults in a combustion engine control system with the artificial neural network. *Diagnostyka*. 2019. № 20(4). P. 19-25. doi:10.29354/diag/110440.
7. Abdulaev E. K., Makharatkin P. N., Shihov A. I. Diagnostic methods and tools for truck parts and components. *Journal of Physics: Conference Series*. 2019. Т. 1384, №. 1. P. 012001.
8. Технічна експлуатація та надійність автомобілів : навч. посіб. / Форнальчик С.Ю., Олісевич М. С., Мاستикаш О. Л., Пельо Р. А. Львів : Афіша, 2004. 492 с.
9. Технічна експлуатація автомобілів: навч. посіб. / Дембіцький В.М., Павлюк В.І., Придюк В.М. Луцьк: Луцький НТУ, 2018. 473 с.
10. Коваленко В. М., Шуріхін В. К. Діагностика і технологія ремонту автомобілів : підручник. Київ : Літера ЛТД, 2017. 224 с.

References

1. Kanarchuk, V. Ye., Polians'kyj, S. K. & Dmytriiev, M. M. (2003). *Nadijnist' mashyn [Reliability of machines]*. Kyiv: Lybid' [in Ukrainian].
2. Volkov, V. P. et al. (2019). *Zahal'nyj pidkhd do formuvannia modelej otsiniuvannia tekhnichnoho stanu avtomobilia v umovakh ekspluatatsii [A general approach to the formation of models for evaluating the technical condition of a car in operating conditions]*. *Visnyk mashynobuduvannia ta transportu - Herald of mechanical engineering and transport, 1*, 27-37 [in Ukrainian].
3. Aulin, V. V. & Panarin, D. Ye. (2014). *Udoskonalennia protsesu tekhnichnoho obsluhovuvannia avtomobiliv z vykorystanniam metodiv dystantsijnoi elektronnoi diahnostryky [Improving the process of car maintenance using methods of remote electronic diagnostics]*. *Mashynobuduvannia i transport - Mechanical engineering and transport, 4*, 88-91 [in Ukrainian].
4. Khajmenov, O., Osin, R. & Krasota, M. (2024). *Doslidzhennia shliakhiv pidvyschennia efektyvnosti tekhnichnykh obsluhovuvan' ta remontiv elektronnykh system avtomobiliv [Research of ways to improve the efficiency of technical services and repairs of electronic systems of cars]*. *Zbirnyk prats' molodykh naukovtsiv - Collection of works of young scientists, 14*, 32-38 [in Ukrainian].
5. Manasa K. V., Shashidhara K. S. & Vinayaka Kulkarni Ananth Rao (2022). *Automation for Vehicle Communication Diagnostics. IEEE 2nd Mysore Sub Section International Conference*. 16-17 October 2022. doi: 10.1109/MysuruCon55714.2022.9972561. [in English].
6. Komorska, I.M., Wołczyński, Z. & Borczuch, AD (2019). *Diagnosis of sensor faults in a combustion engine control system with the artificial neural network. Diagnostyka. 20(4)*, 19-25. doi:10.29354/diag/110440 [in English].
7. Abdulaev, E. K., Makharatkin, P. N. & Shihov A. I. (2019). *Diagnostic methods and tools for truck parts and components. Journal of Physics: Conference Series, 1384, 1*, 012001 [in English].
8. Fornal'chuk, Ye.Yu., Olyshevych, M. S., Mastykash, O. L. & Pel'o, R. A. (2004). *Tekhnichna ekspluatatsiia ta nadijnist' avtomobiliv [Technical operation and reliability of cars]*. L'viv : Afisha [in Ukrainian].
9. Dembits'kyj, V.M., Pavliuk, V.I. & Prydiuk, V.M. (2018). *Tekhnichna ekspluatatsiia avtomobiliv [Technical operation of cars]*. Luts'k: Luts'kyj NTU [in Ukrainian].
10. Kovalenko, V. M. & Schurikhin, V. K. (2017). *Diahnostryka i tekhnolohiia remontu avtomobiliv [Diagnostics and technology of car repair]*. Kyiv : Litera LTD [in Ukrainian].

Mykhailo Krasota, Assoc. Prof., Phd tech. sci Yuriy Kuleshkov, Prof. DSc., Igor Shepelenko, Prof. DSc., Ruslan Osin, Assoc. Prof., Phd tech. sci, Timofey Rudenko, Assoc. Prof., Phd tech. sci, Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

The research of ways of efficiency increasing of electronic car system diagnostic operations

The purpose of this study is to find ways to reduce production time spent on diagnostic operations during maintenance or repair of electronic control systems (ECS) in automotive vehicles.

Existing methods of diagnosing engine control systems in vehicles are sufficiently effective, but in most cases, they require highly skilled personnel, the use of additional complex and expensive equipment, prolonged service cycles, which in turn increases the complexity of maintenance, and also does not provide for prior prediction of faults and system failures.

Analysis of scientific publications has shown that to reduce the time for maintenance and repair of electronic systems, it is necessary to predict the residual life of ECS components in vehicles during maintenance, to further reduce the labor intensity of diagnostics and current repairs. In other words, diagnostics performed during maintenance or repair should include predicting the residual life of electronic system components.

For the most critical ECS components in vehicles, it is proposed to apply a strategy of replacing them upon reaching a certain mileage, rather than upon failure. This organization method will reduce vehicle downtime in repair and reduce the time to troubleshoot ECS component failures.

A method has been proposed for identifying design elements that limit the reliability of the ECS, taking into account the degree of influence of their failures on the engine's technical and economic characteristics and the cost of restoring its performance. The availability of such information is the basis of the ECS maintainability support system.

An algorithm has been developed to search for hidden faults in the components of ECS subsystems, which includes predicting the failure of ECS components. This will help reduce the labor intensity of diagnostic operations during maintenance and repair.

diagnostics, tractor equipment, electronic control system, operational efficiency, maintenance, repair

Одержано (Received) 10.01.2024

Прорецензовано (Reviewed) 11.03.2024

Прийнято до друку (Approved) 25.03.2024

УДК 621.891+539.538:621

DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.9\(40\).1.151-164](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.9(40).1.151-164)

В.В. Аулін¹, проф., д-р техн. наук, **О.В. Кузик¹**, доц., канд. техн. наук, **С.В. Лисенко¹**, доц., канд. техн. наук, **А.Б. Гупка²**, доц., канд. техн. наук, **А.В. Гриньків¹**, ст. дослідник, канд. техн. наук, **І.В. Жилова¹**, асист.

¹ *Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна*
e-mail: AulinVV@gmail.com

² *Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль, Україна, e-mail: gupkab@gmail.com*

Методика розрахунку основних характеристик підшипників ковзання систем і агрегатів автомобілів та аналізу їх трибологічної ефективності

Запропоновано методику розрахунку основних характеристик підшипників ковзання систем і агрегатів автомобілів. Зазначений методичний підхід є важливим при оцінці показників трибологічної ефективності спряжень деталей, вузлів, систем і агрегатів та експлуатаційної надійності автомобілів в цілому.

Модель спрацювання підшипника дає можливість сформулювати заходи щодо підвищення трибологічної ефективності спряжень деталей та рівня експлуатаційної надійності вузлів, систем і агрегатів і автомобілів в цілому. Крім цього параметри моделі спрацювання реагують і на режими тертя.

© В.В. Аулін, О.В. Кузик, А.Б. Гупка, А.В. Гриньків, І.В. Жилова, 2024