

УДК 629.33:001.895

[https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11\(42\).2.313-327](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11(42).2.313-327)

Т. М. Надич, В. В. Аулін, проф., д-р техн. наук.,  
А. В. Гриньків, ст. дослідник, канд. техн. наук, В. В. Слонь, канд. техн. наук  
Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна  
e-mail: AulinVV@gmail.com

## Методи і заходи удосконалення системи технічного сервісу вантажних автомобілів на основі кіберфізичного підходу і розробки науково-технічної документації його операцій

Стаття присвячена системі інформаційного забезпечення проведення операцій технічного обслуговування, технічного діагностування і поточного ремонту вантажних автомобілів на підприємствах технічного сервісу. Розглянуто питання інтеграції науково-технічної документації щодо проведення технологічних операцій технічного сервісу вантажних автомобілів, згідно принципів кіберфізичного підходу, єдиного інформаційного простору.

З'ясовані нові можливості системи технічного сервісу вантажних автомобілів з розвитком інтелектуальних інформаційних технологій і кіберфізичного підходу, коли формується єдиний інформаційний простір. Наведено взаємозв'язок нормативно-документального і інформаційного забезпечення із задачами технічного сервісу вантажних автомобілів. Визначено, що їх частка в усьому технологічному процесі технічного сервісу складає у середньому 40%, а розроблена інформаційна база призводить до скорочення його тривалості на 20%.

Розроблено схему реалізації системи управління технічним станом вантажних автомобілів. Показана роль оператора в ефективності і надійності надання послуг з операцій технічного сервісу та зростання вимог у випадку включення системи технічного сервісу до єдиного інформаційного простору кіберфізичної системи. Визначено, що ефективність інформаційної бази даних залежить від її структури, кількості і складу автоматизованих робочих місць.

З'ясовано систему інформаційного супроводу технічного обслуговування та технічної діагностики, методологію створення інформаційної системи використанням кіберфізичного підходу єдиного інформаційного простору. Показано вплив такого простору і методів штучного інтелекту прийняття рішень на якість надання послуг технічного сервісу вантажних автомобілів. Встановлено, що інтранет та інтернет-технології з переходом до мережевих комп'ютерних технологій забезпечують оперативний облік інформації, що сприяє підвищенню ефективності робіт технічного обслуговування і ремонту на підприємствах автомобільного транспорту та підприємств технічного сервісу при значному зниженні трудовитрат. Розроблено версію програми "АвтоКаталог", що представляє собою довідково-інформаційну систему і стосується вантажних автомобілів, їх конструкції та технологічних операцій технічного сервісу.

**вантажний автомобіль, технічний стан, технічний сервіс, кіберфізичний підхід, інформаційний простір, науково-технічна документація, база даних**

**Постановка проблеми.** Відомо, що показники ефективності експлуатації вантажних автомобілів, визначаються технічним станом парку машин та продуктивністю праці водіїв [1].

Кіберфізичний підхід в проблемі забезпечення належного рівня технічного стану парку машин та його ефективність обумовлюється формуванням інформаційного простору з використанням нормативно-технічної документації з технічного обслуговування і ремонту (ТОіР), бази даних за технічною діагностикою (ТД) та інформаційних технологій її формування та обробки [2].

Чинне нормативно-документальне забезпечення ТОіР вузлів, систем, агрегатів та автомобілів у цілому не адаптоване до інтеграції науково-технічної документації (НТД) в єдину інформаційну систему. Воно також слабо адаптоване до впровадження

інноваційних рішень у цій сфері [5]. У контексті експлуатації та технічного обслуговування вантажних автомобілів (ВА), що базується на концепції кіберфізичних систем (КФС), подібні питання розглядаються ізольовано одне від одного [4]. Розвиток та впровадження КФС у транспортній галузі стикається з труднощами через відсутність чітких методологічних основ, недостатню розробку принципів їх побудови та нез'ясованість особливостей функціонування. Зокрема, для ВА досі не створено інформаційного компонента, який би забезпечував формування повноцінного інформаційного простору КФС технічного сервісу [6,7,9].

Визначено, що НТД, необхідна для організації системи технічного сервісу (ТС) та технічної експлуатації машин парку транспортних засобів (ТЗ). НТД технічного діагностування ТО і Р, постійно уточнюється, розвивається та коригується відповідно до нових умов експлуатації ВА та їх конструктивних характеристик. Зазначені особливості враховуються в НТД, беручи до уваги підбір, систематизацію та оновлення компонентів і підходів. На увагу заслуговує кіберфізичний підхід та створення кіберфізичної системи ТС [8,10]. Це обумовлено тим, що на практиці фахівці витрачають багато часу при використанні та оперуванні НТД. Нерідко використовуються застарілі або неповні комплекти НТД під час організації і проведення операцій ТС, а на практиці спостерігається складність та багатогранність технологічних операцій обслуговування ВА, що обумовлює зниження якості надання ТС [11-12]. Зазначені складнощі усуваються вдосконаленням організації ТС вантажних автомобілів виділенням інформаційної підсистеми КФС ТС застосуванням комп'ютерних засобів і інформаційних технологій для оперування НТД. Насьогодні це потребує нових проєктів, прикладних комп'ютерних програм і розробки алгоритмів їх впровадження на автотранспортних підприємствах (АТП) і підприємствах ТС (ПТС). В зв'язку з цим розробка прийомів та методів організації та проведення ТС ВА в КФС є безумовно актуальним завданням сучасної інженерної науки в галузі автомобільного транспорту.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Автомобільний транспорт (АТ) є одним із засобів, що дає змогу підвищити продуктивність праці, в різних галузях економіки України [4,9]. При цьому його частка в зростанні продуктивності праці становить від 40 до 50%. В той час частка перевезень автомобільним транспортом загалом сягає 60...80%. Це обумовлюється мобільністю і надійністю ТЗ АТ та порівняно низькою собівартістю перевезень і прийнятним радіусом перевезень.

Що стосується технічного стану ТЗ на АТ, то вони мають недостатній рівень. Вузли, системи і агрегати, особливо ВА вітчизняного виробництва характеризуються високою спрацьованістю. Виробнича база АТ потребує істотного удосконалення [13-16]. Спостерігається експлуатація рухомого складу (РС) парку машин понад нормативний термін служби і навіть в критичному стані. Виявлено, що 29% фонду робочого часу, становлять простоя ТЗ, обумовлені відмовами та рядом технічних причин, а залишковий ресурс ВА не перевищує 15...25% від вихідного. Рівень забезпеченості галузей економіки України ВА не повною мірою відповідає потребам [17-18]. Недостатня забезпеченість товаровиробників ВА та зниження її технічного рівня негативно позначаються на реалізації ТС.

Вітчизняні ВА за рівнем енергонасиченості, а також техніко-економічними параметрами (паливної економічності) суттєво поступаються закордонним аналогам. Це є однією з причин, що не дозволяє істотно підвищити їхню продуктивність і знизити втрати продукції. В той час підтримка належного технічного рівня ВА потребують збільшення витрат [8,19,20].

Заходи щодо забезпечення працездатності автопарку проводяться за рахунок вдосконалення виконання технологічних операцій з ТО і Р. При цьому необхідність експлуатації техніки, що виробила ресурс, створює велике додаткове навантаження на ремонтні служби АТП і підприємств ТС. У той же час перенесення основних обсягів робіт з відновлення працездатності машин призвело до зниження якості ТС через

відсутність відповідних виробничих потужностей та недостатньої оснащеності обладнання для проведення ТД стану ВА і кваліфікацію працівників [15,21,22].

ВА експлуатуються в різних дорожніх і кліматичних умовах. Це зумовлює дії пов'язані з впливом механічних, фізичних та інших, різних за природою, факторів і спричиняють зміну їх технічного стану [14,23,24].

Збільшення швидкості руху ВА, його інтенсивності, підвищення потужності двигунів, вантажопідйомності та місткості ВА обумовлюють посилення вимог до експлуатаційної надійності, технологічних та організаційних зв'язків ПАТ та ПТС.

Експлуатаційну надійність ВА можливо забезпечувати підвищенням рівня самої надійності ВА, їхніх вузлів, систем та агрегатів при проектуванні та виробництві шляхом виготовлення деталей з використанням інноваційних матеріалів, що мають високі експлуатаційні характеристики та властивості. Це можливо здійснити і за рахунок удосконалення методів та способів системи ТС її забезпеченням найбільш сприятливих умов експлуатації [16,17,23,24].

Велика роль у підвищенні якості експлуатації ВА, раціональному використанні їхнього ресурсу, своєчасному виявленні та запобіганні відмов належить ТО і ТД. Керування технічним станом ВА є проблемою парку машин, яка може бути вирішена вдосконаленням методів та засобів системи ТС [4-7]. Своєчасне та якісне ТО і поточний ремонт (ПР) ВА підвищує рівень експлуатаційної надійності. ТО і ПР ВА забезпечують безвідмовну роботу вузлів, систем і агрегатів у встановлених межах періодичностей, згідно пробігу ВА.

ТС нових ВА охоплює етапи початкової та основної експлуатації. До складу операцій ТОіР входять також заходи з контролю технічного стану. Оцінювання технічного стану ВА полягає у фіксації реальних значень технічних параметрів і виявленні характерних якісних ознак, з подальшим їх порівнянням із нормативними вимогами, встановленими відповідною [2,3,5,6].

Основним засобом реалізації контрольних заходів виступає ТД, яка дозволяє здійснювати оцінку та управління технічним станом автомобіля, його систем, вузлів та агрегатів без демонтажу. Після завершення процедур контролю для усього парку ВА формується перелік необхідних робіт з ТО і Р, а також визначаються методи усунення виявлених несправностей і пошкоджень [13-15,26]. Завдяки впровадженню доступних діагностичних засобів, активного поширення набули профілактичні обслуговуючі заходи, що виконуються за результатами діагностичних висновків щодо технічного стану ВА.

У країнах Європейського Союзу та США існують суттєві відмінності у формах і підходах до виконання ТО та ТД [27-28]. Наприклад, у Польщі активно використовуються мобільні сервісні майстерні під назвою «Технічна допомога», у Болгарії змінюють інтервали між обслуговуваннями, а в Угорщині технічне обслуговування здійснюється щотижня на спеціалізованих сервісних підприємствах. У Румунії передбачено регулярне виконання ЩО, ТО-1 та ТО-2. У Німеччині функціонують як кооперативні центральні станції, так і мобільні бригади. У Чехії діє розгалужена мережа станцій, які виконують повний спектр робіт з ТО і ТД.

У таких країнах, як США, Велика Британія, Італія та Німеччина [3,9], реалізовано комплексну систему ТО і ТД, що інтегрується ще на етапах проектування, розробки й серійного виробництва ВА. Система технічного обслуговування та ремонту діє протягом усього життєвого циклу транспортного засобу. Виробники несуть основну відповідальність за забезпечення технічної справності ВА, що включає постачання запасних частин, організацію обслуговування, заправки, кріплення, змащування, а також використання як стаціонарних, так і мобільних засобів ТО і ТД, з визначенням відповідного обсягу робіт. Широкого поширення набули невеликі ремонтні пункти, розташовані поблизу місць стоянки або базування ВА, що сприяє мінімізації простоїв під час експлуатації [8].

**Метою** цієї роботи є з'ясування основних методів і заходів удосконалення системи технічного сервісу вантажних автомобілів забезпеченням ефективної реалізації його операцій на основі кіберфізичного підходу і розробки відповідної науково-технічної документації.

**Виклад основного матеріалу.** Технічний сервіс є основним видом виробничого обслуговування на АТП і ПТС. Рівень роботи цих АТП і АТС значною мірою впливає на ефективність використання ВА. У вітчизняній практиці цей вид діяльності склався у формі внутрішньогосподарського обслуговування АТП ремонтно-технічними підрозділами та спеціалізованими ПТС.

З урахуванням сучасних умов, перспектив розвитку та вимог до ТО, ТД і ПР автотранспортних засобів (АТЗ), формується відповідна організаційна структура ТС. Варто зауважити, що операції з ТО та ремонту належать до трудомістких процесів, які забезпечують належний технічний стан АТЗ. Від якісного виконання цих процесів значною мірою залежать безвідмовна робота, довговічність, збереження технічних характеристик і загальна ефективність експлуатації транспортних засобів.

У зв'язку з тим, що значна частина потужностей обслуговуючої інфраструктури ПТС була комерціалізована та переорієнтована, частка участі водіїв у проведенні операцій технічного обслуговування за останні роки зросла до 85 %.

Дослідження показали, що для забезпечення належного рівня якості та ефективності експлуатації АТЗ, водії мають щоденно витратити не менше 1,0...1,5 години на виконання ТО і додатково 0,5...1,0 години на регульовальні та налаштувальні технологічні операції. Проте прагнення збільшити продуктивний час зміни призводить до скорочення тривалості підготовчих операцій з підготовки АТЗ, що негативно впливає на ефективність їх використання. Встановлено, що простої ТЗ з технічних причин можуть сягати до 30 % від загального фонду робочого часу. У таких умовах технічна готовність автотранспорту знижується до 55...70 %, а витрати на обслуговування при неефективній системі ТС можуть перевищити витрати на виробництво техніки. Отже, забезпечення технічної справності АТЗ набуває особливого значення, що значною мірою залежить від обраних форм і методів організації технічного сервісу.

На загальнодержавному рівні АТП формують єдину підсистему ТО. Для цього створюються дилерські центри та дистриб'юторські організації, що забезпечують постачання запасних частин. Додатково вони надають послуги з навчання персоналу, забезпечують довідковими матеріалами й технічною документацією, а також постачають обладнання для виконання сервісних робіт. Варто зазначити, що гарантійне ТО дилерами здійснюється безкоштовно лише за умови використання оригінальних витратних матеріалів, вироблених підприємствами-виробниками АТ. Після завершення гарантійного строку технічне обслуговування проводиться безпосередньо автотранспортними підприємствами або відповідними підрозділами ТС.

Аналізуючи стан ТС АТЗ, слід констатувати, що протягом останніх десятиліть він не зазнав істотного розвитку відповідно до вимог державної політики та науково-технічного прогресу. Попри розширення мережі СТО, машинно-технологічних станцій (МТС) і спеціалізованих ремонтних підприємств, такий підхід вичерпав себе і в сучасних умовах втрачає актуальність. У зв'язку з цим модернізація системи ТС АТЗ має здійснюватися шляхом трансформації її внутрішньої організації та концептуального переосмислення як складової КФС.

Одним із ключових напрямів розвитку ТС є організація високоякісного обслуговування автомобілів на вторинному ринку. Реформування системи ТС має на меті підвищення рівня наданих послуг з ТО ТЗ. На якість виконання технічних робіт в АТП та ПТС суттєво впливають: ступінь забезпеченості сучасним обладнанням, професійна підготовка персоналу, якість використовуваних запасних частин (ЗЧ), ефективність організації виробничих процесів, а також нормативне й методичне

забезпечення виконання процедур ТО та ТД.

За результатами оцінок, система ТС ВА може забезпечувати до 25 % загальної ефективності технічної експлуатації автомобілів (ТЕА). Згідно з даними ДЕРЖСТАНДАРТ України, оптимізація системи ТС дозволяє скоротити тривалість операцій ТО і ТД на 8...12 %. У свою чергу, це сприяє збільшенню напрацювання автомобіля на 20...28 % і зростанню його продуктивності на 34...46 %.

На сучасному етапі технічне обслуговування ВА посідає важливе місце в його життєвому циклі (ЖЦ). Розподіл трудових витрат протягом усього ЖЦ автомобіля свідчить: лише 1,5 % припадає на процес виготовлення, 45,5 % – на ТО, 45 % – на поточний ремонт, а ще 8 % – на капітальний ремонт. Таким чином, сектор технічного обслуговування, як ключовий елемент системи ТС, вимагає належної уваги з боку організацій, що забезпечують надійну експлуатацію АТЗ.

Результати опитування водіїв за розробленими анкетами щодо проведення ТОіР ВА наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Результати обробки анкет, які пропонувалися водіям вантажних автомобілів щодо використання сервісних послуг

Де проводиться технічне обслуговування і поточний ремонт вантажних автомобілів?	Розподіл відповідей, %	
	2014 р.	2024 р.
Обслуговуємо техніку лише самі	63,2	5,5
В основному намагаємось обслуговувати свою техніку самі	32,8	36,1
Звертаємось за обслуговуванням у спеціалізовані Підприємства досить часто	3,6	38,9
Обслуговуванням нашої техніки займаються тільки спеціалізовані підприємства	0,4	19,5

*Джерело: розроблено авторами*

Слід відзначити суттєву зміну ставлення водіїв до процедур ТО ВА. За останній період спостерігається зростання кількості підприємств, які звертаються за наданням сервісних послуг до ПТС. Водночас, аналіз зворотного зв'язку свідчить про наявність певних проблем у сфері обслуговування. Так, 10 % респондентів відзначили незадовільну якість послуг, 8 % вказали на недостатній рівень професійної підготовки персоналу, 9,3 % – на надмірну тривалість очікування обслуговування, а близько 9 % звернули увагу на значну складність та трудомісткість процедур оформлення документації.

Серед основних показників, що засвідчують вплив професійної майстерності водіїв і персоналу технічного обслуговування на ефективність ТЕА, особливу роль відіграють показники експлуатаційної надійності та економічності ВА. До таких показників належать, зокрема, напрацювання до відмов чи несправностей, тривалість простоїв з причин технічного обслуговування, обсяги витрат запасних частин, рівень споживання пального, а також інтервали між черговими ТОіР. За попередніми оцінками, сумарний вплив рівня кваліфікації персоналу на технічну готовність автопарку та витрати на технічне обслуговування становить близько 33...36 %, при цьому внесок обслуговуючого персоналу оцінюється на рівні 64...67 %.

Інтеграція засобів ТД у систему ТО дає змогу суттєво підвищити її ефективність, зокрема за рахунок запобігання потенційним відмовам, скорочення кількості зайвих монтажних операцій, а також більш повного використання залишкового ресурсу машин. Діагностування технічного стану являє собою комплекс заходів, спрямованих на встановлення фактичного технічного стану транспортного засобу з подальшим визначенням необхідних ремонтно-обслуговуючих дій. За наявності відповідного технічного оснащення та економічної доцільності, процес діагностики може бути повністю реалізований безпосередньо на базі АТП. Практика впровадження

діагностичних процедур свідчить про можливість збільшення міжремонтного ресурсу в 1,3...1,5 раза, зниження кількості відмов у 2,0...2,5 раза, а також зменшення витрат пального на 5...8 %.

Подальший розвиток системи ТОiP за технічним станом орієнтується на впровадження сучасних технологій контролю та діагностики, з урахуванням активного використання інтелектуальних вимірювальних засобів і комп'ютеризованої обробки діагностичних даних. Водночас нормативно-документальне забезпечення процедур ТО та ТД залишається недостатньо врегульованим. На сьогодні як в Україні, так і за її межами, тривають науково-дослідні роботи, спрямовані на вдосконалення методів ТО на основі автоматизованого контролю технічного стану ТЗ.

Серед перспективних напрямів досліджень особливу увагу приділено розробці методів і відповідних технологій діагностування технічного стану АТЗ на основі аналізу швидкоплинних процесів, що виникають під час роботи двигуна у перехідних і тестових режимах – вільного розгону, пробігу тощо. Визначено також пріоритетні напрями досліджень, що стосуються виявлення найбільш інформативних динамічних характеристик, здатних слугувати основою для об'єктивного оцінювання технічного стану окремих вузлів і агрегатів автомобіля.

У той же час, з урахуванням нових тенденцій щодо перерозподілу робіт з ТС з підприємств у технічні центри, не повною мірою задовольняють вимоги функціонування ВА у галузях економіки:

- не можуть поєднувати в комплексі роботи з ТО та ТД автомобілів;
- не мають достатньої інформаційної бази даних (ІБД) у плані інформаційних технологій, що знижує оперативність ТО та ТД автомобілів;
- необґрунтований набір інструментів та обладнання зумовлює необґрунтоване подорожчання ТО і ПР;
- не достатньо враховують впровадження у АТП сучасної техніки нового покоління;
- не мають універсального застосування, внаслідок чого більшу частину часу за терміном служби простоюють, особливо у зимовий період.

На сьогодні існують спроби створення таких комплексів. Але вони також мають ряд недоліків, що знижують їх ефективність: відсутність наукової обґрунтованості базового комплексу та комплектації, відсутність інформаційного блоку. Розробляються сімейство діагностичного та іншого сервісного обладнання, техніко-економічні моделі та методи підвищення ефективності використання ТС ВА на основі оптимізації розподілу механізованих та ремонтно-обслуговуючих робіт між виконавцями, обґрунтування виробничих параметрів станцій та їх структур з ТС машин та обладнання.

Велике значення питанням організації обслуговування, діагностування, спеціалізованого ТО та ТД, створення форм та засобів ТО надається і за кордоном. Наявність спеціалізованих діагностичних станцій у Франції, Німеччині, США та Канаді дозволило знизити повернення машин після обслуговування на 90% та скоротити час перебування на ПТС при ТО та ТД від 0,5 до 0,15 години.

Система ТС, дозволяє підвищити ефективність використання ВА за рахунок узгодженої роботи різних ланок та покращення нормативно-документального (НДЗ) і інформаційного забезпечення (ІЗ). Зазначене враховано і було виділено підсистему завдань ТС, на вирішення яких істотно впливає розроблені НДЗ та ІЗ. Схему взаємодії завдань ТС та НДЗ і ІЗ наведено на рис. 1.

Аналіз рис.1 свідчить, що функціонування підсистеми (2) залежить від сукупності налагодженого НДЗ і ІЗ. Вона зумовлює підвищення ефективності вирішення завдань (1) і (3). Визначено, що рівень впливу НДЗ і ІЗ на функціонування підсистем (4)-(9) становить 50...60 %. Функціонування підсистем (1)-(4), (5)-(9) пов'язане з підвищенням такого показника експлуатаційної надійності ВА:

напрацювання на відмову. Це підвищить ефективність ТС ВА та зменшить час простою машин за рахунок скорочення тривалості операцій ТС.

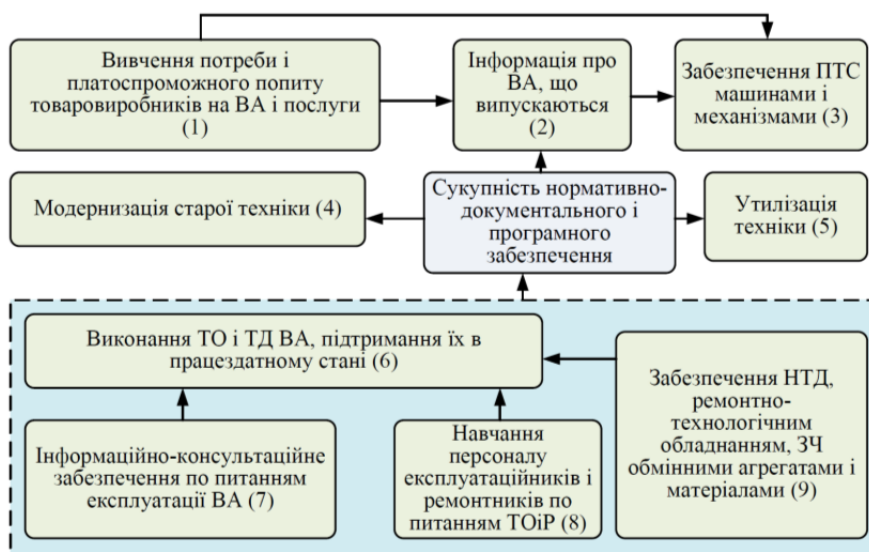


Рисунок 1– Взаємозв'язок нормативно-документального та інформаційного забезпечення та завдань якісного виконання технічного сервісу вантажних автомобілів

Джерело: розроблено авторами

У загальній структурі технологічного процесу технічного сервісу (ТС) частка НДЗ та ІЗ складає приблизно 40%. Завдяки впровадженню створеної інформаційної бази (ІБ) час, необхідний для опрацювання інформації, зменшується вдвічі, що, у свою чергу, дозволяє скоротити загальну тривалість технологічного процесу ТС орієнтовно на 20%.

Перевага надається досконалії і ефективній схемі управління процесами ТС ВА з визначенням стану вузлів, систем і агрегатів шляхом інструментального діагностичного контролю. Ефективним перебігом в системі ТС є автоматизація управління процесом за результатами ТД вузлів, систем і агрегатів із впровадженням сучасних ІТ. Це слід реалізовувати, починаючи з бортового комп'ютера та мехатроніки ВА і закінчуючи КФС ТС.

В даній роботі запропоновано при проведенні операцій ТОіР використовувати НТД базу даних та баз знань спеціалістів (рис. 2).

Аналіз і вивчення завдань, що вирішуються в межах системи ТО, дозволили дійти висновку, що її вдосконалення повинно здійснюватися шляхом інтеграції сучасних інформаційних технологій і раціонального використання НДЗ та ІЗ.

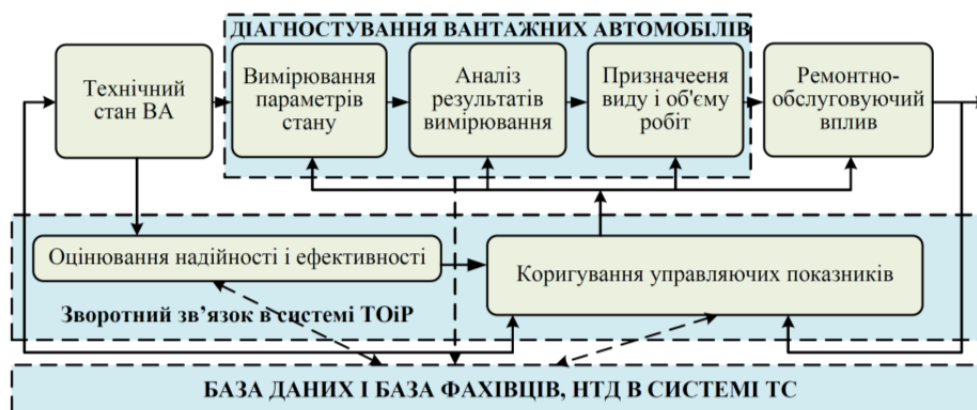


Рисунок 2 – Схема реалізації системи управління технічним станом вантажних автомобілів

Джерело: розроблено авторами

На сьогодні більшість питань, пов'язаних з технічним обслуговуванням високотехнологічного обладнання, вирішується безпосередньо оператором і значною мірою залежить від його професійного рівня. Це зумовлює актуальність розробки інтелектуальних систем підтримки діяльності оператора, орієнтованих на застосування НДЗ та ІЗ для забезпечення якісного виконання комплексу обслуговуючих операцій. Одним із перспективних напрямів у цьому контексті є створення експертних систем, що спеціалізуються на конкретних предметних галузях.

Головною перевагою подібних рішень є побудова інтелектуальних інформаційних систем (ІС) на основі експертного досвіду фахівців – конструкторів, інженерів-випробувачів, експлуатаційників. Насамперед мова йде про комп'ютерні функціональні системи (ФС) технічного сервісу, знання яких можна легко оновлювати та адаптувати до нових умов, а також масштабувати на інші об'єкти.

Міжнародний досвід демонструє, що створення ІС або комп'ютерні ФС, призначених для підтримки інтелектуальної діяльності персоналу, є складною науково-технічною задачею. У сфері експлуатації ВА такі питання розглядалися лише частково. Водночас на практиці їхнє впровадження ускладнюється відсутністю ефективних методів формалізації знань з предметних галузей, а також недоліком інженерних підходів до розробки таких систем. Наразі на ринку відсутні ІБД цього рівня.

Попри це, сучасні світові тенденції однозначно свідчать, що впровадження НДЗ та ІЗ у контексті життєвого циклу ТС є одним із ключових напрямів у підвищенні якості ТО. У цьому зв'язку актуальним стає створення нових методів ТО ВА з використанням інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень, зокрема ІС та комп'ютерних ФС ТС.

Для конкретного підприємства є можливість розробки індивідуальної бази даних (ІБД) для ТОiP, яку можна ефективно застосовувати під час створення ІС ТО в межах будь-якого АТП.

Ефективність впровадження ІБД визначається її структурною організацією, чисельністю та складом автоматизованих робочих місць (АРМ), переліком функціональних завдань, що вирішуються, а також використовуваними технічними засобами. Застосування ІБД підвищує ефективність не лише праці персоналу, але й загальної продуктивності виробничих процесів.

Серед основних чинників, які впливають на якість роботи системи ТО, особливе значення мають оперативність та якість виконуваних операцій. Ці показники значною мірою залежать від професійної підготовки виконавців, а також наявності актуальної НТД і повної інформації щодо об'єкта обслуговування.

Оперативність обслуговування безпосередньо пов'язана з трудомісткістю робіт, під якою розуміють витрати праці на виконання певної операції або їх сукупності в конкретних умовах. Вимірюється трудомісткість у нормо-одинацях – людино-годинах або людино-хвилинах – і поділяється на нормативну та фактичну.

Фактична трудомісткість  $t_{\phi}$  визначає реальні витрати часу, необхідні виконавцю для виконання конкретної операції:

$$t_{\phi} = (t_{on} + t_{nz} + t_{obc} + t_{eid})K_n, \quad (1)$$

де  $t_{on} = t_{oc} + t_{ood}$  – оперативна тривалість часу проведення операції ТО;

$t_{oc}$  – основна тривалість часу здійснення операції ТО;

$t_{ood}$  – час забезпечення можливості здійснення операції

$t_{nz}$  – підготовчо-заклучний час, що необхідний для ознайомлення фахівці (оператора) з інформацією по проведенню робіт, ТС вузлів, систем і агрегатів ВА та ін.;

$t_{obc}$  – час для обслуговування робочого місця;

$t_{eid}$  – час для перерви та відпочинку оператора;

$K_n$  – кратність повторення операцій ТО.

Фактичний час виконання операцій ТО має ймовірнісну природу і його значна варіація залежить від технічного стану та терміну служби ВА, умов виконання операцій ТО і Р, обладнання, кваліфікації персоналу та інших факторів, як правило, фактичний час відрізнятиметься від нормативного. Тривалість виконання аналогічних операцій у операторів вищої кваліфікації менша, ніж у операторів, що мають нижчу кваліфікацію.

Операції ТО ВА часто виконуються з технологічно пов'язаними повторюваними операціями супутнього поточного ремонту малої трудомісткості.

Аналіз факторів низької якості виконання операцій ТС представлено у вигляді причинно-наслідкової діаграми (рис.3).

Виявлено, що дослідження причин дефектів вузлів, систем і агрегатів ВА необхідно передусім визначати за категорією "порушення технології ТО і Р операторами". Зазначене становить 35...44 % від сукупності ряду причин.

Однією з основних умов ефективної організації та виконання операцій ТОiР вантажних автомобілів (ВА) є забезпечення кожного фахівця та виконавця повним комплектом НТД і керівних матеріалів, що охоплюють усі аспекти підготовки та реалізації технічних заходів. Крім того, необхідно впроваджувати засоби автоматизованого розрахунку прогнозних і оціночних показників на основі результатів діагностики.

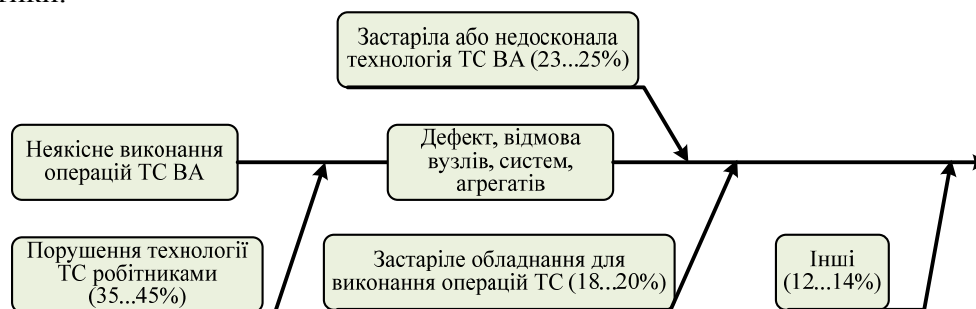


Рисунок 3 – Блок-схема причинно-наслідкової діаграми впливу факторів на виконання низької якості операцій технічного сервісу

Джерело: розроблено авторами

У зв'язку з цим однією з нагальних проблем удосконалення системи ТО і Р є інтеграція в її структуру інформаційно-консультаційного супроводу, а саме – створення бази НДЗ та ІЗ, що стосуються процесів технічного обслуговування і ремонту вантажних автомобілів.

Необхідність впровадження інформаційних ресурсів і сучасних інформаційних технологій у процес модернізації систем ТО та ТД обумовлена такими чинниками:

- зростаюча складність конструкцій вантажних автомобілів, обладнання та інструментів, що супроводжується відповідним збільшенням обсягів інформації;
- розвиток ринкових відносин, подорожчання інформаційних ресурсів і їх фрагментація у численних публікаціях, що обмежує доступ до необхідних даних для ефективного діагностування, обслуговування і прогнозування технічного стану.

Усе це зумовлює потребу в централізації релевантної інформації у спеціалізованих інформаційних відділах промислових АТП і ПТС, що дозволить істотно підвищити ефективність управління процесами ТО і Р вантажних автомобілів.

Основним завданням НДЗ і ІЗ є скорочення часу знаходження та систематизації інформації з метою задоволення інформаційних потреб фахівців, що стосується системи ТОiР. Тому актуальним є завдання створення нового інформаційного середовища НТД із КФС, заснованого на електронних ресурсах. Це дає можливість не тільки зберегти, провести пошук, передати і використати наявні знання, але й генерувати нову інформацію. Формування нового інформаційного середовища на базі комп'ютерних мереж та інтернету вимагає його більш повним і якісним наповненням

загальнодоступними базами та даними, експертними та рекомендованими системами. Крім того вони повинні бути здатними функціонувати як загальнодоступні. При цьому забезпечується розширення інформаційного сервісу і в подальшому якісному функціонування системи ТС в КФС. У найближчій перспективі питання автоматизації та інформатизації системи технічного сервісу матимуть першорядне значення.

Подібні питання розробки НДЗ і ІЗ дотепер не мали системного фрагментарний характеру. Впровадження таких систем на практиці стримується труднощами математичної формалізації знань та невідосконаленістю методів інженірингу. Належний рівень її використання ще не отримав розвитку і потребують спеціальних досліджень. До цього часу на інформаційному ринку відсутні бази такого класу.

В даний час ведуться роботи зі створення ІС обслуговування на смартфоні. Вирішено завдання формування спеціалізованої ІБД з технічної експлуатації ВА у вигляді локального інформаційного фонду (ЛІФ), що містить всі необхідні фактографічні дані, а також знання концептуально-алгоритмічного та інших видів цієї проблематики.

На даний момент розроблено ІС у вигляді трьох складових. Перші дві складові з них носять загальний характер, а третя орієнтована на рішення конкретної, цілком певної задачі квазіенциклопедії з технічної експлуатації ВА та розглядається система інформаційного супроводу ТО та ТД.

Нові інформаційні технології контролю реалізовані технічними пристроями на основі мікропроцесорної техніки та, зокрема, персонального комп'ютера (ПК). Такі технічні рішення дозволяють інтенсифікувати контроль у напрямку, або збільшення кількості контрольних операцій, або застосування апарату прогнозування для розрахунку термінів обслуговування за результатами попереднього контролю. Однак, існуючі технічні рішення з цього питання в нових режимах функціонування системи ТО і Р ВА часто не є ефективними. Тому їх необхідно вдосконалювати. З цією метою розроблено аналітичні методи проектування технологічного процесу експлуатаційного контролю в системі ТО та створено нові оперативні технічні засоби.

На теперішній час є окремі наукові розробки орієнтовані на створення певних компонентів та складових НДЗ і ІЗ фахівців інженерно-технічної системи, бази фактографічних та інших даних, що розміщуються у спеціальних центрах для того, щоб будь-який працівник галузі міг би звернутися із запитом до них для отримання відповідної інформації. Водночас система НДЗ і ІЗ має бути доповнена локальними інформаційними фондами, подібно до того, коли поряд з великими бібліотеками існують невеликі бібліотеки різних підприємств і навіть особисті бібліотеки, які успішно виконують багато функцій НДЗ і ІЗ різних категорій працівників.

Зібрано та систематизовано інформаційний матеріал про ремонтно-технологічне обладнання (РТО), що випускається підприємствами України, та розроблену НТД з обслуговування ВА, і дозріла необхідність сформувати окремим блоком інформаційний матеріал процесів ТО ВА. Розроблені заходи щодо підвищення ефективності сервісного обслуговування АТП за рахунок встановлення виробничих параметрів та складу центральної ремонтно-технічної бази, покращення кадрового забезпечення на підставі розподілу та організації робіт з технічного сервісу.

По НДЗ і ІЗ інженерно-технічної сфери розроблено методологію створення інформаційних систем, що дозволяє реалізувати в єдиному інформаційному середовищі автоматизований інформаційний супровід ВА протягом його повного життєвого циклу (тобто CALS-технології). Розроблено також узагальнений метод формування та використання баз даних на основі знань фахівців, що включає в себе: методики оцінки та відбору експертів; методику оцінки та відбору інформації для формування БД; методику розподілу документів за тематиками та їх значущістю; методику пошуку необхідної та достатньої для фахівця інформації. При цьому програмні продукти дозволяють фахівцям та керівнику АТП, ПТС отримувати необхідну та достатню

інформацію для прийняття правильних та ефективних рішень.

В основу розроблених програм для ПК, закладено принцип діагностування, заснований на аналізі вихідних динамічних характеристик об'єкта. Програма дозволяє переглядати будь-яку обрану ділянку осцилограми шляхом її укрупнення. Основна відмінність даного діагностичного комплексу полягає в тому, що програма, встановлена в будь-який персональний комп'ютер з невеликою кількістю елементів, що перетворюють. Це дозволяє не просто візуально спостерігати за процесами в діагностованих об'єктах, але аналізувати і робити висновок за результатами діагностики. Висновок визначається без участі оператора, що дозволяє уникнути помилок, пов'язаних з його кваліфікацією та досвідом, а вартість такого обладнання значно нижча за вартість стаціонарних мотор-тестерів.

На кафедрі експлуатації та ремонту машин розроблено теоретичні основи ТД агрегатів та систем ВА, що реалізують принципи автоматичного управління ймовірними методами у складі об'єднаної діагностичної системи (ОДС), до якої входять безліч оснащених локальними діагностичними комплексами (ЛДК) постів діагностування. У процесі виведення діагностики на окремому посту відбувається обмін інформацією з іншими постами через сервер ОДС. Результати діагностування накопичуються та обробляються, стаючи невід'ємною частиною самої діагностичної системи.

Така накопичена інформація дає уявлення про вік ВА, проведені операції ТО і Р. А особливо вона важлива, коли несправність є наслідок неправильно виконаного оператором операцій ТО і РР. Це дозволяє формувати апріорну інформацію про об'єкти, аналогічні не тільки за модифікаціями, але й за умовами технічної експлуатації.

Одним з методів та способів підвищення якості проведення операцій з ТО і Р ВА, з наявними на сьогоднішній день технічними засобами та працівниками різної кваліфікації, пропонується використання ІС та методів ШІ прийняття рішень. При цьому застосовуються нові ІТ. З'ясовано наукові основи формування системи інформаційної підтримки ТО і Р ВА та ефективне використання обладнання виробничого підприємства, прийоми формування ІБ ТО і Р та її оптимізація при управлінні ТО і Р. Одним із способів оптимізації ІС пропонується загальний файловий блок-генератор, який здатний створювати шаблони документів.

Розглядалися питання ІЗ при організації та проведенні ТО автомобілів, досліджували джерела та методи отримання інформації, а також використання комп'ютерної та мережевої техніки при управлінні виробництвом АТП. Встановлено, що інтранет та інтернет-технології з переходом до мережевих комп'ютерних технологій забезпечують оперативний обмін інформації, що сприяє підвищенню ефективності робіт на підприємствах ТОіР при значному зниженні трудовитрат;

В напрямку дослідження методів комп'ютерної діагностики ВА проводились роботи зі створення стендів модульного типу, що реалізують енергозберігаючі методи діагностування гальмівних якостей сучасних автомобілів, у т.ч. і з антиблокувальними системами. Об'єднано у єдину інформаційну мережу сукупність діагностичної інформації, отриманої від багатьох об'єктів та засобів діагностування, автоматизовано технологію діагностування.

Проведено удосконалення фірмового обслуговування автомобілів у дилерсько-сервісних центрах з використанням ІБ. Розроблена ІС дилерсько-сервісного центру для забезпечення можливості вибору раціональних рішень з управління складною системою фірмового обслуговування автомобілів на основі аналізу статистичної інформації та комп'ютерного експерименту на імітаційній моделі.

Показано, що удосконалення управління якістю ТО можливо проводити на основі застосування нової ІТ. Шляхи підвищення ефективності обробки інформації при управлінні якістю ТО проводили на основі розробки та застосування ІТ, що адаптується до специфіки діяльності АТП і ПТС шляхом розробки програмного комплексу на ПК

для комп'ютерного НДЗ і ІЗ системи управління якістю проведення операцій ТО.

Розроблено кілька версій програми "АвтоКаталог", що представляє собою довідково-інформаційну систему. АвтоКаталог є електронним каталогом запчастин, комп'ютерним довідником з інформацією про налаштування різних марок автомобілів. Але водночас цей каталог не містить усієї інформації, необхідної для проведення технологічних процесів ТО автомобілів. В програмі відображені основні аспекти НДЗ і ІЗ технічної експлуатації ВА. Зазначимо, що спеціальні дослідження з нормативно-документальної підтримки ТО ВА, ще не були проведені в джерелах інформації, в яких представлені описи виконання операцій ТО і ТД, слюсарно-монтажних інструментів, контрольно-вимірвальних приладів, витратних матеріалів у відповідності до нормативних потреб.

Для спрощення технологічної інформації та НДЗ і ІЗ робочого місця оператора за видами робіт ТО автомобілів розроблені операційні карти, які включають певні компоненти інформації по ТО автомобілів. Однак отримані зазначені матеріали в багатьох випадках мають узагальнений характер, а тому користувач повинен добре володіти відомостями про особливості проведення операцій ТО стосовно конкретної моделі автомобілів. Це зумовлює досить високий рівень підготовки спеціаліста (оператора) з обслуговування автомобілів. Дані матеріали ще не достатньо не досконалі, потребують доповнення новою інформацією з урахуванням модернізації та внесення конструктивних змін до автомобіля. Крім того, операції ТД та ТО необхідно коректно взаємопов'язувати в процесі ТС автомобілів.

#### **Висновки.**

1. Визначено, що раціональна організація технічного обслуговування і операцій технічного діагностування дає можливість скоротити тривалість проведення ТО на 8...12%, збільшити напрацювання на автомобіль на 20...28%, підвищити його продуктивність на 34...46%. Застосування технічної діагностики сприяє підвищенню міжремонтного ресурсу вантажних автомобілів у 1,3...1,5 рази, зниженню частоти відмов у 2,0...2,5 рази, а також забезпечує економію палива на рівні 5...8%.

2. Встановлено, що ефективність проведення операцій з технічного обслуговування та технічного діагностування вантажних автомобілів безпосередньо залежить від професійної підготовки та практичного досвіду виконавців (операторів), а також від забезпеченості повним комплектом нормативно-технічної документації щодо об'єкта обслуговування та наявності методичних матеріалів, які регламентують організацію й виконання обслуговування. Додатковим чинником виступає наявність інструментів для автоматизованого розрахунку прогностичних і оціночних показників на основі результатів діагностичних процедур.

3. Виявлено, що наявне інформаційне забезпечення процесів технічного обслуговування та діагностування вантажних автомобілів є недостатньо ефективним та вимагає комплексної модернізації. Рекомендовано впровадження системного підходу на основі концепції кіберфізичних систем, зокрема створення інтегрованої кіберфізичної інфраструктури в сфері автомобільного транспорту, технічного сервісу та обслуговування. Існуюча система нормативно-технічної документації повинна бути представлена як інтегративна і об'єднана в єдине ціле застосуванням новітніх ефективних інформаційних технологій та використанням прогресивного програмного забезпечення.

4. Аналіз сучасних розробок у сфері інформаційного забезпечення та управління системами технічного сервісу парку вантажних автомобілів свідчить, що вони здебільшого охоплюють окремі аспекти підвищення технічної ефективності та сервісного обслуговування. Основна увага в них зосереджена на створенні ізольованих функціональних елементів інформаційного забезпечення для фахівців інженерно-технічної служби. Водночас цілеспрямовані дослідження з формування комплексної

системи інформаційного управління та підтримки процесів технічного обслуговування вантажних автомобілів залишаються недостатньо опрацьованими.

5. Що стосується питань розробки комп'ютеризованого нормативно-документального забезпечення, то вони розглядаються фрагментарно. Створення і впровадження таких інформаційних систем обумовлюється недостатньою формалізацією знань з теорії технічної експлуатації і сервісу вантажних автомобілів, а також спостерігається відсутність ефективних методів побудови таких систем. В даній роботі наголошується на необхідності розробки комплексу комп'ютеризованого нормативно-документального забезпечення проведення операцій технічного сервісу вантажних автомобілів з розробкою відповідних їх алгоритмів.

## Список літератури

1. Аулін В. В., Бруцький О. П. Забезпечення та підвищення експлуатаційної надійності транспортних засобів на основі використання методів теорії чутливості. *Вісник інженерної академії України*. 2015. №3. С. 66–72.
2. Аулін В. В., Гриньків А. В. Методика вибору діагностичних параметрів технічного стану транспортних засобів на основі теорії сенситивів. *Науковий журнал Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів*. Харків: ХНТУСГ, 2016. №5. С. 109–116.
3. Аулін В. В., Гриньків А. В., Головатий А. О. Кіберфізичний підхід при створенні, функціонуванні та удосконаленні транспортно-виробничих систем. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. 2020. №3(34). С. 331–343.
4. Аулін В. В., Гриньків А. В. Кіберфізичний підхід в дослідженні стану технічних систем. *Підвищення надійності машин і обладнання*. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції, 15–17 квітня 2020 р., Кропивницький: ЦНТУ, 2020. С. 168–169.
5. Аулін В. В., Замота Т. М., Гриньків А. В., Лисенко С. В., Крупиця О. В., Панайотов К. К. Обґрунтування використання сучасних підходів для вдосконалення діагностування систем та агрегатів автомобіля. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. 2019. №2(33). С. 65–75.
6. Ван Чунжі, Яцишин С. П., Лиса О. В., Мідик А.-В. В. Кіберфізичні системи та їх програмне забезпечення. *Вимірвальна техніка та метрологія: міжвідомчий науково-технічний збірник*. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2018. Том 79, №1. С. 34–38.
7. Голембо В., Бочкарьов О. Підходи до побудови концептуальних моделей кіберфізичних систем. *Вісник Національного університету Львівська політехніка. Серія Комп'ютерні науки та інформаційні технології*. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2017. №864. С. 168–178.
8. Волков В. П. та ін. Інформаційні системи моніторингу технічного стану автомобілів. Харків: ФЛП Панов А. М., 2018. 299 с.
9. Мельник А. О., Мельник В. А., Глухов В. С., Сало А. М. Кіберфізичні системи: багаторівнева організація та проектування. Львів: Магнолія 2006, 2024. 238 с.
10. Матейчик В. П. та ін. Особливості моніторингу стану транспортних засобів з використанням бортових діагностичних комплексів. *Управління проектами, системний аналіз і логістика*. 2014. №13. С. 126–138.
11. Павленко В. М., Кужель В. П., Хорін М. Є. Сутність автомобільної діагностики при впровадженні експертних систем. *Вісник машинобудування*. 2020. №2(12). С. 85–92.
12. Аулін В. В., Гриньків А. В., Лисенко С. В. та ін. Принципи побудови та функціонування кіберфізичної системи технічного сервісу автотранспортної та мобільної сільськогосподарської техніки. *Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів*. Харків: ХНТУСГ, 2020. №22. С. 162–174.
13. Сахно В. П., Біліченко В. В., Іванушко О. М. Визначення вагових коефіцієнтів для побудови математичної моделі коректування періодичності проведення технічного обслуговування і ремонту. *Вісник машинобудування та транспорту*. Вінниця: ВНТУ, 2017. №2(6). С. 141–149.
14. Сахно В. П., Іванушко О. М. Вплив умов експлуатації та системи технічного обслуговування і ремонту на технічний стан автотранспортних засобів. *Вісник Національного транспортного університету. Серія Технічні науки*. Київ: НТУ, 2017. №1(37). С. 363–372.
15. Сахно В. П., Іванушко О. М. Коректування періодичності технічного обслуговування автотранспортних засобів з метою попередження більшості відмов. *Вісник Національного транспортного університету. Серія Технічні науки*. Київ: НТУ, 2019. №1(43). С. 167–177.
16. Aulin Victor, Lyashuk Oleg, Lysenko Serhii, Tson Oleg, Hrynkiv Andrii, Rozhko Nataliia. Extension of the service term of the resource-determining elements of vehicle units based on the artificial neural network model of their defects. *Procedia Structural Integrity*. 2024. Vol. 59. Pp. 436–443.
17. Aulin Victor, Mytnyk Mykola, Hrynkiv Andrii, Holovaty Artem, Lysenko Sergii, Plekan Uliana. Prediction of recognized defect combinations in the parts of automobile units, systems, and assemblies using artificial neural network method. *Procedia Structural Integrity*. 2024. Vol. 59. Pp. 444–451.
18. Marjani M. et al. Big IoT Data Analytics: Architecture, Opportunities, and Open Research Challenges. *IEEE Access*. 2017. Vol. 5. Pp. 5247–5261.

19. Shibaev D. S. et al. Data Control in the Diagnostics and Forecasting the State of Complex Technical Systems. *Herald of Advanced Information Technology*. 2019. Vol. 2. Iss. 3. Pp. 183–196.
20. Dubois D., Prade H. Possibility Theory: An Approach to Computerized Processing of Uncertainty. New York: Plenum Press, 1988. 280 p.
21. Gayathri T. A Survey on Vehicle Health Monitoring and Prediction System. *International Journal of Computer Science Trends and Technology*. 2017. Vol. 5. Iss. 3. Pp. 191–193.
22. Horvath I., Gerritsen B. H. M. Cyber-Physical Systems: Concepts, technologies and implementation principles. *Proceedings of TMCE 2012*. 2012. Pp. 19–36.
23. Jianjun S. et al. The analysis of traffic control Cyber-physical systems. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*. 2013. Vol. 96. Pp. 2487–2496.
24. Khaitan et al. Design Techniques and Applications of Cyber Physical Systems: A Survey. *IEEE Systems Journal*. 2014. Vol. 9, No. 2. Pp. 1–16.
25. Do P. et al. Multi-agent deep reinforcement learning-based maintenance optimization for multi-dependent component systems. *Expert Systems with Applications*. 2024. Vol. 245. Article 123144.
26. Naryal E., Kasliwal P. Real time vehicle health monitoring and driver information display system based on CAN and Android. *International Journal of Advance Foundation and Research in Computer*. 2014. Vol. 1, No. 11. Pp. 76–84.
27. Gritsuk I. et al. The Complex Application of Monitoring and Express Diagnosing for Searching Failures on Common Rail System Units. *SAE Technical Paper*. 2018.
28. Shafi U. et al. Vehicle Remote Health Monitoring and Prognostic Maintenance System. *Journal of Advanced Transportation*. 2018. Vol. 2018. Pp. 1–10.

## References

1. Aulin, V. V., & Brutskiy, O. P. (2015). Ensuring and increasing operational reliability of vehicles based on the use of sensitivity theory methods. *Visnyk Inzhenernoyi Akademiyi Ukrayiny*, (3), 66–72.
2. Aulin, V. V., & Hryn'kiv, A. V. (2016). Methodology for selecting diagnostic parameters of technical condition of vehicles based on sensitivity theory. *Scientific Journal "Technical Service of Agro-Industrial, Forestry and Transport Complexes"*, (5), 109–116. Kharkiv: KhNTUSG.
3. Aulin, V. V., Hryn'kiv, A. V., & Holovaty, A. O. (2020). Cyber-physical approach in creation, functioning, and improvement of transport-production systems. *Central Ukrainian Scientific Bulletin. Technical Sciences*, 3(34), 331–343.
4. Aulin, V. V., & Hryn'kiv, A. V. (2020). Cyber-physical approach in research of technical systems condition. In *Increase of machine and equipment reliability: materials of the International scientific-practical conference* (pp. 168–169). Kropyvnytskyi: CNTU.
5. Aulin, V. V., Zamota, T. M., Hryn'kiv, A. V., Lysenko, S. V., Krupytzia, O. V., & Panaiotov, K. K. (2019). Justification of using modern approaches to improve diagnostics of vehicle systems and units. *Central Ukrainian Scientific Bulletin. Technical Sciences*, 2(33), 65–75.
6. Van Chunji, Yatsyshyn, S. P., Lysa, O. V., & Midyk, A.-V. V. (2018). Cyber-physical systems and their software. *Measurement Techniques and Metrology: Interdepartmental Scientific and Technical Collection*, 79(1), 34–38. Lviv: Lviv Polytechnic Publishing.
7. Holembo, V., & Bochkariov, O. (2017). Approaches to building conceptual models of cyber-physical systems. *Bulletin of the National University "Lviv Polytechnic". Series: Computer Science and Information Technologies*, (864), 168–178. Lviv: Lviv Polytechnic Publishing.
8. Volkov, V. P., et al. (2018). *Information systems for monitoring the technical condition of vehicles* (299 p.). Kharkiv: FLP Panov A. M.
9. Melnyk, A. O., Melnyk, V. A., Hlukhiv, V. S., & Salo, A. M. (2024). *Cyber-physical systems: multi-level organization and design* (Monograph). Lviv: Magnolia 2006.
10. Mateichyk, V. P., et al. (2014). Features of vehicle condition monitoring using onboard diagnostic systems. *Project Management, Systems Analysis and Logistics*, (13), 126–138.
11. Pavlenko, V. M., Kuzhel, V. P., & Khorin, M. Ye. (2020). Essence of automobile diagnostics in implementation of expert systems. *Machinery Bulletin*, 2(12), 85–92.
12. Aulin, V. V., Hryn'kiv, A. V., Lysenko, S. V., et al. (2020). Principles of construction and functioning of cyber-physical technical service systems for automotive and mobile agricultural machinery. *Technical Service of Agro-Industrial, Forestry and Transport Complexes*, (22), 162–174. Kharkiv: KhNTUSG.
13. Sakhno, V. P., Bilichenko, V. V., & Ivanushko, O. M. (2017). Determination of weight coefficients for building a mathematical model to correct the periodicity of maintenance and repair. *Machinery and Transport Bulletin*, 2(6), 141–149. Vinnytsia: VNTU.
14. Sakhno, V. P., & Ivanushko, O. M. (2017). Impact of operation conditions and maintenance systems on the technical condition of vehicles. *Bulletin of National Transport University. Technical Sciences Series*, 1(37), 363–372. Kyiv: NTU.
15. Sakhno, V. P., & Ivanushko, O. M. (2019). Correction of vehicle maintenance periodicity to prevent most failures. *Bulletin of National Transport University. Technical Sciences Series*, 1(43), 167–177. Kyiv: NTU.
16. Aulin, V., Lyashuk, O., Lysenko, S., Tson, O., Hryn'kiv, A., & Rozhko, N. (2024). Extension of the service term of the resource-determining elements of vehicle units based on the artificial neural network model of their defects. *Procedia Structural Integrity*, 59, 436–443.

17. Aulin, V., Mytnyk, M., Hryn'kiv, A., Holovaty, A., Lysenko, S., & Plekan, U. (2024). Prediction of recognized defect combinations in parts of automobile units, systems, and assemblies using artificial neural network method. *Procedia Structural Integrity*, 59, 444–451.
18. Marjani, M., Nasaruddin, F., Gani, A., Karim, A., Hashem, I. A. T., Siddiq, A., & Yaqoob, I. (2017). Big IoT data analytics: Architecture, opportunities, and open research challenges. *IEEE Access*, 5, 5247–5261.
19. Shibaev, D. S., Sokolov, V. V., & Samokhin, A. A. (2019). Data control in diagnostics and forecasting the state of complex technical systems. *Herald of Advanced Information Technology*, 2(3), 183–196.
20. Dubois, D., & Prade, H. (1988). *Possibility theory: An approach to computerized processing of uncertainty*. New York: Plenum Press.
21. Gayathri, T. (2017). A survey on vehicle health monitoring and prediction system. *International Journal of Computer Science Trends and Technology*, 5(3), 191–193.
22. Horvath, I., & Gerritsen, B. H. M. (2012). Cyber-physical systems: Concepts, technologies and implementation principles. In *Proceedings of TMCE 2012* (pp. 19–36).
23. Jianjun, S., & coauthors. (2013). The analysis of traffic control cyber-physical systems. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 96, 2487–2496.
24. Khaitan, S. K., & coauthors. (2014). Design techniques and applications of cyber-physical systems: A survey. *IEEE Systems Journal*, 9(2), 1–16.
25. Do, P., & coauthors. (2024). Multi-agent deep reinforcement learning-based maintenance optimization for multi-dependent component systems. *Expert Systems with Applications*, 245, Article 123144.
26. Naryal, E., & Kasliwal, P. (2014). Real-time vehicle health monitoring and driver information display system based on CAN and Android. *International Journal of Advance Foundation and Research in Computer*, 1(11), 76–84.
27. Gritsuk, I., & coauthors. (2018). The complex application of monitoring and express diagnosing for searching failures on common rail system units. *SAE Technical Paper*.
28. Shafi, U., & coauthors. (2018). Vehicle remote health monitoring and prognostic maintenance system. *Journal of Advanced Transportation*, 2018, 1–10.

**Taras Nadych**, Viktor Aulin, Prof., Dr. Tech. Sci., **Andrii Hryn'kiv**, Senior Researcher, PhD tech. sci., **Viktor Slon**, PhD tech. sci.

*Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine*

### **Methods and Measures for Improving the Technical Service System of Trucks Based on a Cyber-Physical Approach and the Development of Scientific and Technical Documentation of its Operations**

The article is devoted to the information support system for carrying out technical maintenance operations, technical diagnostics and current repairs of trucks at technical service enterprises. The issue of integrating scientific and technical documentation for carrying out technological operations of technical service of trucks, according to the principles of the cyber-physical approach, a single information space, is considered.

New possibilities of the technical service system of trucks with the development of intelligent information technologies and the cyber-physical approach, when a single information space is formed, are clarified. The relationship of regulatory and documentary and information support with the tasks of technical service of trucks is given. It is determined that their share in the entire technological process of technical service is on average 40%, and the developed information base leads to a reduction in its duration by 20%.

A scheme for implementing a system for managing the technical condition of trucks is developed. The role of the operator in the efficiency and reliability of the provision of technical service operations and the growth of requirements in the case of including the technical service system in the unified information space of the cyber-physical system are shown. It is determined that the effectiveness of the information database depends on its structure, number and composition of automated workplaces. The information support system for technical maintenance and technical diagnostics, the methodology for creating an information system using the cyber-physical approach of the unified information space are clarified. The influence of such a space and artificial intelligence methods of decision-making on the quality of technical service services for trucks is shown. It is established that intranet and Internet technologies with the transition to network computer technologies provide operational accounting of information, which contributes to increasing the efficiency of technical maintenance and repair work at road transport enterprises and technical service enterprises with a significant reduction in labor costs. A version of the "AutoCatalog" program has been developed, which is a reference and information system and concerns trucks, their design and technological operations of technical service.

**truck, technical condition, technical service, cyber-physical approach, information space, scientific and technical documentation, database**

*Одержано (Received) 12.05.2025*

*Прорецензовано (Reviewed) 15.05.2025*

*Прийнято до друку (Approved) 20.05.2025*