

О.П. Сакно, к.т.н., доц.
О.В. Лукічов, к.т.н., доц.
Донецька академія автомобільного транспорту, м. Донецьк
С.В. Мельничук, к.т.н., доц.
Житомирський державний технологічний університет

КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД ДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

В статті розглянуто комплексний підхід до надійності транспортних засобів, що базується на класичному підході до надійності, або «механічній надійності» всієї транспортної системи. Запропонована функціональна структура системи технічного обслуговування і ремонту (ТО і Р). Також змодельована структура отримання підвищеної надійності автотранспортних засобів (АТЗ). Проаналізовані базові, технологічні, методологічні параметри, що впливають на надійність. Встановлено, що за рахунок аналізу та синтезу статистичних та експериментальних даних з надійності окремих елементів систем та підсистем АТЗ та складових системи ТО і Р в єдиному інформаційному полі, що дозволяє здійснювати управління їх ресурсом та надійністю.

Ключові слова: надійність, технічне обслуговування, аналіз, ресурс.

Вступ. Постановка проблеми. Розвиток промисловості тісно пов'язаний зі збільшенням транспортних переміщень, як в межах одного регіону, так і межах держави, або між державами. Це приводить до збільшення потреби в транспортних засобах з підвищеною інтенсивністю їх експлуатації й відповідно в підвищенні вимог до їх надійності. При цьому необхідно враховувати, що на підтримку автотранспортної техніки в технічно справному стані витрачається значно більше коштів та часу, чим на їх виробництво. Отже, навіть невелике якісне поліпшення організації ТО і Р, його якості та надійності, можуть дати значний техніко-економічний ефект. Тим більше, що умови експлуатації транспорту в державі достатньо екстремальні й витрати на підтримку відповідного рівня технічної готовності автомобільного парку значно перевищують визначені нормативні значення. У зв'язку з тим, що запропоновані техніко-економічні нормативи, методологія їх встановлення, оцінки і коректування, зважаючи на відсутність достатніх даних в кожному конкретному регіоні, недостатньо відображають реальний процес підтримки в працездатному стані АТЗ поставлене завдання – підвищення ефективності комплексного забезпечення їх надійності. Рішення даної задачі покликане підвищити ефективність роботи експлуатаційної та технічної служби АТП, підвищити точність обліку фондів підприємств.

Аналіз публікацій. Аналіз останніх досліджень і публікацій свідчить, що проблема підвищення надійності автомобільного транспорту та ефективності його ТО і Р, з урахуванням реальних умов експлуатації АТЗ є актуальною. Питанням дослідження основних принципів забезпечення працездатності АТЗ, на основі дослідження їх надійності, присвячені роботи Аніловича В.Я., Бажинова О.В., Варфоломєєва В.М., Говорущенка М.Я., Гринченка О.С., Крагельського І.В., Кравченка О.П., Кузнецова Є.С., Кухтова В.Г., Лебедева А.Т., Пронікова О.С., Полянського О.С., Подригало М.А. та багатьох інших авторів. Також вони багато уваги приділяли ролі саме організації системи технічної експлуатації АТЗ в поліпшенні основних показників надійності, а саме довговічності, безпеки, роботоспроможності.

Аналіз досліджень Репіна С.В., Гріффа М.І., Канторера С.Е., Ковальова А.П. показує, що ефективність експлуатації машин значною мірою визначається рівнем їх надійності, що формується на всіх етапах життєвого циклу. Окрім зниження ефективності та продуктивності, недолік надійності підвищує техногенний ризик (Болотін В.В., Половко А.М., Едельман В.І.), що характеризує імовірність відмов транспортних засобів, що призводять до аварій, економічних, екологічних й інших видів збитку, і що знижують зрештою ефективність. Тому особливо важливо управляти надійністю саме на етапі експлуатації, коли АТЗ реалізує своє призначення, для чого також необхідно враховувати суб'єктивні фактори та психофізіологічний стан всього персоналу, що пов'язаний з виконанням транспортної роботи.

Метою статті є удосконалення комплексного підходу до забезпечення надійності транспортних засобів на всіх етапах його життєвого циклу, на підставі системного аналізу складових, що впливають на показники надійності.

© О.П. Сакно, О.В. Лукічов, С.В. Мельничук, 2014 дження природи надійності на різних рівнях її конкретизації робить практично необхідною і теоретично значимою розробку діалектики і методології технічного обслуговування сучасної автомобільної техніки. Відомо, що надійність – це, перш за все, онтологічний чинник, який об'єктивно властивий матеріальним системам; вона досліджується цілим

рядом спеціальних наук: прикладною математикою, технічною теорією надійності, теорією інформації, інженерною психологією та ін.

З технічного боку «ненадійність» АТЗ позначається на вартості продукції, тимчасових витратах, а також психологічно – у вигляді незручності, а також загрожує безпеці окремих людей і навіть всієї країни (Д. Ллойд, М. Ліпов). У зв'язку з цим слід пам'ятати, що «reliability is everybody's business» («надійність – справа кожного»).

Для АТЗ вирішення проблеми надійності пов'язане з розвитком теорії надійності, яка є науковим напрямом, що базується на методах теорії імовірності і дозволяє виробити дійсні об'єктивні наукові критерії: Її математичний апарат дає можливість оцінювати якість всієї транспортної системи кількісними характеристиками. Інформаційні процеси, що пов'язані з системою функціонуванням АТЗ та системи їх ТО і Р, в більшості випадків мають яскраво виражений імовірнісний характер. Тому при кількісному підході до надійності, як властивості системи ефективно функціонувати на необхідному рівні, можна виділити один з критеріїв надійності – імовірність збереження системою експлуатаційних якісних характеристик протягом певного заданого проміжку часу при заданій меті її функціонування. Для АТЗ це спосібність виконувати транспортну роботу в необхідному обсязі та в установлені терміни.

Необхідно підкреслити, що розвиток теорії надійності йде по 3 напрямках:

- вивчення проблеми структури надійності, що пов'язана з визначенням загальної надійності складних пристроїв при різному з'єднанні елементів і з розробкою методики вибору елементів і вузлів АТЗ і режимів їх роботи при заданій мірі надійності;
- визначення надійності елементів системи, що пов'язані з вивченням основних фізичних властивостей елементів;
- дослідження надійності щодо отримання достовірної статистичної та технічної інформації для досконалого аналізу й розрахунків.

Отже, відповідно до цих напрямів надійність є одним з найважливіших технічних якостей системи, бо немає елементів абсолютно надійних, тобто таких, імовірність безвідмовної роботи яких дорівнює 1,0. Має місце старіння елементів унаслідок фізичної ентропії, тому надійність того або іншого елементу є функція часу, що убуває, і всі зусилля системи ТО і Р АТЗ, направлені на підвищення надійності елементу, або комплексу елементів, наводять лише до уповільнення зменшення імовірності його безвідмовної роботи.

Статистична закономірність для надійності АТЗ є таким впорядкованим причинним зв'язком, при якому попередні стани системи визначають подальше не однозначно, а лише з деякою імовірністю, є об'єктивною мірою можливості здійснення стану, на який безпосередньо впливають якість і надійність системи ТО і Р. Статистичні закони діють в неавтономних системах, властивості яких залежать від постійно змінних зовнішніх дій. Якщо динамічна закономірність є формою прояву однозначно детермінованих законів, то статистична є формою прояву саме імовірнісних законів. Обидва даних типа законів тісно зв'язані між собою і можуть одночасно виявлятися в різних областях. Статистичні закони діють зазвичай там, де є більше число об'єктів (елементів) і зв'язків між ними. Але закон динамічний для системи якого-небудь порядку може бути статистичним для систем меншого порядку, що входять в дану систему у вигляді її складових елементів. Динамічні закономірності є, по суті, статистичними з імовірністю здійсненнями подій, близькою до 1,0.

Наблизитися до такої імовірності можливо саме при комплексному підході до надійності транспортної системи (рис. 1). При цьому надійність АТЗ базується на класичному підході до надійності, що досліджує надійність всіх систем та механізмів АТЗ, що в останніх роботах отримала назву «механічна надійність» [1], а надійність системи ТО і Р та надійність в процесі комерційної експлуатації враховують також організаційні та економічні фактори.



Рис. 1. Загальний підхід до надійності

Теорія надійності АТЗ ґрунтується на імовірнісній природі самого феномену надійності. При такому підході зі всіх станів, в яких може знаходитися та або інша система АТЗ, виділяються множини таких станів, які розрізняються між собою з точки зору надійності. Ця множина називається фазовим

простором системи. З часом в складових частинах системи відбуваються різні зміни, наприклад, пов'язані з «старінням» систем та механізмів АТЗ. Оскільки зміна стану має випадковий характер, то значення стану окремого елемента (x) можна розглядати як траєкторію випадкового процесу, що протікає у фазовому просторі стану всієї системи надійності АТЗ (N). На підставі отримання цього статистичного матеріалу може бути створена модель зміни технічного стану кожного з елементів АТЗ. Така практична модель та система управління ресурсом створена для пневматичних шин АТЗ [2].

Наступним кроком побудови загальної математичної моделі може служити визначення цього випадкового процесу залежно від конкретних умов постановки завдання. Коли визначений фазовий простір $N = \{x\}$, що досліджується і в ньому заданий випадковий процес $x(t)$ (функція часу) для кожного з елементів системи, що описує еволюцію за часом, то наступним етапом є вибір різних числових характеристик надійності системи.

Сучасні транспортні системи для вантажних АТЗ мають складну структуру, характеристики якої схильні до змін як у зв'язку зі змінами в самій структурі (знос деталей автомобіля, введення їх нових моделей та ін.), так і під впливом зовнішніх чинників, які постійно міняють свої значення як протягом короткого періоду (наприклад, робоча зміна), так і місяця (роки), коли змінюються гірничотехнічні умови. Таким чином, значення вихідних параметрів системи, визначувані її надійністю, підкоряються імовірнісним законам і можуть бути визначені з використанням відомих методів теорії вірогідності й математичної статистики [3, 4].

Транспортні системи використовують АТЗ все більшої вартості, що обумовлює великі одночасні капітальні витрати. Тому втрати, що викликані їх раптовою відмовою обходяться все дорожче. Звідси витікає необхідність розробки загальної комплексної системи надійності, що включає, як надійність АТЗ, так і надійність системи ТО і Р, що забезпечить відновлення надійності АТЗ в плановому порядку. Постановка фізичного експерименту для оцінки надійності системи на стадії проектних опрацювань в більшості випадків неможлива. У зв'язку з цим на перший план висувається розробка математичних моделей, що дозволяють оцінювати надійність складних систем і порівнювати між собою їх різні варіанти. Система надійності ТО і Р забезпечується функціонуванням всього комплексу процесів, процедур та методів (рис. 2).

Класичні методи кількісної оцінки показників надійності складних систем викладено у [5]. Для таких систем поняття відмови чітко визначено, тому система завжди знаходиться в одному з двох станів: у працездатному або в стані відновлення.

Але транспортна система дуже рідко знаходиться в стані абсолютної відмови. В більшості випадків система працює, але продуктивність її може бути понижена із-за відмов окремих елементів АТЗ. Рівень зниження продуктивності систем обумовлений числом елементів, що одночасно відмовили, сполучених паралельно. Зрозуміло, що існує множина станів системи, визначуваних різним рівнем продуктивності, хоча кожен елемент системи може перебувати лише в двох станах.

Для дослідження систем, що перебувають в множині технічних станів, використання тільки класичних методів теорії надійності представляє істотні труднощі. Обмеженість традиційних методів розрахунку надійності полягає також і в тому, що ці методи детально розроблені лише для експоненціального розподілу напрацювання на відмову і часу відновлення; завдання резервування також вирішується комплексно.

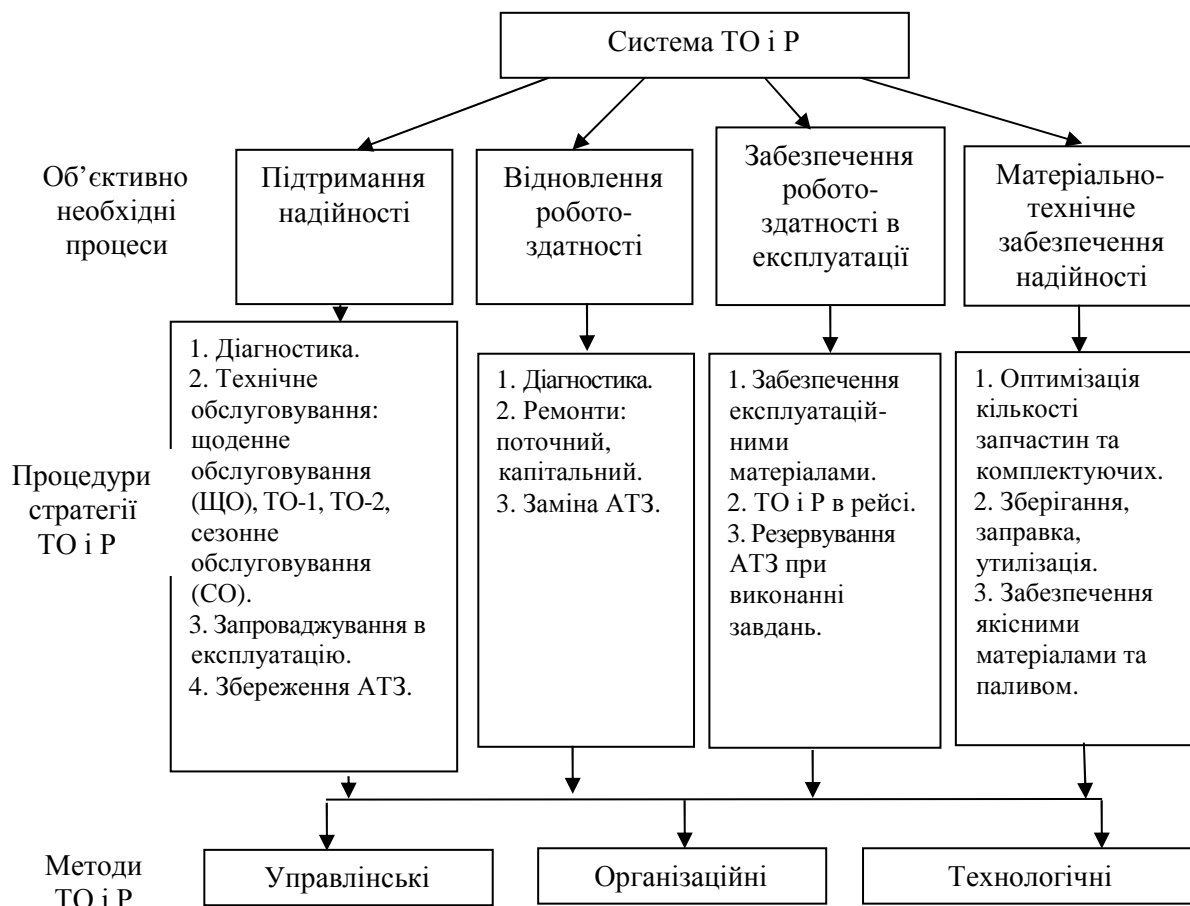


Рис. 2. Функціональна структура системи ТО і Р

Перераховані вище труднощі можна усунути, якщо для дослідження надійності всіх елементів АТЗ та системи ТО і Р використовувати метод імітаційного (статистичного) моделювання. Основні ідеї цього методу стосовно дослідження надійності складних систем викладені в [6].

Адаптуючи ідеї методу до надійності АТЗ та системи ТО і Р, визначаємо, що метою діяльності з підвищення технічної готовності АТЗ є результат, а саме – підвищення основних показників надійності. Щоб отримати результат необхідно створити певну сукупність чинників, до яких належать: процеси, що здійснюються для здобуття результату; методи отримання результату; засоби, що необхідні для реалізації цих процесів; ресурси, що витрачаються на здобуття результату; умови, в яких отримаю результат; взаємозв'язки між ресурсами, умовами, засобами і процесами, що забезпечують цілеспрямовану діяльність і необхідну якість результату – підвищення надійності системи ТО і Р. Ця система показана на рисунку 3 в спрощеному виді та представляє єдність вхідних, технологічних та методологічних параметрів.

На основі аналізу стану питання наповнює множини цієї системи необхідними для ТОіР елементами, а саме:

1. Умови ТО і Р. Їх можна розділити на природні (некеровані) та штучні (керовані). Штучні умови створюються людиною і включають:

- умови вживання системи ТО і Р (навантаження, необхідний рівень надійності, тимчасові обмеження, технологічні режими й ін.);
- умови експлуатації обладнання системи ТО і Р (наявність спеціалізації обслуговування, умови зберігання і транспортування, якість метрологічної техніки, дотримання заходів безпеки й ін.);
- забезпеченість кадрами і технічними засобами;
- умови праці для персоналу і тому подібне.

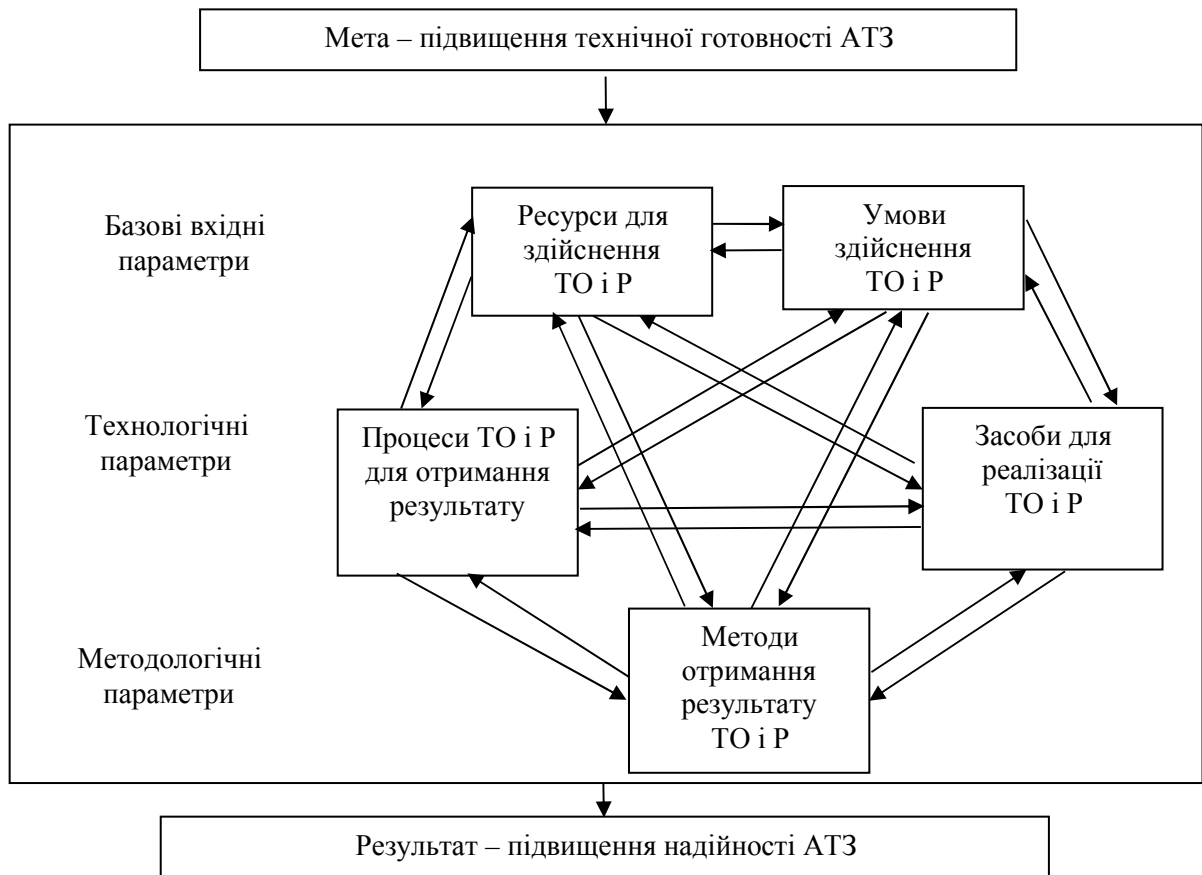


Рис. 3. Структура отримання підвищеної надійності АТЗ

Кожен чинник має велику кількість реалізацій, що створює множину. Зв'язки між чинниками утворюють складну множину зв'язків. Вплив фактичних експлуатаційних умов на ефективність ТО і Р оцінюють, як правило, на підставі статистичних даних шляхом обчислення коефіцієнтів впливу для кожного чинника.

2. Ресурси ТО і Р. Можна виділити сім класів ресурсів:

- інформаційні ресурси (банки даних, документація, системи знань й ін.);
- фінансові ресурси;
- ресурси часу;
- просторові ресурси це площі та обсяги для реалізації процесів;
- енергетичні ресурси утворюють різні джерела (атомні, вітряні, електричні, сонячні, паливно-мастильні, м'язова енергія й ін.);
- кадрові ресурси складаються з виконавців і керівників;
- матеріальні ресурси, до яких відноситься елементна база, природні ресурси, всілякі речовини й ін., що забезпечуються відділами матеріально-технічного постачання.

3. Процеси ТО і Р. Ця множина включає процеси забезпечення роботоспроможності, які розкладаються на процедури (ЩО, ТО, ремонт, діагностика) і операції (пошук несправностей, їх усунення, планові регламентні роботи, заміна вузлів, що відмовили і так далі). Поєднання процедур визначає стратегію ТО і Р.

4. Засоби ТО і Р. До складу множини включаються технічні засоби (ремонтне устаткування, стенди, промислові будівлі та ін.).

5. Методи ТО і Р. До складу множини включається розроблена технологія виконання операцій та їх наповненість, а сукупність стратегій і методів діяльності в цьому напрямі можна вважати методологією ТО і Р для забезпечення надійності.

Зв'язки між елементами множин системи перетворюють набір окремих елементів ТО і Р в систему технічної експлуатації. Характер зв'язків визначається тими стосунками, в які вступають між собою чинники. Величезна кількість елементів в множинах системи ТО і Р робить множину зв'язків настільки великою і різноманітною, що завдання організації зв'язків між чинниками є однією з найскладніших задач в методології.

Реалізація запропонованого комплексного підходу потребує створення єдиної бази статистичних та діагностичних даних, що повинна існувати в загальному інформаційному просторі й бути основою для прийняття рішень та управління процесами, які безпосередньо впливають на надійність АТЗ. Крім того обов'язково необхідно в цьому ж інформаційному просторі розглядати психологічні фактори, що пов'язані з людським фактором (водії, працівники технічної служби, диспетчери, керівники). Аби система ТО і Р стала готовою до вживання, працюючим інструментом, механізмом здобуття необхідного результату, потрібно за допомогою встановлених зв'язків розробляти порядок взаємодії елементів наведених множин.

Висновок. Комплексний підхід до забезпечення надійності АТЗ на всіх етапах їх життєвого циклу дозволяє підвищити основні показники надійності, коефіцієнт технічної готовності АТЗ на АТП, за рахунок аналізу та синтезу статистичних та експериментальних даних з надійності окремих елементів систем та підсистем АТЗ та складових системи ТО і Р в єдиному інформаційному полі, що дозволяє здійснювати управління їх ресурсом та надійністю.

Список використаної літератури:

1. *Гринченко А.С.* Механическая надежность мобильных машин. Оценка, моделирование, контроль / *А.С. Гринченко*. – Х. : Віровець А.П. «Апостроф», 2012. – 259 с.
2. *Кравченко О.П.* Призначення нормативу ресурсу шин вантажних автомобілів на основі системи управління їх технічною експлуатацією / *О.П. Кравченко, О.П. Сакно, О.В. Лукічов* // Наукові нотатки Міжвузівський збірник (за галузями знань «Машинобудування та металообробка», «Інженерна механіка», «Металургія та матеріалознавство»). – Вип. 37(травень, 2012). – Луцьк, 2012. – С. 177–182.
3. *Бешелев С.Д.* Математико-статистические методы экспертных оценок / *С.Д. Бешелев, Ф.Г. Гурвич*. – М. : Статистика. – 1980. – 263 с.
4. *Вентцель Е.С.* Прикладные задачи теории вероятностей / *Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров*. – М. : Радио и связь. – 1983. – 416 с.
5. *Игнатов В.И.* Научные основы формирования стратегии технического обслуживания и ремонта лесных машин / *В.И. Игнатов*. – М. : МГУЛ. – 2000. – 336 с.
6. *Ретин С.В.* Методология совершенствования системы технической эксплуатации строительных машин : дис. ... д.т.н. / *С.В. Ретин*. – Санкт-Петербург, 2008. – 451 с.

САКНО Ольга Петрівна – доцент кафедри «Технічна експлуатація автомобілів» Донецької академії автомобільного транспорту.

Наукові інтереси:

– поліпшення технічної експлуатації шин вантажних автомобілів.

– аналіз надійності автомобільних шин.

E-mail: sakno-o@yandex.ru.

ЛУКІЧОВ Олександр Володимирович – кандидат технічних наук, доцент кафедри «Автомобілі та основи проектування» Донецької академії автомобільного транспорту.

Наукові інтереси:

– підвищення ефективності експлуатації автомобільного транспорту.

– технологічні засоби підвищення якості та надійності.

E-mail: a_lurichov@mail.ru.

МЕЛЬНИЧУК Сергій Володимирович – кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобілів та автомобільного господарства Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

– плавність ходу автомобіля;

– проектування підвіски автомобіля;

– логістика перевезень.

Стаття надійшла до редакції 14.08.2014