



Збірник наукових матеріалів Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції

"Інноваційні технології розвитку та ефективності функціонування автомобільного транспорту"

"Давайте розглянемо приклад технології автомобіля без водія. Ідея з'явилася ще в 1990-х. Перший прототип був представлений в 2004 році, десять років тому. Але тільки зараз, через 20 років від появи ідеї, технологія починає виходити на ринок, і більшість з нас все ще не має подібного авто. Іншими словами, процес появи нових технологій займає набагато більше часу, ніж багато хто думає" - Ерік Шмідт, голова ради директорів компанії Google

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра експлуатації та ремонту машин

ЗБІРНИК НАУКОВИХ МАТЕРІАЛІВ

Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції

**"Інноваційні технології розвитку та ефективності
функціонування автомобільного транспорту"**



Кропивницький
14-15 листопада 2019 року

УДК:656.02, 656.05, 656.07

Інноваційні технології розвитку та ефективності функціонування автомобільного транспорту: Міжнародна науково-практична інтернет-конференція, Центральноукраїнський національний технічний університет м. Кропивницький, Україна, 14-15 листопада 2019 року: програма конференції. Кропивницький. 2019. 103с.

В програмі представлені теми наукових матеріалів професорсько-викладацького складу закладів вищої освіти, наукових співробітників, докторантів, аспірантів, магістрантів та студентів, учасників Міжнародної науково-практичної конференції "Інноваційні технології розвитку та ефективності функціонування автомобільного транспорту".

Мета конференції: висвітлення найважливіших актуальних проблем підвищення ефективності функціонування автомобільного транспорту в Україні та пошук оптимальних шляхів їх вирішення розробкою та впровадженням сучасних інноваційних технологій у виробництво, обмін дослідницьким і практичним досвідом, публікація результатів наукових досліджень.

Основні напрями роботи конференції:

- ✓ сучасні та перспективні конструкції засобів транспорту;
- ✓ розвиток технологій обслуговування, сервісу та ремонту засобів транспорту;
- ✓ вдосконалення технологій транспортних процесів та безпеки дорожнього руху;
- ✓ підвищення надійності функціонування засобів транспорту та автомобільних транспортних підприємств;
- ✓ нормативне та законодавче забезпечення ефективності функціонування та розвитку автомобільного транспорту;
- ✓ економіка та організація роботи автомобільного транспорту, ринок транспортних послуг;
- ✓ автоматизація процесів управління та сучасні інформаційні технології на автомобільному транспорті;
- ✓ "зелений" транспорт та перспективні методи зменшення екологічного навантаження автомобільного транспорту на довкілля;
- ✓ вдосконалення та використання нових конструкційних та експлуатаційних матеріалів на життєвих циклах засобів транспорту;
- ✓ інтелектуальні транспортні системи;
- ✓ інтегральні логістичні системи підтримки життєвого циклу засобів транспорту та транспортної інфраструктури;
- ✓ агрологістика;
- ✓ логістика транспортних та виробничих підприємств;
- ✓ підвищення якості підготовки фахівців з спеціальності 274 "Автомобільний транспорт" та 275.03 Транспортні технології (на автомобільному транспорті).

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Голова оргкомітету:

Черновол Михайло Іванович, д.т.н., професор, член-кореспондент НААНУ, ректор Центральноукраїнського національного технічного університету, завідувач кафедри експлуатації та ремонту машин, м. Кропивницький, Україна.

Заступники голови оргкомітету:

Левченко О.М., д.е.н., професор, проректор з наукової роботи Центральноукраїнського національного технічного університету, м.Кропивницький, Україна.

Аулін В.В., д.т.н, професор, професор кафедри експлуатації та ремонту машин Центральноукраїнського національного технічного університету, м. Кропивницький, Україна.

Члени оргкомітету

Івашко Віктор Сергійович, д.т.н., професор, завідувач кафедри технічної експлуатації автомобілів, Білоруський національний технічний університет, м. Мінськ, Білорусь;

Юзеф Орчик, д.е.н., проф., ректор Вищої школи банкова, м. Познань, Польща.

Ігор Кабашкін, PhD, професор, Інститут транспорту і зв'язку, м. Рига, Латвія;

Анджей Здуняк, д.е.н, проф., Вища школа безпеки, м. Познань, Польща;

Олександр Граковскі, PhD, професор, Інститут транспорту і зв'язку, м. Рига, Латвія;

Рамунас Пальшатіс, PhD, професор, Вільнюський технічний університет імені Гедимінаса, м. Вільнюс, Литва;

Анджей Невчас, PhD, професор, Люблінський технологічний університет, м.Люблін, Польща;

Сахно Володимир Прохорович, д.т.н., професор, завідувач кафедри автомобілів, Національний транспортний університет, м. Київ, Україна;

Біліченко Віктор Вікторович, д.т.н., професор, завідувачу кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, м.Вінниця, Україна;

Войтов Віктор Анатолійович, д.т.н., проф. завідувач кафедри транспортних технологій і логістики, Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка, м. Харків, Україна;

Горбачов Петро Федорович, д.т.н., професор, завідувач кафедри транспортних систем і логістики, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м.Харків, Україна;

Квасніков Володимир Павлович, д.т.н., професор, завідувач кафедри комп'ютеризованих електро-технічних систем і технологій, Національний авіаційний університет, м.Київ, Україна;

Кравченко Олександр Петрович д.т.н., професор, зав. каф. автомобілів і транспортних технологій, Державний університет "Житомирська політехніка", м. Житомир, Україна;

Кухтов Валерій Георгійович, д.т.н., професор, завідувач кафедри надійності, міцності та технічного сервісу машин імені В.Я. Аніловича, Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка, м. Харків, Україна;

Нагорний Євгеній Васильович, д.т.н., професор, завідувач кафедри транспортних технологій, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків, Україна;

Форнальчик Євген Юліанович, д.т.н., професор, завідувач кафедри транспортних технологій, Національний університет "Львівська політехніка", м. Львів, Україна;

Кіндратський Богдан Ілліч, д.т.н., професор, завідувач кафедри експлуатації та ремонту автомобільної техніки, Національний університет "Львівська політехніка", м. Львів, Україна;

Кузьмінський Роман Данилович, д.т.н., професор, завідувач кафедри експлуатації та технічного сервісу машин імені професора Семковича О.Д., Львівський національний аграрний університет, м. Дубляни, Україна;

Волков Володимир Петрович, д.т.н., професор, завідувач кафедри технічної експлуатації та сервісу автомобілів, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків, Україна;

Диха Олександр Володимирович, д.т.н., професор, завідувач кафедри зносостійкості і надійності машин, Хмельницький національний університет, м. Хмельницький, Україна.

Наглюк Іван Сергійович, д.т.н., професор, завідувач кафедри організації та безпеки дорожнього руху, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків, Україна;

Овчар Петро Андрійович, д.е.н., професор, завідувач кафедри транспортних технологій та засобів у АПК, Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна;

Полянський Олександр Сергійович, д.т.н., професор, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків, Україна;

Грінченко Олександр Сергійович, д.т.н., професор, професор кафедри надійності, міцності та технічного сервісу машин імені В.Я. Аніловича, Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка, м. Харків, Україна;

Лузан Олексій Сергійович, д.т.н., професор, професор кафедри технологічних систем ремонтного виробництва, Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка, м. Харків, Україна;

Середа Борис Петрович, д.т.н., професор, завідувач кафедри автомобілів та автомобільного господарства, Національний технічний університет "Дніпровська політехніка", м. Дніпро, Україна;

Войтюк Валерій Дмитрович, д.т.н, професор, завідувач кафедри технічного сервісу та інженерного менеджменту імені М.П. Момотенка, Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна.

Новицький Андрій Валентинович, к.т.н., доцент завідувач кафедри надійності техніки; Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна;;

Ляшук Олег Леонтійович, д.т.н., доцент, завідувач кафедри автомобілів, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль, Україна;

Алфьоров Олексій Ігорович, к.т.н., доцент, проректор з навчально-методичної роботи, Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка, м. Харків, Україна;

Кристочук Михайло Євгенович, к.т.н., доцент, завідувач кафедри транспортних технологій і технічного сервісу, Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, Україна;

Герук Станіслав Миколайович, к.т.н., доцент, завідувач кафедри агроінженерія, Житомирський агротехнічний коледж, м. Житомир, Україна;

Борак Костянтин Вікторович к.т.н., заступник директора Житомирського агротехнічного коледжу, м. Житомир, Україна.

Мурований Ігор Сергійович, к.т.н., доцент, завідувач кафедри автомобілів і транспортних технологій, Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, Україна;

Марчук Микола Михайлович, к.т.н., професор, завідувач кафедри автомобілів та автомобільного господарства, Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, Україна;

Кравцов Андрій Григорович, к.т.н., доцент, декан факультету технологічних систем і логістики, Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка, м. Харків, Україна;

Дзюра Володимир Олексійович, к.т.н., доцент, доцент кафедри транспортних технологій, начальник НДЧ, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль, Україна;

Роговський Іван Леонідович, к.т.н., старший науковий співробітник, директор НДІ техніки і технології, Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна;

Цимбал Сергій Володимирович, к.т.н., заступник завідувача кафедри автомобілі та транспортний менеджмент, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна.

Деркач Олексій Дмитрович, к.т.н., доцент, завідувач кафедри експлуатації машино-тракторного парку, Дніпровський державний агроекономічний університет, м. Дніпро, Україна.

Лисенко Сергій Володимирович, к.т.н. доцент, доцент кафедри експлуатації та ремонту машин, Центральноукраїнський національний технічний університет, м.Кропивницький, Україна;

Голуб Дмитро Вадимович, к.т.н. доцент, доцент кафедри експлуатації та ремонту машин, Центральноукраїнський національний технічний університет, м.Кропивницький, Україна;

Гриньків Андрій Вікторович, к.т.н., докторант, старший науковий співробітник кафедри експлуатації та ремонту машин, Центральноукраїнський національний технічний університет, м.Кропивницький, Україна;

Магопєць Сергій Олександрович, к.т.н., доцент, заступник завідувача кафедри експлуатації та ремонту машин, Центральноукраїнського національного технічного університету;

Великодний Денис Олександрович к.т.н., здобувач кафедри експлуатації та ремонту машин, Центральноукраїнського національного технічного університету;

Чернай Андрій Євгенійович аспірант кафедри експлуатації та ремонту машин, Центральноукраїнського національного технічного університету;

Жилова Інна Володимирівна аспірант кафедри експлуатації та ремонту машин, Центральноукраїнського національного технічного університету.

Головатий Артем Олегович аспірант кафедри експлуатації та ремонту машин, Центральноукраїнського національного технічного університету.

Редакція може не поділяти думку авторів, поданих наукових матеріалів, відповідальність за їх висвітлений зміст і достовірність несуть автори.

ЗМІСТ

✓ ІСТОРИЧНИЙ НАРИС КАФЕДРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ І РЕМОНТУ МАШИН ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ	
Підготував д.т.н., проф., проф. каф. ЕРМ Аулін В.В.	9
✓ НАПРЯМКИ СТВОРЕННЯ КОНКУРЕНТО-СПРОМОЖНИХ МІСЬКИХ ЕЛЕКТРОБУСІВ ВЕЛИКОГО КЛАСУ	
Войтків С. В., к.т.н., генеральний конструктор., заслужений машинобудівник України.	13
✓ ВІДНОВЛЕННЯ РОЗМІРНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗНОШЕНИХ КОНІЧНИХ ОТВОРІВ ПОВОРОТНОГО КУЛАКА ЗИЛ-130 ЕЛЕКТРОІСКРОВИМ НАРОЩУВАННЯМ	
Богатчук І. М., к.т.н., с.н.с., Прунько І. Б., к.т.н., доц., Кернякевич В. В.	25
✓ ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ВІДНОВЛЕНИХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН НА ОСНОВІ МОДИФІКУВАННЯ КОМПОЗИЦІЙНИМ МАТЕРІАЛОМ НАПЛАВЛЕНИХ ПОКРИТТІВ	
Лузан С. О., д.т.н., проф., Сідашенко О.І. к.т.н., проф., Лузан А.С. асп.	30
✓ МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ РІЗНИХ ФАКТОРІВ ПАРАМЕТРІВ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕСУ НА ТРАНСПОРТНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ МІСТ	
Кутья О. В., Бережна Н.Г., к.т.н., доц., Насіров Аміл Ельман огли, асп.	36
✓ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ЗМІШУВАННЯ У ДВИГУНІ RENAULT 2.5 DCI У ПРОЦЕСІ ВИКОРИСТАННЯ БІОДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА	
Мельник В. М. к.т.н., доц., Синовєрський М. М.	43
✓ ІНЖЕНЕРІЯ ЛЮДСЬКОГО ЧИННИКА В СУЧАСНІЙ ОСВІТІ	
Мигаль Г. В., д.т.н., доц., Протасенко О.Ф.	49
✓ ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ АВТОКУЗОВОВ	
Тараненко М. Е., д.т.н., с.н.с.	54
✓ РОЗРОБКА ЕЛЕМЕНТІВ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ ДЛЯ РЕГУЛЮВАННЯ РУХУ АВТОМОБІЛЯ	
Чумак М. О. асп.	61
✓ ТЕХНОЛОГІЇ ЦИФРОВОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА: ПРОБЛЕМИ ВПРОВАДЖЕННЯ ТА ПЕРЕВАГИ У ВИКОРИСТАННІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ І ТРАНСПОРТНОЇ ТЕХНІКИ	
Деркач О. Д., к.т.н., доц., Ференчук Р. А., Неводнічик О. І., Буйницький І. О.	69
✓ МЕТОДИКА ТА ПРИНЦИПИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАГАЛЬНИХ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ТЕТРЯ ТА ЗНОШЕННЯ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБІЛЯ	
Аулін В.В., д.т.н., проф., Ляшук О.Л., д.т.н., проф., Гупка А.Б., к.т.н., доц.	75

✓ FACTORS AFFECTING OF CHILD RESTRAINTS SEATS USING	81
Ocherpovska A. stud, Tkachenko I. PhD, assis. prof	
✓ РЕСУРСНІ ВИПРОБУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ РУХОМИХ З'ЄДНАНЬ, ВИГОТОВЛЕНИХ З ПОЛІМЕРНО-КОМПОЗИТНОГО МАТЕРІАЛУ	90
Макаренко Д. О., к.т.н., Довгополий В. В., Чмельов О. В.	
✓ ЗАСТОСУВАННЯ ЗВУКОВОГО СИГНАЛУ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ СТАНУ МЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ ПОРШНЕВОГО ДВИГУНА	94
Сілевич В.Ю., к.т.н.	
✓ ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ТА НАДІЙНОСТІ СПОЛУЧЕНИХ ПОВЕРХОНЬ ВАЛІВ АВТОМОБІЛЬНИХ АГРЕГАТІВ КОМБІНОВАНИМ МЕТОДОМ ПРИ ЇХ ВІДНОВЛЕННІ	98
Смірнова Т.В. к.т.н., Солових Є.К. д.т.н., проф., Катеринич С.Є. к.т.н., доц., Сергійчук А.А.	
ТЕЗИ	
✓ ВДОСКОНАЛЕННЯ КЕРОВАНОСТІ АВТОМОБІЛІВ ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЇ	104
Лисенко С.В., к.т.н., доц., Капустенко Р.В.	
✓ ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЩОДЕННОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ РУХОМОГО СКЛАДУ	109
Аулін В.В., д.т.н., проф., Агапоненко М.О.	
✓ ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВІДНОВЛЕННЯ ПЕРВИННОГО ВАЛУ РОЗПОДІЛЬНОЇ КОРОБКИ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ ЕЛЕКТРОХІМІЧНИМ МЕТОДОМ	121
Лисенко С.В., к.т.н., доц., Лимарчук М.В.	
✓ ВДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ТО ТА ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ПАЛИВНОЇ АПАРАТУРИ ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЇ	133
Голуб Д.В., к.т.н., доц., Полухович В.М.	
✓ ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І ПОТОЧНОГО РЕМОНТУ АВТОМОБІЛІВ	141
Голуб Д.В., к.т.н., доц., Рябокучма Є.О., Іванов М.О.	
✓ ВДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ТО ХОДОВОЇ ЧАСТИНИ АВТОБУСІВ	145
Аулін В.В., д.т.н., проф., Пархотюк М.О.	
✓ ВДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ТО МЕХАНІЗМУ КЕРУВАННЯ АВТОМОБІЛІВ	150
Лисенко С.В., к.т.н., доц., Огієвич М.В.	
✓ ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ ТРАНСМІСІЇ	155
Аулін В.В., д.т.н., проф., Кондратьєв С.С.	

ІСТОРИЧНИЙ НАРИС КАФЕДРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА РЕМОНТУ МАШИН ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

Кафедра «Експлуатація та ремонт машин» на сьогодні є однією з найбільш потужних серед технічних випускаючих кафедр університету. Науково-педагогічні працівники кафедри проводять підготовку студентів за освітньо-кваліфікаційними рівнями «бакалавр» - «магістр» таких освітніх програм як «Автомобільний транспорт», «Транспортні технології», «Матеріалознавство», «Агроінженерія», (спеціалізація «Технічний сервіс сільськогосподарської техніки»).

На сьогоднішній день професорсько-викладацький склад кафедри налічує 24 штатних працівники, серед яких 5 докторів наук, професорів та 15 к.т.н., доцентів. Серед науково-педагогічних працівників кафедри які мають викладацький стаж більше 20 років – 7 осіб (34%), від 10 до 20 років – 14 осіб (66%). Середній вік штатних викладачів з науковими ступенями та вченими званнями складає – 47 років, в тому числі професорів – 63 роки, доцентів – 44 роки, викладачів та асистентів – 42 роки.

Засновано кафедру «Ремонт машин» (саме таку назву мала кафедра на момент свого заснування та початковому періоді функціонування) як окремий структурний підрозділ ще у 1968 році. За весь період розвитку кафедри її очолювали 5 видатних науковців, які внесли вагомий вклад у розбудову як матеріальної, так і наукової бази кафедри, становлення та визнання наукової школи, не тільки серед фахівців нашої країни, але й далеко за її межами. Першим завідувачем кафедри був кандидат технічних наук, доцент Борис Якович Логунов.

В період з 1968 р. по 1974 рік та у 1976-1982 роках, кафедру очолював доцент, а потім професор, д.т.н. Олександр Григорович Терхунов. Терхунов О.Г. у 1961 р. закінчив Куйбишевський сільськогосподарський інститут й вступив до аспірантури кафедри ремонту машин Саратовського інституту механізації сільського господарства. Кандидатську дисертацію захистив у 1967 році, докторську — у 1992 році. У КДТУ (КІСМ) працював з 1968 р. по 1999 рік на посадах завідувача кафедр ремонту машин і технології конструкційних матеріалів та металознавства (1997-1999 рр.). Саме проведені ним дослідження у галузі надійності машин, триботехніки, тертя та зносу, паливно-мастильних матеріалів визначили наукове спрямування та стали базою для створення й розвитку наукової школи та більшості нині успішно діючих її наукових напрямків.

Два роки – з 1974 р. по 1976 р., кафедру очолював кандидат технічних наук, доцент Віктор Григорович Дяченко, який у 1962 році закінчив Дніпропетровський сільськогосподарський інститут. З 1962 р. по 1964 рік Дяченко В.Г. працював завідувачем майстерні радгоспу "Інгульський" Дніпропетровської області, а з 1964 р. до 1968 р. — викладачем у Цілиноградському будівельному технікумі Казахської РСР. З 1971 р. до 2000 р. працював у КДТУ (КІСМ) на посадах доцента кафедри експлуатації та ремонту машин, завідувачем цієї кафедри, деканом факультету підготовки та перепідготовки спеціалістів. Сферою його наукових інтересів виступала розробка заходів по підвищенню надійності та економічності автотракторних двигунів внутрішнього згорання.

П'ять років (1982-1987 рр.) кафедру очолював тоді ще доцент, к.т.н. Михайло Іванович Черновол.

Сім років (1987-1993 рр.) завідувачем кафедри був к.т.н., доцент Віталій Семенович Саловський. У 1963 році він закінчив Харківський інститут механізації та електрифікації сільського господарства, а з 1973 року працював у КІСМі на посадах заступника декана ремонтно-технологічного факультету (1974-1976 рр.), доцентом кафедри ремонту машин, а потім завідувачем цієї кафедри. Саловський В.С. вніс вагомий внесок у створення та розбудову матеріальної бази кафедри ЕРМ. Під його керівництвом непристосовані приміщення інституту було переобладнано під навчальні корпуси та лабораторії кафедри. Сфера наукових інтересів В.С. Саловського полягала у розробці та впровадженні новітніх заходів з покращення експлуатаційних показників сільськогосподарської техніки та підвищення показників її надійності.

З 1993 р. і по теперішній час кафедру очолює доктор технічних наук, професор, член-кореспондент Національної академії аграрних наук України, Заслужений діяч науки і техніки України - Михайло Іванович Черновол.

Черновол М.І. - випускник кафедри «Ремонт машин» КІСМ (нині Центральноукраїнський національний технічний університет). Після закінчення КІСМу у 1972 році за спеціальністю «Експлуатація та ремонт машин» та отримання кваліфікації «інженер-механік» він залишився працювати асистентом на цій же кафедрі. У 1977 році захистив кандидатську дисертацію у Саратовському інституті механізації сільського господарства ім. М.І. Калініна. У 1980 році йому присвоєно вчене звання доцента. В 1992 р. Черновол М.І. захистив докторську дисертацію за спеціальністю 05.20.03 на тему «Технологічні основи відновлення деталей сільськогосподарської техніки композиційними покриттями» у Московському інституті інженерів сільськогосподарського виробництва ім. В.П. Горячкина (Росія, м. Москва), а

в 1994 році отримав диплом професора. Цього ж року М.І. Черновола обрано член-кореспондентом Інженерної академії України. З 1995 року М.І. Черновол працював проректором з наукової роботи та керівником департаменту експлуатації машин та технічного сервісу.

З 1996 року і по цей час д.т.н., проф. Черновол М.І. обіймає посаду ректора університету. У 1999 році М.І. Черноволу присвоєно почесне звання «Заслужений діяч науки і техніки України».

М.І.Черновол – голова спеціалізованої ради із захисту докторських і кандидатських дисертацій; голова ради ректорів вищих закладів освіти Кіровоградської області. В 2003 – 2004 рр. він очолював Кіровоградську обласну державну адміністрацію, Державний службовець 1-го рангу. У 2007 році М.І. Черновола обрано член-кореспондентом Національної академії аграрних наук України.

Проф. Черновол М.І. є автором понад 360 наукових праць у галузі надійності машин, відновлення деталей, в тому числі – 19 підручників та навчальних посібників, 6 монографій, автор 56 винаходів. Під його керівництвом підготовлено 7 кандидатів наук та 2 доктори наук. Нагороджений орденом “За заслуги” 2-го та 3-го ступенів, Почесною грамотою Кабінету Міністрів України (2000 р.), Почесною грамотою Верховної ради України (2009 р.).

На сьогодні для підготовки фахівців всіх освітніх програм, випускова кафедра “Експлуатація та ремонт машин” має сучасні навчально-лабораторні корпуси, аудиторії в навчальному корпусі університету та окремі структурні підрозділи. Закінчується будівництво нового двоповерхового навчально-лабораторного корпусу кафедри, в якому розмістяться сучасні лекційні аудиторії, класи та лабораторії оснащені сучасним навчальним та науково-дослідним обладнанням, макетами та планшетами, комп’ютерною технікою та інтерактивними засобами інформування.

Підвищення рівня підготовки фахівців на кафедрі досягається за рахунок залучення до навчально-виховного процесу фахівців та матеріально-технічної бази потужних промислових підприємств регіону. Для цього кафедрою укладені угоди на проведення семінарських позааудиторних занять, проходження всіх видів виробничих та наукових практик із провідними підприємствами м. Кіровограда із врахуванням їх виробничого спрямування та діючих напрямів підготовки фахівців кафедри, серед яких – ПАТ «Ельворті-груп», ПАТ «Гідросила-груп», ЗАТ «Радій», ТОВ «Кіровоградський будівельний альянс», ПП «Астарта-Груп», ПП «Агротехцентр», ТОВ «Автосервіс-Термакс», ПрАТ КАТП «Агробудавтосервіс», ПАТ «Кіровоградграніт», ТОВ «Єлисаветградська транспортна компанія», ДП

«Кіровоградська ДЕД» та «Лелеківська ДЕД» ВАТ ДАК «Автомобільні дороги України», ЗАТ «Таксомоторний парк» та інші.

За 50 років роботи кафедрою ЕРМ підготовлено понад 6 тис. інженерів-механіків та близько 350 магістрів.

Серед випускників багато керівників підприємств, доктори і кандидати наук. Вони працювали й працюють у різних сферах народного господарства України, дальнього та ближнього зарубіжжя. Наприклад, Моцний В.К. - голова Кіровоградської обласної державної адміністрації, заступник Міністра Кабінету Міністрів України); Мірошніченко В.І. - директор агропромислових компаній «Агродар», голова Новгородківської райдержадміністрації (1996-2005 рр.); Тарасов С.Д. - генеральний директор об'єднання «Агронафтосервіс»; Салій С.Г. – головний інженер АТ «Укртрансгаз» ВРТП «Укргазенергосервіс»; Шмаєвич Л.І. - генеральний директор авіакомпанії «Урга»; Володимирський М.Д. - директор МП «Асторія»; Бахмач Є.С. - голова правління ПАТ «Кіровоградграніт», голова наглядової ради науково-виробничого підприємства «Радій» дійсний член Академії будівництва України; заслужений працівник промисловості України - Дзядух Василь Онисимович - голова правління ЗАТ «Автобусний парк» 13527, заслужений працівник автотранспорту України; Ніколаєнко В.Г. - заступник начальника обласного управління агропромислового розвитку Кіровоградської області; Гершман Г.М. - генеральний директор КП «Агроторговий дім»; Котіков Д.С. - директор заводу «Цукоргідромаш»; Ткачук А.І. - голова Голованівської районної ради; Осауленко В.М. - голова правління ПАТ «Агротехсервіс» (м. Кропивницький) та інші.

Підготував д.т.н., професор, професор кафедри експлуатації та ремонту машин Аулін В.В.

УДК 629.02, 629.341

НАПРЯМКИ СТВОРЕННЯ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНИХ МІСЬКИХ ЕЛЕКТРОБУСІВ ВЕЛИКОГО КЛАСУ

Войтків С.В., к.т.н., генеральний конструктор
Науково-технічний центр "Автополіпром"

Abstract

Over the past few years of the active development of electric buses, leading companies from different countries have developed several types of promising large-class city electric buses. They differ in the type of autonomous sources of electrical energy and systems for their recharging and / or recharging. Currently, urban electric buses with an overall length of 12.0 m of types ONC (systems for slow charging of traction batteries at night) and OS (systems for fast and ultra-fast recharging of traction batteries or supercapacitors) have received the greatest application. Each of these systems has both advantages and disadvantages. For the development of domestic electric buses, it is very important to choose the optimal directions for creating promising competitive large-class city electric buses. Recommendations on the selection of such areas are developed based on the consideration and analysis of the technical parameters and performance indicators of the existing types of electric buses and the two proposed types.

Keywords: electric bus, charging system, energy consumption, traction batteries, competitiveness, technical level

Вступ

Низькопідлогові електробуси великого класу, габаритна довжина яких становить, здебільшого, $12,0 \pm 0,2$ м, набувають все більшого застосування для міських перевезень пасажирів у багатьох європейських країнах. За прогнозами міжнародної аналітичної агенції "Interact Analysis" обсяги світового ринку електробусів у 2025 році сягнуть позначки 165 тис./рік.

На нинішній час багатьма провідними європейськими, китайськими, американськими та іншими автобусовиробниками розроблені конструкції міських низькопідлогових електробусів різних типів. Більшість з них виготовляються серійно і успішно експлуатуються у багатьох країнах світу. Інші, наразі, існують у вигляді дослідних або експериментальних зразків і проходять тестові випробування. Вони відрізняються компоувальними схемами, колісними формулами, типам автономних джерел електричної енергії (ДЕЕ) живлення їх електричних тягових приводів (ЕТПр), системами заряджання і/або підзаряджання автономних ДЕЕ тощо.

Українські підприємства – СП "Електронтранс" та корпорація "Богдан" – теж зробили перші кроки у сфері електробусобудування. Розроблені ними і виготовлені лише два дослідні зразки електробусів проходять тестову експлуатацію. Зрозуміло, що одним із найактуальніших завдань вітчизняного автобусобудування на найближчі три-п'ять років являється розроблення конструкцій і організація дрібносерійного виробництва перспективних міських низькопідлогових електробусів, конкурентоспроможних не тільки на внутрішньому ринку, а й на ринках європейських та інших країн. Однією з

передумов його успішного рішення являється наявність у створюваних електробусів бодай однієї, а то й двох, конкурентних переваг перед міськими електробусами-аналогами великого класу (ВКл) адекватної габаритної довжини.

Аналіз попередніх досліджень

До великого класу належать електробуси з габаритною довжиною понад 10,0 м до 12,0 м включно [1]. Переважна більшість сучасних міських низькопідлогових електробуси ВКл спроектована за класичною колісною формулою 4x2.2 на основі застосування приводних мостів трьох основних типів:

- порталних механічних з подвійною рознесеною головною передачею, наприклад, моделі ZF AV 133 [2];
- інтегрально-портальних електромеханічних, обладнаних двома тяговими електричними двигунами і двома проміжними редукторами, наприклад, моделі ZF AVE 130 [2];
- інтегрально-портальних електричних, обладнаних двома тяговими електричними двигунами (без додаткових механічних редукторів), наприклад, моделі 'ZAwheel v1.0' [3].

Вони характеризуються збільшеною, регламентованою відповідними нормативними актами, допустимою навантагою, яка становить 13000 кгс. Відтак, і регламентована допустима повна маса електробусів з колісною формулою 4x2.2 збільшена до 19500 кг, тобто на 1500 кг у порівнянні з допустимою масою автобусів (18000 кг), обладнаних дизельними або газовими двигунами і приводними мостами з допустимою навантагою 11500 кгс. Такі величини допустимої навантаги на приводні мости та допустимої повної маси електробусів прийняті для забезпечення збільшення їх пасажировмістимості. Адже, пасажировмістимість електробусів ВКл з габаритною довжиною біля 12,0 м і повною масою 18000 кг становить 65-85 чол., а для автобусів вона рівна 100-105 чол. Але збільшення допустимої повної маси електробусів до 19500 кг хоча й сприяє зростанню їх пасажировмістимості до тих же 100-105 чол., являється не прийнятним для українського електробусобудування. Більша допустима навантага на приводні мости порталного та інтегрально-портального типів на 1500 кгс і їх великі невіднеслені маси набагато інтенсивніше руйнують покриття міських вулиць, які і так перебувають у далеко не належному стані. Навіть європейські та китайські виробники міських електробусів обмежились при їх проектуванні допустимою повною масою у 19000 кг.

Для живлення електричних тягових приводів сучасних міських електробусів ВКл застосовуються різні типи автономних ДЕЕ та різні системи їх заряджання і/або підзаряджання. Але найбільшого розповсюдження набули тягові акумуляторні батареї (АКБ) та суперконденсатори (СК), які мають ще одну назву - іоністори.

Основні типи сучасних міських електробусів за цими класифікаційними ознаками та їх пропоновані позначення, розроблені на основі [4-5], наведені у табл. 1.

Таблиця 1 Загальна характеристика електробусів основних типів

Тип електробуса	Тип ДЕЕ		Системи заряджання і/або підзаряджання ДЕЕ			
	тягові АКБ	тягові СК	статична		динамічна (під час руху)	
			у парку	на зупинках	дротова	індукційна
ОНС	+	-	+	-	-	-
ОС-В	+	-	-	+	-	-
ОС-S	-	+	-	+	-	-
ІМС-В	+	-	-	-	+	-
ІМС-S	-	+	-	-	+	-

Позначення: ОНС (overnight charging) – система заряджання тягових АКБ у нічний час; ОС (Opportunity charging) – система ультрашвидкого підзаряджання ДЕЕ на зупинках; В (battery) – тягові АКБ; S (supercapacitor) – тягові СК; ІМС (In-Motion-Charging) – система підзаряджання ДЕЕ під час руху

Постановка проблеми

Розроблення конструкцій нових міських низькопідлогових електробусів ВКл, особливо з габаритною довжиною біля 12,0 м, для вітчизняного електробусобудування, яке знаходиться на початковому етапі його розвитку, являється дуже складним і відповідальним завданням. Адже на світовому ринку транспортних засобів загального користування, призначених для міських перевезень пасажирів і обладнаних ЕТПр, конкуренція саме у цьому сегменті міських електробусів надзвичайно велика. Тому успішне рішення цього завдання не можливе без створення виключно конкурентоспроможних конструкцій міських низькопідлогових електробусів, причому не лише на внутрішньому ринку.

Мета та завдання

Мета роботи – вибір напрямків створення перспективних міських низькопідлогових електробусів ВКл з умов забезпечення успішного завершення дослідно-конструкторських та дослідно-експериментальних робіт і освоєння їх дрібносерійного виробництва. Основні завдання роботи передбачають розроблення, аналіз та оцінку перспективності пропонованих напрямків за конструкційними та експлуатаційними параметрами електробусів та систем забезпечення електричною енергією їх автономних ДЕЕ.

Результати вирішення основних завдань проблеми

Доцільність створення, освоєння виробництва і експлуатації перспективних міських електробусів ВКл того чи іншого типу характеризується, у першу чергу, необхідними обсягами фінансування

$$\sum C = C_E + C_{IA} + C_{Q\tilde{N}}, \quad (1)$$

де C_E - витрати на проектування електробусів, виготовлення їх дослідних зразків, приймальні та сертифікаційні випробування тощо, млн. грн.; C_{IA} - витрати на технологічну підготовку виробництва електробусів, млн. грн.; $C_{Q\tilde{N}}$ - витрати на формування мережі та інфраструктури зарядних станцій, млн. грн.

Найбільших сумарних витрат потребує впровадження міських електробусів типу ОС за рахунок у кілька разів більших обсягів фінансування

на формування інфраструктури зарядних станцій, особливо за умови застосування у якості автономних ДЄЕ тягових СК. Вкрай необхідну у нинішніх українських соціально-економічних реаліях мінімізацію обсягів фінансування на широке впровадження і застосування електробусів для міських перевезень пасажирів забезпечують лише електробуси типу ОНС, обладнані тяговими АКБ, за рахунок найменших обсягів C_{QV} . Таких же обсягів C_{QV} потребують і електробуси типу ІМС, але вони можуть експлуатуватися лише у містах з розвинутою мережею тролейбусних маршрутів.

Отже, на найближчі, щонайменше, десять років для вітчизняних електробусобудівників єдиним реальним напрямком являється створення електробусів типу ОНС.

Створення сучасних конкурентоспроможних міських низькопідлогових електробусів ВКл, у т.ч. типу ОНС, можливе лише шляхом зменшення собівартості виробництва електробусів адекватного технічного рівня (тобто зменшення ринкової вартості) або шляхом підвищення їх технічного рівня за умови мінімізації необхідних для цього обсягів фінансування.

Конкурентоспроможність перспективних міських електробусів ВКл типу ОНС, обладнаних тяговими АКБ, у порівнянні з такими ж електробусами-аналогами, забезпечується двома напрямками, які полягають:

- у збільшенні пасажировмістимості при адекватній повній масі за рахунок зменшення їх спорядженої маси;
- у зменшенні витрат енергоємності тягових АКБ на перевезення однакової кількості пасажирів на одному і тому ж маршруті.

Пасажировмістимість міських електробусів обмежується двома параметрами – допустимою повною масою та корисною площею пасажирського салону. За допустимою повною масою пасажировмістимість міських електробусів

$$N_{nac}^m \leq \frac{[M_n^e] - M_{cn}}{m_{nac}} \quad (2)$$

де $[M_n^e]$ - допустима повна маса електробуса, кг; M_{cn} - споряджена маса електробуса, кг; m_{nac} - маса одного пасажирів, кг; для міських електробусів регламентоване значення $m_{nac} = 68$ кг.

Вираз для визначення спорядженої маси електробусів типу ОНС можна записати у вигляді

$$M_{cn} = M_{cn}^k + m_{akb}, \quad (3)$$

де M_{cn}^k - споряджена маса електробуса без тягових АКБ, кг, m_{akb} - маса тягових АКБ, кг.

Отже, зменшення спорядженої маси електробусів можливе або за рахунок застосування легших конструкційних матеріалів для виготовлення їх кузовів або зменшенням маси тягових АКБ. Застосування для виготовлення кузовів електробусів алюмінієвих сплавів або тільки композиційних матеріалів видається недоцільним, оскільки передбачає освоєння виробництва відповідних

матеріалів і складних технологічних процесів. До того ж, цей напрям вимагає і великих обсягів фінансування на технологічну підготовку виробництва кузовів електробусів з цих матеріалів. Тому, єдиним реальним шляхом зменшення спорядженої маси перспективних міських електробусів з колісною формулою 4х2.2 являється зменшення маси тягових АКБ.

Маса тягових АКБ міських електробусів визначається за наступним виразом

$$m_{акб} = W_{акб} / \rho_{w_{акб}}, \quad (4)$$

де $W_{акб}$ - енергоємність тягових АКБ, кВт·год.; $\rho_{w_{акб}}$ - питома енергоємність тягових АКБ, кВт·год./кг; для сучасних літієвих тягових АКБ типу $LiFePO_4$ $\rho_{w_{акб}} = 0,09-0,10$ кВт·год./кг, а типу $Li_4Ti_5O_{12}$ - $0,07-0,08$ кВт·год./кг.

За умови застосування легших тягових АКБ типу $LiFePO_4$ зменшення маси тягових АКБ можливе лише за рахунок значного зменшення їх енергоємності. Необхідна енергоємність тягових АКБ міських електробусів ВКл адекватної повної маси з габаритною довжиною біля 12,0 м у залежності від протяжності маршрутів визначається за виразом

$$W_{акб} = \frac{\Delta w_l}{k_p} \cdot \sum_{i=1}^{n_m} L_m, \quad (5)$$

де k_p - коефіцієнт допустимого розрядження тягових АКБ; для тягових АКБ типу $LiFePO_4$ $k_p = 0,85-0,9$; Δw_l - питома витрата енергоємності тягових АКБ, кВт·год./км; $\Delta w_l = 1,0-1,3$ кВт·год./км; L_m - протяжність маршруту в одному напрямку, км; n_m - кількість рейсів за маршрутом в одному напрямку, од.

Необхідна енергоємність тягових АКБ міських електробусів з різною повною масою визначається з її урахуванням

$$W_{акб} = \frac{\Delta w_m \cdot M_e}{k_p} \cdot \sum_{i=1}^{n_m} L_m, \quad (6)$$

де M_e - фактична маса електробуса з пасажирами, кг; Δw_m - питома витрата енергоємності тягових АКБ з урахуванням маси електробуса, кВт·год./кг·км; для міських електробусів $\Delta w_m = (0,07-0,08) \cdot 10^{-3}$ кВт·год./кг·км.

Зменшення енергоємності тягових АКБ міських електробусів можливе за двома напрямками:

- застосуванням системи змінних повністю заряджених основних блоків тягових АКБ та незмінного резервного блоку тягових АКБ, розміщених у кузові електробуса [6];

- застосуванням системи змінних повністю заряджених основних блоків тягових АКБ, розміщених на одно- або двовісному причепі, та незмінного резервного блоку тягових АКБ, встановлених у кузові електробуса [7].

Обидві системи передбачають на протязі добового пробігу однодворазову заміну розряджених основних блоків тягових АКБ на відповідно обладнаних зарядних станціях, розміщених у парках базування електробусів або біля кінцевих зупинок кількох маршрутів. Заряджання основних блоків

тягових АКБ здійснюється, зазвичай, у нічний час із зменшеними тарифами на електроенергію, хоча, при потребі, може відбуватися і у денний період доби. Застосування зарядних станцій повільного заряджання змінних блоків тягових АКБ, яке може тривати 3-6 год. збільшує кількість циклів їх заряджання-розряджання до початку зменшення номінальної енергоємності та суттєво продовжує термін використання у порівнянні з електробусами типу ОС.

Міські електробуси з наведеними системами поповнення електроенергією тягових АКБ пропонується позначати аббревіатурами ONC-V (V – variable - змінний) та ONC-T (T – trailed - причіпний).

Споряджена маса міських електробусів без основних блоків тягових АКБ на стадії ескізного проектування визначається за пропонованим виразом

$$M_{cn}^k = \Delta m_{cn}^k \cdot L_k, \quad (7)$$

де Δm_{cn}^k - питома маса одного погонного метра кузова електробуса без маси основного блока тягових АКБ, кг/м; L_k - габаритна довжина кузова електробуса, м.

Для міських електробусів з класичною колісною формулою 4x2.2, обладнаних приводними мостами порталного або інтегрально-портального типів, з габаритною довжиною 12,0-12,2 м і кузовами, виготовленими зі сталевих (каркас кузова) та композиційних (зовнішнє облицювання і внутрішня оббивка) матеріалів $\Delta m_{cn}^k = 890-900$ кг/м.

Технічні параметри міських електробусів типів ONC-V і ONC-T (рис. 1), обладнаних тяговими АКБ типу LiFePO₄, розраховані на основі прийнятих вихідних параметрів ($\Delta m_{cn}^k = 900$ кг/м; $\rho_{w_{акб}} = 0,095$ кВт·год./кг; $k_p = 0,09$; $\Delta w_m = 0,075$ кВт·год./км·кг;) за виразами (3-7), наведені у табл. 2.

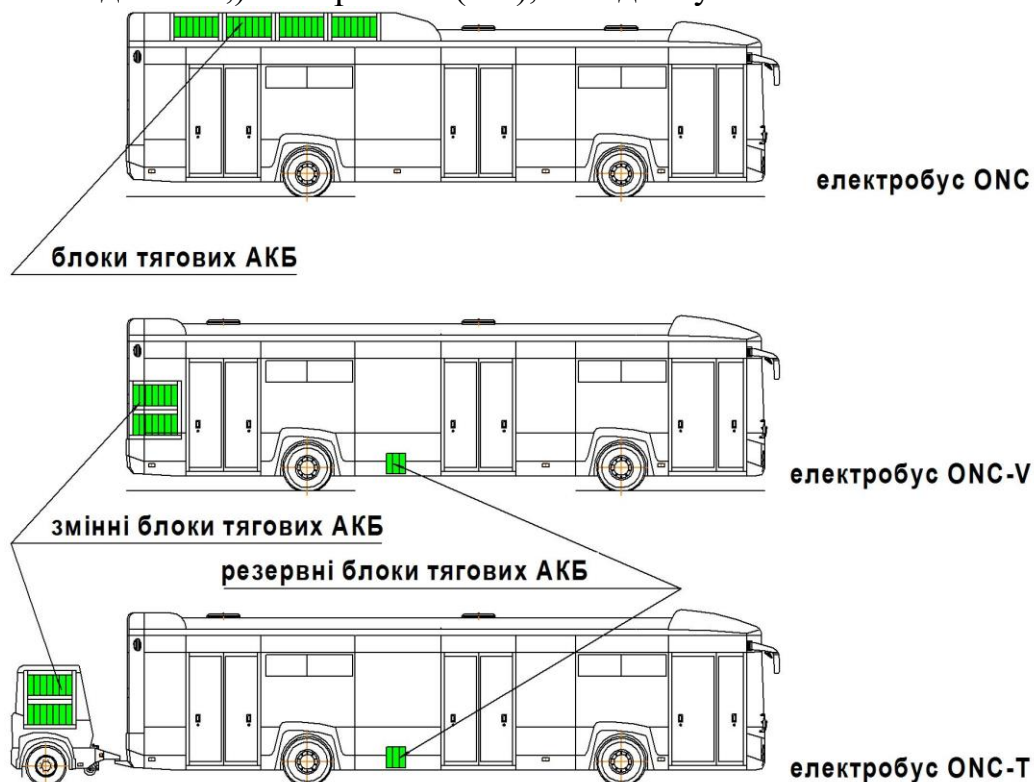


Рисунок 1 Розміщення тягових АКБ міських електробусів різних типів

Таблиця 2 Технічні параметри перспективних міських низькопідлогових електробусів великого класу типу ONC

Модель електробуса	Тип електробуса	Довжина, м	Повна маса, кг	Споряджена маса без АКБ, кг	Енергоємність АКБ, кВт·год.	Маса АКБ, кг	Споряджена маса, кг	Корисна маса, кг	Вмістимість, чол.	Пробіг, км
АПП-ЕхО12.01	ONC	12,0 ^{*1}	18000	10800	310	3260	14060	3940	58	200
АПП-ЕхО12.02			19000		327	3440	14240	4760	70	
АПП-ЕхV12.01	ONC-V		18000		160 ^{*3}	1685	12650	5515	81	100 ^{*4}
АПП-ЕхТ12.01	ONC-T		20000 ^{*2}		176 ^{*3}	105	10905	7095	104	

Примітка: ¹Габаритна довжина відноситься тільки до електробуса; ²З масою причепа з основним блоком тягових АКБ, рівною 2000 кг; ³З урахуванням резервного блоку (або запасу) тягових АКБ енергоємністю 10 кВт·год.; ⁴Пробіг на основних блоках тягових АКБ

Аналіз розрахункових параметрів проєктованих міських електробусів ВКл з габаритною довжиною 12,0 м показує, що завдяки меншій енергоємності тягових АКБ пасажиромістимість електробусів типів ONC-V і ONC-T значно більша при адекватних повних масах і навіть при повній масі електробусів типу ONC, рівній 19000 кг (рис. 2).

Пасажиромістимість, чол.

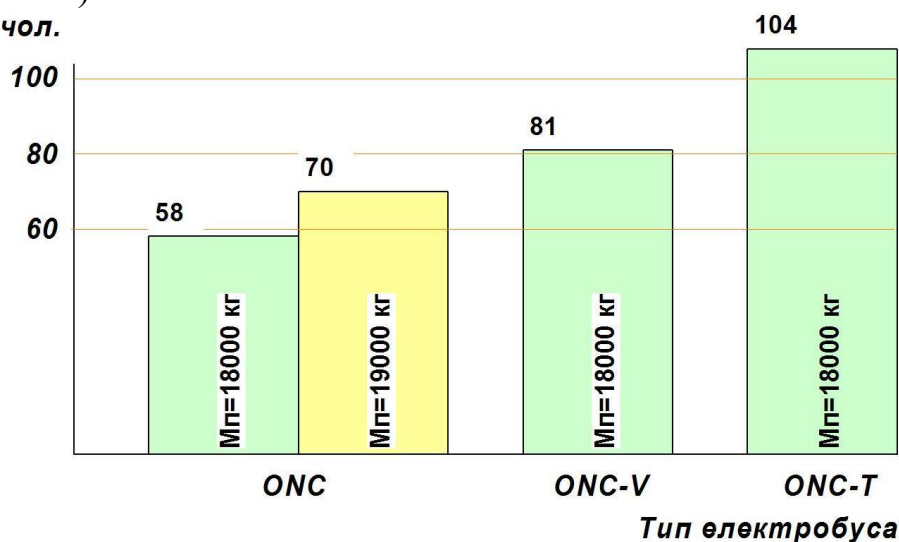


Рисунок 2 Пасажиромістимість міських електробусів ВКл різних типів

Проте, оцінка перспективності напрямків створення міських низькопідлогових електробусів ВКл типів ONC-V і ONC-T повинна базуватися на порівнянні технічного рівня та економічності експлуатації проєктованих електробусів та електробусів-аналогів.

Технічні параметри найбільш характерних сучасних міських електробусів типів ONC та ОС, обладнаних тяговими АКБ типу LiFePO₄ або тяговими СК, провідних європейських і китайських, а також українських, білоруських та російських виробників наведені у табл. 3. У цій же таблиці наведені технічні

параметри і першого дослідного зразка електробуса ВКл типу ОНС-Т моделі ПК ТС-6218 "Пионер", основні блоки тягових АКБ якого розміщені у двомостовому причепі [7].

Таблиця 3 Технічні параметри сучасних міських низькопідлогових електробусів великого класу

Модель електробуса	Тип електробуса	Довжина, м	Повна маса, кг	Споряджена маса без АКБ, кг	Енергоємність АКБ, кВт·год.	Маса АКБ, кг	Споряджена маса, кг	Корисна маса, кг	Вмістимість, чол.	Пробіг, км
Irizar i2e (Іспанія)	ОНС	12,16	19000	10735	350	3685	14420	4420	65	221
	ОС-В			10895	185	1950	12845	6155	90	117
				90	950	11845	7155	105	57	
BYD 12M LF (Китай)	ОНС	12,0	19000	10150	324	3410	13560	5440	80	205
				10155	291	3065	13220	5780	85	184
				10240	270	2840	13080	5920	87	171
Белкоммунмаш Е-321 (Білорусія)	ОС-S	12,09	18000	10920	34	1360	12280	5720	84	23
Електрон Е19	ОНС	12,1	19000	11140	230	2420	13560	5440	80	145
Богдан Е701	ОС-В	11,96	18000	10740	170	1780	12560			113
ЛиАЗ-6274	ОС	12,0		11540	129	1360	12900	5100	75	86
ПК ТС-6218 ^{*1} (Росія)	ОНС-Т	11,74	17780	10420	150	1580	12000	5780	85	91

Примітка: ¹Габаритна довжина відноситься до електробуса, вказана енергоємність відноситься основних блоків тягових АКБ

Оцінку технічного рівня перспективних міських електробусів ВКл на стадії розроблення ескізних пропозицій пропонується здійснювати за відносним коефіцієнтом корисних мас проєктованого електробуса та електробуса-аналога

$$k_{mp}^m = \frac{k_m^n}{k_m^a}, \quad (8)$$

де k_m^n і k_m^a - коефіцієнти корисних мас, відповідно, проєктованого (перспективного) електробуса та електробуса-аналога;

$$k_m^i = \frac{M_{\kappa}^i}{M_{cn}^i}, \quad (9)$$

де M_{κ}^i і M_{cn}^i - відповідно, корисна та споряджена маса i -го електробуса (проєктованого або аналога), кг.

Ефективність перевезень пасажирів перспективними міськими електробусами ВКл на стадії розроблення ескізних пропозицій пропонується оцінювати відносним коефіцієнтом витрат енергоефективності тягових АКБ

проектowanego електробуса та електробуса-аналога за умови однакового пробігу і однакової кількості перевезених пасажирів

$$k_{mp}^w = \frac{M_{cn}^a + n_{nac} \cdot m_{nac}}{M_{cn}^n + n_{nac} \cdot m_{nac}}, \quad (10)$$

де M_{cn}^n і M_{cn}^a - споряджені маси, відповідно, проекowanego (перспективного) електробуса та електробуса-аналога.

Сумарний коефіцієнт економічної ефективності проекowanych перспективних міських електробусів визначається за виразом

$$k_{ef} = 0,5 \cdot (k_{mp}^m + k_{mp}^w). \quad (11)$$

Оцінка економічної ефективності міських низькопідлогових електробусів ВКл пропонованих типів ONC-V та ONC-T з повними масами 18000 кг у порівнянні з електробусом-аналогом моделі BYD 12M LF типу ONC з повною масою 19000 кг при однакових добових пробігах 200 км наведена у табл. 4.

Таблиця 4 Оцінка технічного рівня перспективних міських низькопідлогових електробусів великого класу типу ONC

Модель електробуса	Тип електробуса	Повна маса, кг	Енергоємність ДЕЕ, кВт·год.	Маса ДЕЕ, кг	Споряджена маса, кг	Корисна маса, кг	Вмістимість, чол.	k_i^i	$k_{\delta\delta}^m$	$k_{\delta\delta}^w$	$k_{\delta\delta}^N$
BYD 12M LF	ONC	19000	324	3410	13560	5440	80	0,40	-	-	-
АПП-ЕхV12.01	ONC-V	18000	160	1685	12485	5515	81	0,44	1,09	1,06	1,07
АПП-ЕхТ12.01	ONC-T	20000	176	1850	12905	7095	104	0,55	1,38	1,04	1,16

Ефективність перевезень пасажирів пропонується оцінювати також і за відносними коефіцієнтами витрат енергоємності тягових АКБ на перевезення 1 пасажиря

$$k_{ef}^N = \frac{W_{акб}^a \cdot N_{nac}^n}{W_{акб}^n \cdot N_{nac}^a}, \quad (6)$$

де $W_{акб}^a$ і $W_{акб}^n$ - енергоємність, відповідно, тягових АКБ електробуса-аналога та проекowanego електробуса, кВт·год.; N_{nac}^n і N_{nac}^a - пасажировмістимість, відповідно, проекowanego електробуса та електробуса-аналога, чол. Для пропонованих міських електробусів типу ONC-V $k_{ef}^N=1,10$, а типу ONC-T $k_{ef}^N=1,37$.

Отже, при добових пробігах у 200 км електробуси типів ONC-V і ONC-T хоча й потребують одноразової заміни основних блоків тягових АКБ, але економічність їх експлуатації підвищується на 10-37 % навіть при повній масі 18000 кг.

Проте, зважаючи на великі невідресорені маси привідних мостів порталного та інтегрально-портального типів, напрямок створення перспективних міських електробусів ВКл на основі застосування колісної

формули 4x2.2 на нинішній час уже являється неперспективним, особливо за умови збільшення їх повної маси до 19000-19500 кг.

Понад сорок років тому групою українських фахівців у галузі автобусобудування був запропонований, але надовго забутий, напрям створення міських максимально уніфікованих електробусів на основі застосування колісних формул 4x2.1, 6x4.1 та 8x4.1 з приводними мостами з незалежною підвіскою одинарних коліс [8]. На протязі останніх п'яти-семи років з появою таких мостів серійного виробництва фірми "Brist Axle Systems Srl" [9] автором було запропоновано і запатентовано кілька варіантів міських електробусів з такими колісними формулами [10-11] та навіть розроблено у НТЦ "Автополіпром" ряд ескізних проектів модульно-уніфікованих міських електробусів різних типорозмірів з колісною формулою 4x2.1. Проте, українськими автобусовиробниками вони не були сприйняті. Зате на протязі чотирьох останніх років кількома європейськими фірмами створені міські електробуси з колісною формулою 4x2.1 [12-14].

Застосування колісної формули 4x2.1 також забезпечує зменшення спорядженої маси міських електробусів ВКл за рахунок меншої маси приводних мостів з незалежною підвіскою одинарних коліс (табл. 5).

Таблиця 5 Технічні параметри приводних мостів міських електробусів

Найменування параметра	Модель ведучого моста			
	ZAwheel v1.0	AV 133	AVE 130	IDS TJ 105-225 HR
Фірма-виробник	Ziehl-Abegg	ZF		Brist Axle
Допустима навантага, кГс	13000			10500
Типорозмір шин	275/70R22.5			385/55 R22.5"
Маса (з підвіскою без коліс), кг	646*	973	1220*	650
Примітка: *Включно з масою тягових електричних двигунів				

Але основна перевага приводних мостів з незалежною підвіскою одинарних коліс полягає у їх меншій масі на 323 кг і 570 кг тільки за рахунок мостів без коліс та у значно меншій невіднесеної масі, навіть у порівнянні з електричним порталним мостом моделі "ZAwheel v1.0", що у кілька разів сповільнює процес руйнування покриття міських вулиць. Уже завдяки цим перевагам найбільш оптимальними являються напрямки створення перспективних двомостових міських низькопідлогових електробусів ВКл типів ONC-V і ONC-T на основі застосування колісної формули 4x2.1 та приводних мостів з незалежною підвіскою одинарних коліс. Детальний аналіз ефективності міських електробусів, спроектованих за цими напрямками, являється предметом розгляду у іншій роботі.

Висновки

1. За технічними параметрами та економічними показниками найбільш перспективними для вітчизняного електробусобудування являються напрямки створення конкурентоспроможних міських низькопідлогових електробусів ВКл типів ONC-V і ONC-T, які передбачають одно- або дворазову заміну основних

блоків тягових АКБ оптимізованої енергоємності, розміщених, відповідно, у їх кузовах або у одно-двомостових причепах на спеціальних зарядних станціях, розміщених біля кінцевих зупинок кількох маршрутів.

2. Економічна ефективність експлуатації електробусів ВКл пропонує типів ONC-V і ONC-T на міських маршрутах на 10-37 % вища у порівнянні з аналогічними електробусами типу ONC навіть з повною масою 19000 кг.

3. Перспективність створення і експлуатації міських електробусів ВКл типів ONC-V і ONC-T забезпечується також застосуванням меншої кількості зарядних станцій повільного заряджання змінних блоків тягових АКБ, яке за рахунок менших нічних тарифів на електроенергію збільшує кількість циклів їх заряджання-розряджання, у т.ч. без зменшення номінальної енергоємності, та продовжує термін їх використання у порівнянні з електробусами типу ОС.

4. Створення перспективних міських електробусів типів ONC-V і ONC-T повинно базуватися на колісних формулах 4x2.1 для двомостових та 6x4.1 і 8x4.1 для три- і чотиримостових електробусів.

5. Створення перспективних міських електробусів типів ONC-V і ONC-T з колісними формулами 6x4.1 і 8x4.1 являється для вітчизняного і світового електробусобудування також і єдиним, принаймні на найближчі десять років, соціально-перспективним напрямком, оскільки забезпечує значне зменшення капіталовкладень на утримання та ремонт міських вулиць, особливо з розвиненою підземною інфраструктурою.

Література

1. Войтків С.В., Войтків О.С. Нова система позначення автобусів і тролейбусів / С.В. Войтків, О.С. Войтків // Проектування, виробництво та експлуатація автотранспортних засобів і поїздів: Зб. наук. праць. - Львів, 2006. - Вип. 9. - С. 23-27.

2. Products for Buses and Coaches. URL: https://www.zf.com/master/media/corporate/m_zf_com/company/download_center/products/buses/TU_Product_Overview_201811_DE_EN_LowRes.pdf (дата звернення 06.11.2018).

3. ZAwheel axle drive module. URL: https://www.ziehl-abegg.com/fileadmin/Downloadcenter_NEW/00_englisch%28EN%29_MASTER/X01_Brochures_Flyers/Flyer-ZAwheel.pdf (дата звернення 17.07.2018).

4. Электробус... Опыт эксплуатации в России. URL: http://www.muet-ufa.ru/files/Razvitiye_tramvaynoy_seti/Фролов%20электробус%20динамический+.pdf (дата звернення 05.11.2019).

5. Электробус – технические особенности вариантов исполнения. URL: http://www.mosgortrans.ru/fileadmin/projects/electrobus/HTC_08.09.2017/Electrotrannservice.pdf (дата звернення 05.11.2019).

6. Войтків С.В. Шляхи покращення економічних показників перспективних міських електробусів/ С.В. Войтків // Автомобіль і електроніка. Сучасні технології: Електронне наукове спеціалізоване видання.- Х.ХНАДУ, 2017.- № 14. - С. 12-21.

7. "Пионер". Низкопольный электробус с использованием МАС. URL: <http://pk-ts.org/produkcija/pioner/> (дата звернення 05.11.2019).

8. Транспортное средство модульной конструкции. Авторское свидетельство СРСР № 931568, М. Кл. В 62 D 47/02, В 62 D 23/00 / В.К. Белик, Б.В. Курач, Я.С. Трач // Заявл. 20.07.77, 2532945/27-11. Опубл. 30.05.82. - Бюлл. № 20. - 5 с.

9. Brist's Product Brochure. URL: <http://bristaxle.com/products/> (дата звернення 05.11 2018).

10. Пат. на корисну модель 113069. Україна, МПК В62D 47/00 (2016.01), В62D 47/02 (2006.01). Електробус міський середнього класу. / С.В. Войтків. - № u201607018; заявл. 29.06.2016; опубл. 10.01.2017; Бюл. № 1. - 4 с.

11. Пат. на корисну модель 114704. Україна, МПК В60К 17/00 (2017.01), В62D 47/02 (2006.01), В62D 61/10 (2006.01). Метробус тримостовий. / С.В. Войтків. - № u201610871; заявл. 28.10.2016; опубл. 10.03.2017; Бюл. № 5. - 4 с.

12. Aptis. A new mobility experience. URL: <https://www.eqmagpro.com/wp-content/uploads/2018/05/Aptis-product-sheet-March-17-v2.pdf> (дата звернення 05.11 2018).

13. Tam-vero-electric_v2.pdf. URL: https://www.tam-motors.eu/wp-content/uploads/2018/05/tam-vero-electric_v2.pdf (дата звернення 05.11 2018).

14. 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". - №5.- Харків: ХНТУСГ, 2016. - С. 109-116

УДК 62-783.67:66.046.51

**ВІДНОВЛЕННЯ РОЗМІРНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗНОШЕНИХ
КОНІЧНИХ ОТВОРІВ ПОВОРОТНОГО КУЛАКА ЗИЛ-130
ЕЛЕКТРОІСКРОВИМ НАРОЩУВАННЯМ**

Богатчук І.М., к.т.н., с.н.с.

Прунько І.Б., к.т.н., доц.

Кернякевич В.В.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Abstract

One of the responsible and expensive parts is the fist of the rotary mechanism of the car ZIL-130.

Defective card for this product provides the possibility of eliminating defects of working surfaces by various methods: surfacing with subsequent machining, installation of repair bushings, etc.

The exception is the conical holes of the fist. The wear of the conical holes under the lever of the fist is determined by the introduction into the hole of the conical caliber with a cone of 1: 8 and a small diameter of 35.0 mm. If the discrepancy between the ends of the workpiece and the caliber exceeds 1.5 mm, the rotary fist is missing.

In other words, minimal wear on this surface, 0.01 - 0.02 mm, causes the workpiece to be thrown out.

The way out of this situation can be the use of spark-doping. EIL allows you to create coatings with unique physico-mechanical and tribotechnical properties.

Keywords: defect, sparking alloy, fist

Вступ

Підприємства нафтогазового технологічного транспорту експлуатують різноманітну спецтехніку на шасі автомобілів. Характерною для даних підприємств є велика різноманітність використовуваних марок автомобілів, а також різний термін експлуатації зазначених автотранспортних засобів.

Багато автомобілів нафтогазових підприємств нашого регіону були випущені ще в 90-ті роки минулого століття. Деякі моделі уже зняті з виробництва, тому питання забезпечення запасними частинами для ремонту є актуальним. Ремонтні майстерні нафтогазового технологічного транспорту не завжди оснащені сучасним технологічним обладнанням та забезпечені кадрами відповідної кваліфікації. Актуальним є підбір технологічних процесів реставрації деталей в умовах цих майстерень з точки зору їх простоти, дешевизни та продуктивності.

Необхідно використовувати такі процеси реставрації автомобільних деталей, які б не вимагали високої кваліфікації ремонтних робітників, одночасно забезпечуючи високу якість виконаної роботи.

Однією з відповідальних і дороговартісних деталей є кулак поворотного механізму автомобіля Зил-130.

Дефектаційна карта на даний виріб передбачає можливість усунення дефектів робочих поверхонь різними методами: наплавка з послідуною механічною обробкою, встановлення ремонтних втулок та ін.

Винятком є конічні отвори поворотного кулака. Знос конусних отворів під важелі поворотного кулака визначають введенням в отвір конусного калібру з конусністю 1: 8 і малим діаметром 35,0 мм. Якщо розбіжність торців деталі і калібру перевищує 1,5 мм, то поворотний кулак бракують.

Говорячи іншими словами мінімальний знос цієї поверхні, величиною 0,01 – 0,02 мм призводить до вибраковування деталі.

Реставрувати дану поверхню класичними методами (наплавка, залізнення) недоцільне, оскільки затрудненою є послідуна її механічна обробка, яка в свою чергу вимагає застосування специфічного осьового інструменту.

Крім того, отримані покриття не володіють добрим адгезійним схоплюванням з матеріалом основи.

Виходом з даної ситуації може бути використання електроіскрового легування. ЕІЛ дозволяє створювати покриття з унікальними фізико-механічними і триботехнічними властивостями.

Аналіз попередніх досліджень

Метод електроіскрового легування знайшов своє застосування у зміцненні різального інструменту, машинобудуванні, штампового оснащення. Економічна ефективність та обґрунтованість використання цього покриття підтверджується у багатьох працях [1-3].

Вся суть цього методу обробки полягає у тому, що під дією великих електромеханічних та теплових навантажень проходить локальне розплавлення з наступним перенесення та охолодженням (103–104) град/с матеріалу аноду на поверхню матеріалу катоду [4].

На обробленій поверхні проходять процеси (дифузійні, триботехнічні, електромеханічні та ін.), які забезпечують високу адгезію між матеріалами основи та покриття [5].

Модель протікання процесу наступна.

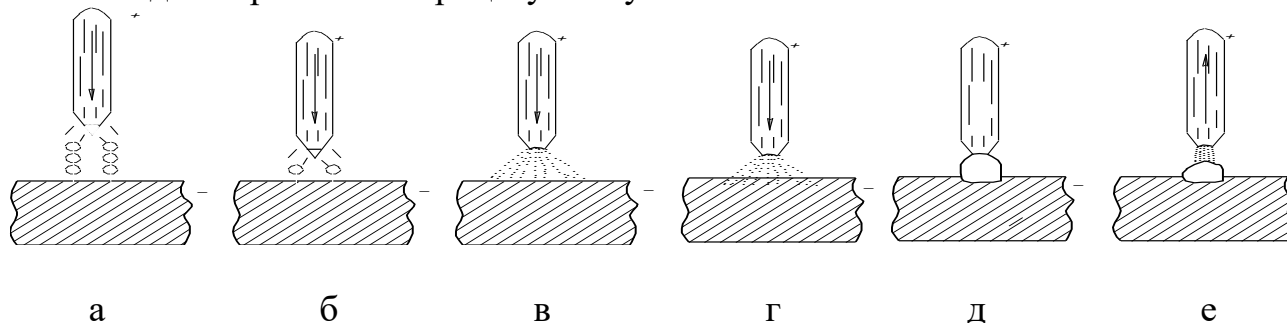


Рисунок 1 Схема процесу переносу металу з аноду на катод при електроіскровому зміцненні і легуванні: а – момент пробою між електродного проміжку; б – віддалення від аноду краплерозплавленого металу; в – вибух розплавленої краплі; г – осадження і проникнення матеріалу аноду на катоді; д – момент контакту електродів; е – розходження електродів.

Під час зближенні електродів напруженість електричного поля збільшується. При певній критичній відстані між електродами виникає іскровий електричний розряд. Через утворений наскрізний канал провідності пучок електронів фокусується та ударяється об поверхню анода. Енергія гальмування електронів виділяється в приповерхневих шарах анода. В результаті з тим, що в даний момент система стрибкоподібно звільняє накопичену енергію, густина струму значно перевищує певні критичні значення. У зв'язку з цим від анода відділяється крапля розплавленого металу, яка рухається до поверхні катода (рис.1.2, б), випереджаючи анод, який рухається [6].

У процесі відділення від анода крапля, яка летить, встигає за цей короткий проміжок часу нагріватися до високої температури, закипає та «вибухає». Електричний контакт струму переривається, а стискаючі напруження електромагнітного поля зникають і у результаті частинки, що утворилися летять широким фронтом [6]. Через те, що перегріта крапля і тверді частинки перебувають у контакті з газовим середовищем, то за властивостями та хімічним складом вони можуть відрізнятися від початкового матеріалу анода. Коли розплавлені частинки досягають катода, у результаті вони зварюються з ним і частково імплантуються у його поверхню [6].

Після цього процес не закінчується, так як за частинками рухається електрод, який наявний у системі, що вже встигла повторно накопичити значну енергію. Через це розжарені частинки на катоді, преходять у другий імпульс струму, що супроводжується механічним ударом маси анода, який ще рухається [6,7].

Наступним етапом процесу при механічному контакті електродів частинки зварюються між собою та прогрівається тонкий шар поверхні катода, на якому вони розташовані.

Під час цього процесу крім дифузії під дією електричного струму перенесених частинок в приверхневі шари катода відбуваються також хімічні реакції між цими частинками і матеріалом катода.

Механічний удар по розжареній масі матеріалів сприяє отриманню покриття, що значно підвищує його щільність та однорідність. Потім анод рухається вгору, а на поверхні матеріалу катода залишається міцно сполучений з ним шар матеріалу анода [6,8].

Постановка проблеми

Таким чином, необхідно вибрати оптимальний метод реставрації конічних отворів кулака поворотного автомобіля ЗиЛ-130, який би відзначався простотою і дешевизною реалізації і не потребував би використання висококваліфікованих виконавців, що особливо актуально для умов ремонтних майстерень. Актуальною є також проблема вибору оптимальних режимів нанесення покриття і підбору електродів.

Мета та завдання

Проаналізувати доцільність використання методу ЕІЛ для реставрації конічних отворів поворотного кулака.

Результати вирішення основних завдань

Нами було здійснено процес нанесення покриття з використанням установки для електроіскрового легування «Элитрон – 24А».

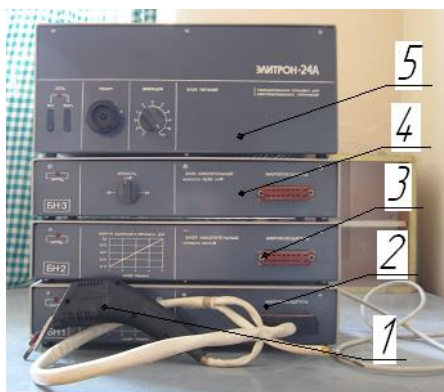
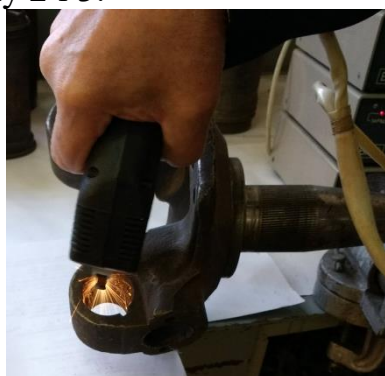


Рисунок 2 Загальний вигляд устаткування «Элитрон – 24А»: 1 – збудник вібрації, 2-4 – накопичувальні блоки, 5 – блок живлення

Процес нанесення покриття і вигляд нанесеного шару показані на рисунку 2 і 3.



а)



б)

Рисунок 3 – Процес нанесення покриття і вигляд нанесеного шару
Параметри режимів нарощування наведені в табл. 1.

Таблиця 1 Параметри режимів і матеріали для нарощування.

Ємність блоку накопичення, мкФ	Амплітуда імпульсів напруги, В	Частота вібрації інструменту, Гц	Енергія одиничного імпульсу, Дж
150±15	75±16	250±50	0,42

Після нанесення поверхневого шару зі зміцнених кулаків вирізали заготовки і виготовляли з них шліфи. Для травлення структури використали 3%-ний спиртовий розчин HNO_3 . Металографічний аналіз шліфів провели на оптичному мікроскопі Neofot 21.

В якості електроду нами використовувалась сталь 45 ГОСТ 1050-88.

Типова структура нарощеного шару, показана на рисунку 4. Товщина нарощеного шару (світла смужка) становила 300 мкм. Цей шар практично не підлягає травленню, що свідчить про значну концентрацію в ньому елементів легування.

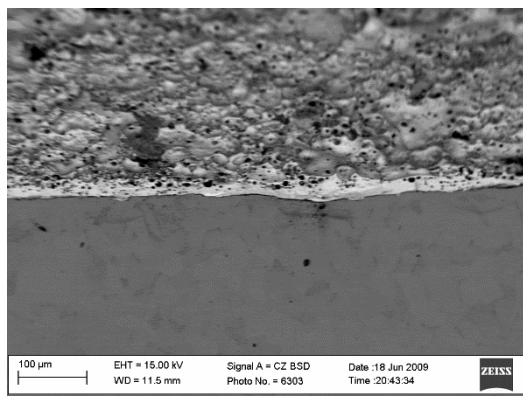


Рисунок 4 – Типові мікроструктури зміцненого поверхневого шару (x500)

Мікротвердість отриманого шару становила близько 1600...1900 МПа, що характерно для фериту як складової сталей з ферит-перлітною структурою.

Середньоарифметичне відхилення профілю не перевищувало 20 мкм, що забезпечило високу якість оброблюваної поверхні (5 – 6 клас) [9, 10].

Саме цей режим обробки є найбільш оптимальними для відновлення зношених робочих поверхонь шипів хрестовин карданних валів.

Оскільки електроіскрова обробка не спричиняє нагріву значних об'ємів металу основної деталі, тому не виникають її деформації та зміна структури основного металу.

Висновки

1. На основі проведених досліджень структури нарощеного шару, виявлено, що за використання електродів виготовлених зі сталі 45 максимальна товщина шарів становила 300 мкм. Мікротвердість отриманого шару становила близько 1600...1900 МПа

2. Оскільки електроіскрова обробка не спричиняє нагріву значних об'ємів металу основної деталі, тому не виникають її деформації та зміна структури основного металу.

3. Наявність мікропор на зовнішній поверхні обробленої деталі сприяє кращому утриманню мастила, а відповідно покращує трибологічні властивості поверхні.

4. Враховуючи також простоту використаного для електроіскрової обробки обладнання, цей спосіб реставрації може бути рекомендований для застосування в авторемонтних майстернях.

Література

1. Electro-spark alloying using graphite electrode on titanium alloy surface for biomedical applications / Chang-bin, T.; Dao-xin, L.; Zhan, W.; Yang, G. // Applied Surface Science. – 2011. – 257. – 636-637.

2. Radek N. Influence of laser treatment on the properties of electro-spark deposited coatings / N. Radek, B. Antoszewski // Kovove Materialy-Metallic Materials.–2009. – 1. – 31-38.

3. Odporność na korozję kawitacyjną powłok elektroiskrowych / Jasionowski R., Podrez – Radziszewska M., Depczyński W., Radek N. // Inżynieria Materiałowa.– 2011. – 450-453.

4. Подчерняева И.А. Электроэрозионная стойкость и структурно фазовое превращения при электроискровом и лазерном легировании титанового сплава композиционной керамикой на основе систем ZrB_2-ZrSi_2 и $TiN-Cr_3C_2$ / И.А. Подчерняева, А.Д. Панасюк, В.М. Панащенко // Порошковая металлургия. – 2008.– № 1/2. – С. 151–161.

5. Верхотуров А.Д. Формирование поверхностного слоя металлов при электроискровом легировании / А.Д. Верхотуров. – Владивосток: Дальнаука, 2006.– 323 с.

6. І.Б. Прунько Структура і залишкові напруження в поверхневому шарі сталі 40Х після електроіскрового оброблення електродами зі сплавів Т15К6 та ВК8 / І.Б. Прунько, Ю.І. Богатчук, М.М. Студент // Наукові нотатки. – Луцьк: Луцький національний технічний університет, 2009. – С.255 – 260.

7. 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". – №5.– Харків: ХНТУСГ, 2016. – С. 109-116

8. ВВ Аулін, СВ Лисенко, ОВ Кузик, АВ Гриньків, ДВ Голуб Трибофізичні основи підвищення надійності мобільної сільськогосподарської та автотранспортної техніки технологіями триботехнічного відновлення. Монографія. – Кропивницький: видавець Лисенко В.Ф., 2016. 304с.

УДК 621.793.7

**ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ВІДНОВЛЕНИХ ДЕТАЛЕЙ
МАШИН НА ОСНОВІ МОДИФІКУВАННЯ КОМПОЗИЦІЙНИМ
МАТЕРІАЛОМ НАПЛАВЛЕНИХ ПОКРИТТІВ**

Лузан С.О., д.т.н., проф.

Сідашенко О.І., к.т.н., проф.

Лузан А.С., асп.

Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка

Abstract

To restore machine parts used quite a large range of materials in the form of wire, powders, flexible cords, etc. However, it is not always possible to provide the required resource for the restoration of parts working in abrasive and corrosive environments. One of the modern directions of increasing the wear resistance and other properties of reducing coatings is the use of composite materials. This paper presents the results of research on the development of a composite modifying material to control the properties of reducing coatings based on commercially available powder material PG-10N-01. It is shown that the developed composite material obtained using the SHS process from a powder mixture of $Ti+C+SiO_2+Al_2O_3+Fe_2O_3+Al+PT-NA-01$ provides a higher (1.65 times) abrasive resistance of the deposited alloy coating PG-10N-01 when modifying its composite material in the amount of 20%.

Keywords: composite material, tribological properties, wear resistance

Вступ

Основними причинами відмов машин є знос (до 60 % відмов) і механічні пошкодження деталей (близько 20 %). Велика частина (до 70 %) зношених деталей – це деталі з перетином циліндричної форми (вали, осі), що працюють в умовах сполучення. До 80 % зношених деталей вибраковується при зносі до 0,6 мм, причому більшість з них – при зносі до 0,3 мм [1, 2].

Експлуатаційні властивості деталей – зносостійкість, корозійна стійкість, стійкість до втоми та ін. – залежать від якості поверхневого шару. Поверхневий шар характеризується макро- і мікрогеометричними параметрами і фізико-механічними властивостями. До геометричних параметрів відносять шорсткість, хвилястість, відхилення від заданої геометричної форми. Набір фізико-хімічних параметрів включає структуру, фазовий склад, хімічний склад, механічні властивості, деформацію (наклеп), залишкові напруги.

Найбільш поширеними способами відновлення зношених деталей машин є газотермічні методи напилення і електродугове наплавлення [3, 4]. Для відновлення деталей машин промисловістю випускається досить велика номенклатура матеріалів у вигляді дроту, порошків, гнучких шнурів і т. д. Однак не завжди вдається забезпечити необхідний ресурс при відновленні деталей, що працюють в абразивному і корозійному середовищах. Тому залишається актуальним створення нових більш стійких матеріалів. Одним з напрямків є розробка модифікуючих композиційних матеріалів для керування

властивостями відновлювальних покриттів на основі матеріалів, які випускаються серійно.

Аналіз попередніх досліджень

В монографії [5] на основі аналізу впливу ряду факторів: навантаження, частоти обертання, ступеня забруднення мастильного середовища, конструктивних особливостей вузлів, сполучень на інтенсивність зношування та динаміку накопичення втомних пошкоджень, а також з урахуванням накопиченого досвіду підвищення працездатності деталей та вузлів на Харківському тракторному заводі була визначена номенклатура деталей шасі колісних тракторів типу Т-150К які вимагають підвищення довговічності. Номенклатура містить 36 деталей. Переважаючі види пошкоджень: знос – 33 деталі, питтинг зубів – 2 деталі, спікання втулки з валом – 1 деталь. Якщо проаналізувати вибрані можливі шляхи підвищення довговічності, то на частку зміцнюючих технологій припадає 9 деталей (плазмове напилення – 3 дет., хіміко-термічне зміцнення – 3 дет., лазерне зміцнення – 3 дет.), що становить понад 27%, а серед них плазмове напилення і лазерне зміцнення займають обсяг 67%.

Ресурс більшості машин залежить від відносно невеликої кількості деталей. Це дозволяє планувати обсяги їх відновлення, розробляти, випускати і впроваджувати спеціальне обладнання, створювати і розвивати спеціалізовані виробництва, нарощувати обсяги і розширювати номенклатуру відновлення зношених деталей.

Агрегати і вузли автомобілів, тракторів і сільськогосподарських машин являють собою сукупність безлічі деталей типу вал, втулка, важіль, корпус, шестерня, що піддаються в процесі експлуатації дії різного роду навантажень і середовищ, що призводять до незворотних процесів, зносу їх робочих поверхонь.

При обробці статистичних даних по відмовам деталей автомобілів встановлено наступний їх розподіл: знос – 53,4%; руйнування (тріщини, полонка, обрив частини деталі) – 18,9%; деформація (розтягування, скручування, вигин) – 10,4%, інші види дефектів – 17,3%.

Необхідно відмітити, що абразивне зношування превалює над усіма іншими: близько 40% деталей мають чисто абразивне зношування і 50% – абразивне зношування в комбінації з іншими видами зношування й руйнувань поверхневого шару [6-8].

Постановка проблеми

В даний час одержав розвиток новий напрям – застосування для підвищення довговічності відновлених деталей машин наплавлених покриттів, модифікованих композиційними матеріалами, з метою підвищення їх зносостійкості.

Мета та завдання

Метою даної роботи є розробка пропозицій щодо підвищення довговічності деталей машин під час їх відновного ремонту шляхом наплавлення покриттів, модифікованих композиційним матеріалом.

Результати вирішення основних завдань

Одним з найбільш ефективних шляхів створення таких композиційних матеріалів є застосування технології високотемпературного синтезу (СВС). Найбільш популярними є склади композиційних матеріалів на основі титану. Це пов'язано з високим екзотермічним ефектом реакції утворення карбіду титану з елементів, що забезпечує широкий вибір матеріалу зв'язки (1).

В якості вихідних матеріалів для отримання композиційного матеріалу використовували порошки титану марки ВТ1-0, вуглецю марки ПМ-15 і оксиди алюмінію і кремнію з метою синтезування карбіду і дибориду титану. Необхідно відзначити, що в якості оксидів використовувалася глина мелена вогнетривка по ТУ У 08.1-35007607-005:2012, що містить 55% SiO_2 , 31,5% Al_2O_3 . Крім того, для збільшення теплового ефекту в процесі синтезу карбіду і дибориду титану в механічну суміш вводиться термореагуючий порошок алюмініда нікелю ПТ-НА-01, алюмінієва пудра (порошок) ПАП-1 ГОСТ 5494-95 і оксид заліза Fe_2O_3 .

Обрані компоненти змішувалися, і отримана порошкова суміш піддавалася механічній активації. Вибір цього способу впливу на матеріали обумовлений необхідністю створення композитів, в мікрооб'ємах яких повинна відбуватися реакція СВС. Для отримання механоактивованих порошкових сумішей застосовувався метод механічної активації в кульових млинах. Час процесу механоактивації становив 15 хвилин (рис. 1, а). На рис. 1, а видно, що в результаті механоактиваційної обробки відбулася коагуляція частинок компонентів порошкової суміші, що полегшує протікання СВС-процесу. СВС-процес отримання композиційного матеріалу здійснювали на циліндричних зразках в умовах фронтального підпалювання реагуючого складу, яке здійснювалося електричною дугою.

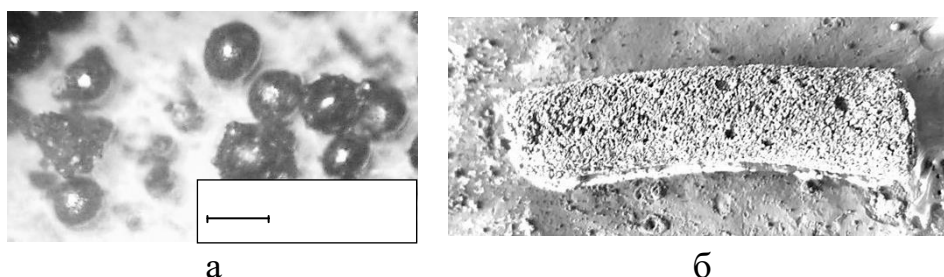


Рисунок 1 – Композиційний матеріал з компонентів $\text{Ti}+\text{C}+\text{SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{Al}+\text{ПТ-НА-01}$ після: а – механоактивації; б – СВС-процесу

Після отримання композиційного матеріалу у вигляді спека (рис. 1, б), морфологія якого свідчить про його складний склад, провели його дроблення, додали матричний матеріал ПГ-10Н-01 у кількості 80% і здійснили вібраційну обробку в циліндричному контейнері об'ємом $0,35 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$, діаметр куль – 4,5 мм, амплітуда коливань 2 мм, частота 4000 хв^{-1} , час обробки – 2 хв.

Зносостійкість наплавлених покриттів оцінювали за результатами випробувань на тертя о закріплені абразивні частинки згідно ГОСТ 17367-71.

Сплав ПГ-10Н-01 приймався в якості контрольного матеріалу, його зносостійкість була прийнята за одиницю. Другий пропонований матеріал – синтезований із застосуванням СВС-процесу з компонентів $Ti + C + SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3 + Al + ПТ-НА-01$, додавався в сплав ПГ-10Н-01 в кількості 20% і після змішування піддавався вібраційній обробці на вищевказаному режимі. Отримані результати представлені на рис. 2.

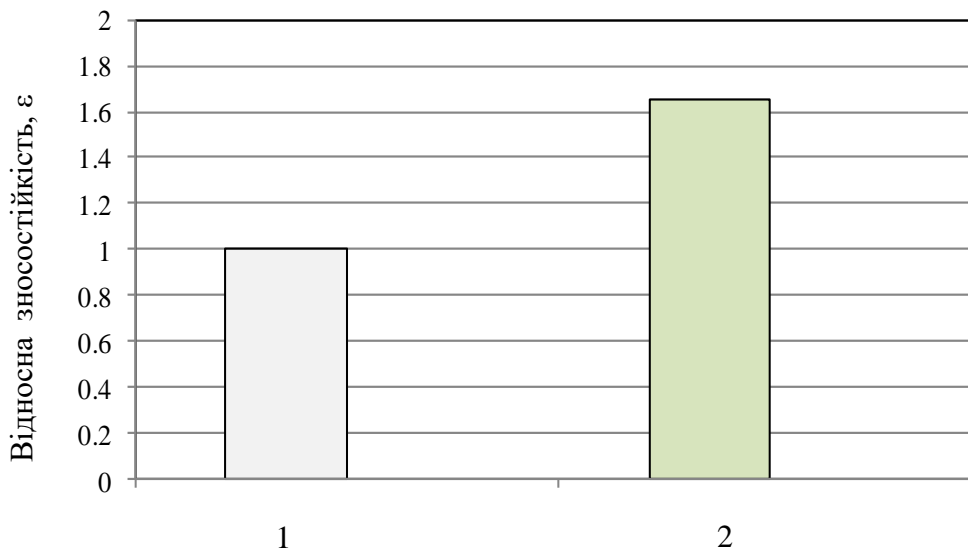


Рисунок 2 - Відносна зносостійкість наплавлених покриттів в умовах впливу закріплених частинок абразиву: 1 – сплав ПГ-10Н-01; 2 – покриття {20% КМ + 80% ПГ-10Н-01}

З аналізу рис. 2 видно, що зносостійкість наплавленого покриття з композиційного матеріалу {20% КМ + 80% ПГ-10Н-01} в 1,65 разів перевищує зносостійкість покриття з самофлюсуючого сплаву ПГ-10Н-01.

Висновки

1. Розроблено композиційний матеріал, одержуваний із застосуванням СВС-процесу з порошкової суміші компонентів $Ti+C+SiO_2+Al_2O_3+Fe_2O_3+Al+ПТ-НА-01$, який забезпечує більш високу (1,65 разів) абразивну стійкість наплавленого покриття сплавом ПГ-10Н-01 при модифікуванні його композиційним матеріалом в кількості 20%.

2. Застосування розробленого композиційного матеріалу для модифікування наплавляемого покриття на основі сплаву ПГ-10Н-01 електродуговим способом забезпечить підвищення довговічності деталей машин, що працюють в абразивному середовищі.

Література

1. Гаркунов Д. Н. Триботехника (конструирование, изготовление и эксплуатация машин): [учебник] / Гаркунов Д. Н. – М. : МСХА, 2002. – 632 с.
2. Иванов, В.П. Технология и оборудование восстановления деталей машин / В.П. Иванов. – М.: Техноперспектива, 2007. – 458 с.
3. Kolasa, A. Regeneration of worn out machine parts surfaces by automatic welding / A. Kolasa, T. Sarnowski, P. Cegielski // Przegląd spawalnictwa. – 2015. – Vol. 87, no. 1. – P. 50–57.

4. Voynash, S.A. Rational Route Choosing Methodology for Machine Parts Restoration and Repair / S.A. Voynash, P.A. Gaydukova, A.N. Markov // *Procedia Engineering*. – 2017. – Vol. 206. – P. 1747–1752. DOI: 0.1016/j.proeng.2017.10.708.
5. Кухтов В. Г. Долговечность деталей шасси колёсных тракторов / Кухтов В. Г. – Харьков : ХНАДУ, 2004. – 292 с.
6. Лузан С.О. Комплексна оцінка номенклатури деталей, які визначають ресурс мобільної техніки та її безпеку / С.О. Лузан // *Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка*. – Харків: 2014. – Вип. 148. – С. 478-485.
7. Аулін В.В., Лисенко С.В., Кузик О.В., Гриньків А.В., Голуб Д.В. Трибофізичні основи підвищення надійності мобільної сільськогосподарської та автотранспортної техніки технологіями триботехнічного відновлення. Монографія. – Кропивницький: видавець Лисенко В.Ф., 2016. 304с.
8. Аулін В.В., Гриньків А.В. Методика вибору діагностичних параметрів технічного стану транспортних засобів на основі теорії сенситивів / В.В. Аулін, А.В. Гриньків // *Науковий журнал "Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів"*. – №5.– Харків: ХНТУСГ, 2016. – С. 109-116

УДК 656.073

**МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ РІЗНИХ ФАКТОРІВ ПАРАМЕТРІВ
ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕСУ НА ТРАНСПОРТНЕ
ОБСЛУГОВУВАННЯ МІСТ**

Кутья О.В.

Бережна Н.Г., к.т.н.

Насіров А.Е.

Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка

Abstract

The analysis of scientific information and the positive practical results obtained in the organization of small-scale urban freight traffic suggest that the cost of transport services is a significant factor in decision-making. However, the search for solutions to improve the efficiency of freight transportation in the city remains relevant. This is due to the stochastic nature of the busy city highways and streets at different hours of the day, as well as the dynamic changes in the intensity or density of traffic flow on city streets. The influence of the logistics center (capacity of the logistics center) on the specific costs of transport service is shown. Insufficient power of the LC increases the time of processing one application, which leads to an increase in the total unit costs. This leads to the conclusion that the capacity of the logistics center must be managed.

Keywords: transportation process, transport service, urban freight, logistics center capacity, unit costs.

Вступ

Аналіз наукової інформації та отримані позитивні практичні результати по організації міських вантажних перевезень малими партіями дозволяє стверджувати, що витрати на транспортні послуги є вагомим фактором в прийнятті рішень. Однак, пошук рішень по підвищенню ефективності вантажних перевезень у місті залишається актуальним. Пов'язано це зі стохастичною природою завантаженості магістралей і вулиць міста в різні години робочого дня, а також динамічністю зміни інтенсивності або щільності транспортного потоку на вулицях міста.

Аналіз попередніх досліджень

У роботі [1] проведено аналіз процесу функціонування транспортно-складського комплексу та формалізовано критерій ефективності.

Авторами роботи [2] виконано аналіз тенденцій розвитку міських вантажних перевезень та розроблено критерій його економічної доцільності. Представлено метод оцінки вантажних перевезень міста на основі інформації про вантажопотоки. Авторами роботи [3] наведено аналіз існуючої системи

ціноутворення на вантажні перевезення та зроблено висновок, що при розрахунках витрат перевізники не враховують час простоїв, паркування, а також податок.

У роботі [4] наведено методи оптимізації витрат на вантажні перевезення. Доведено, що сумарні витрати необхідно розділити на три категорії: тарифи на перевезення; оцінка заторів і збільшення часу знаходження на маршруті; витрати на будівництво і ремонт доріг.

Дослідження, представлені в роботі [5], враховують не тільки параметри перевізного процесу, а й тип транспортних засобів. Це дозволяє авторам враховувати не тільки витрати на паливо, а й витрати на технічне обслуговування та ремонт транспортних засобів.

Становить інтерес методичний підхід до розрахунків витрат, що було наведено у роботі [6]. Автори роблять висновок, що при розрахунках загальних витрат на транспортне обслуговування не враховується показник надійності логістичних операцій. У роботах [7, 8] при розрахунках сумарних витрат застосовуються питомі показники, грн/т. При цьому сумарні витрати враховують три складові: тарифи на перевезення; витрати на паливо та технічне обслуговування транспортних засобів; заробітна плата, податки та амортизаційні відрахування.

Постановка проблеми

Одним із напрямків отримання прогнозу на витрати є розробка математичних моделей які враховують не тільки тарифи на транспортне обслуговування, а також тип транспортних засобів, витрати на паливо та технічне обслуговування, податки та амортизаційні відрахування. Отриманий результат дозволить обґрунтувати вибір типу транспортного засобу, раціональний маршрут доставки вантажу в реальному масштабі часу, тим самим знизити загальні витрати на доставку.

Виходячи з вищевикладеного, основною аргументацією наукового дослідження є пошук рішень по розрахунку питомих витрат на вантажні перевезення у місті. Шляхами такого пошуку є розробка математичної моделі, яка враховує всі складові транспортного процесу. Практичною значимістю такого дослідження є зменшення витрат на транспортне обслуговування в межах міста.

Мета та завдання

Метою цього дослідження є розробка інтегрального критерію питомих витрат на міські вантажні перевезення та отримання залежностей зміни критерію від впливу різних факторів і робочих параметрів транспортного процесу.

Результати вирішення основних завдань

На підставі робіт [7, 8], які присвячені економічним критеріям, можна зробити висновок, що доцільніше застосовувати питомі критерії або параметри, які враховують витрати на одну тону перевезеного вантажу.

Першою складовою витрат є поточні витрати, які формує прийнятий тариф на перевезення вантажу. Такий тариф визначається ринком і має розмірність грн/км.

Вираз, по якому можна визначити питомі витрати, пов'язані з ринковою величиною тарифу, можна представити в наступному вигляді:

$$B_1 = \frac{l_m^2 \cdot T_{nep} \cdot \omega}{m \cdot v_{tex} \cdot K_H}, \text{ грн/т}, \quad (1)$$

де B_1 - витрати на транспортне обслуговування, які залежать від тарифу, грн/т; l_m - відстань маршруту, км; T_{nep} - тариф на перевезення, грн/км; ω - частота надходження заявок на обслуговування у ЛЦ, 1/година; m - маса вантажу, т; v_{tex} - технічна швидкість транспортного засобу на маршруті, км/год; K_H - коефіцієнт, який оцінює надійність функціонування логістичної системи, розраховується за роботою [9].

Другою складовою витрат є поточні витрати, пов'язані з витратою палива транспортними засобами під час виконання замовлення. Ґрунтуючись на роботах [7, 8], можна записати вираз:

$$B_2 = \frac{N_{авт} \cdot v_{tex} \cdot t_{\Sigma} \cdot C_{II} \cdot 0,01G_{II}}{m \cdot K_H \cdot \beta \cdot \gamma}, \text{ грн/т}, \quad (2)$$

де $N_{авт}$ - кількість автомобілів, що перебувають в наряді; t_{Σ} - сумарний час виконання замовлення з урахуванням затримок, година; C_{II} - вартість одного літра палива, грн/л; G_{II} - витрата палива автомобілем у міському циклі руху, л/100 км; β - коефіцієнт, який враховує наявність холостого пробігу (коефіцієнт використаного пробігу); γ - коефіцієнт використання вантажопідйомності автомобіля.

Збільшення коефіцієнта надійності K_H , а також коефіцієнтів використання пробігу β і використання вантажопідйомності γ , буде сприяти зниженню витрат B_2 .

Третьою складовою витрат є витрати, які враховують заробітну плату водіїв, витрати на технічне обслуговування автомобілів та амортизаційні витрати, які залежать від початкової вартості автомобіля.

Вираз для розрахунків третьої складової витрат можна представити в наступному вигляді:

$$B_3 = \frac{N_{авт} \cdot K_{B-P} \cdot t_{\Sigma} \cdot C_{\Sigma,3n}}{m \cdot K_H} + \frac{0,00041 \cdot C_{авт} \cdot N_{авт}}{m \cdot K_H}, \text{ грн/т}, \quad (3)$$

де K_{B-P} - коефіцієнт, який враховує збільшення сумарного часу доставки вантажу на вантажно-розвантажувальні роботи, $K_{B-P} = 1,15 - 1,3$; $C_{\Sigma,3n}$ -

погодинна ставка заробітної плати водія, грн/год; $C_{авт}$ - початкова вартість автомобіля, грн.

Інтегральні питомі витрати на міські вантажні перевезення виразимо наступною формулою:

$$B = B_1 + B_2 + B_3, \quad (4)$$

Аналіз отриманих формул (1) - (4) дозволяє зробити висновок, що питомі витрати на транспортне міське обслуговування залежать від дальності перевезення, маси вантажу, коефіцієнтів надійності, використання пробігу й вантажопідйомності, сумарного часу знаходження в наряді, тарифу на перевезення і витрат палива. Представлена величина питомих витрат, формула (4), може виступати економічним інтегральним критерієм міських вантажних перевезень у процесі розв'язку оптимізаційних задач на вибір маршрутів.

Виконаємо моделювання впливу різних параметрів транспортного процесу на сумарні питомі витрати, які відображають ефективність міських вантажних перевезень.

Залежності зміни сумарних питомих витрат B при зміні довжини маршруту l_m і наявності заторів на маршруті IR [10-12], представлено на рис. 1, а при зміні маси перевезеного вантажу m і наявності заторів на маршруті, на рис. 2.

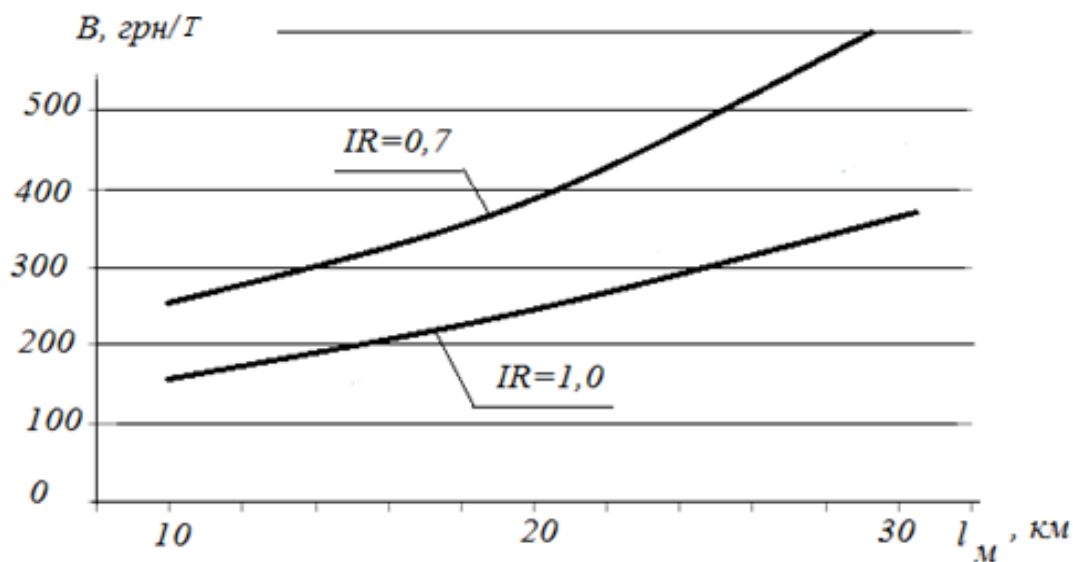


Рисунок 1 - Залежності зміни величини питомих витрат B логістичної системи при різній довжині маршруту l_m і наявності заторів на маршруті IR

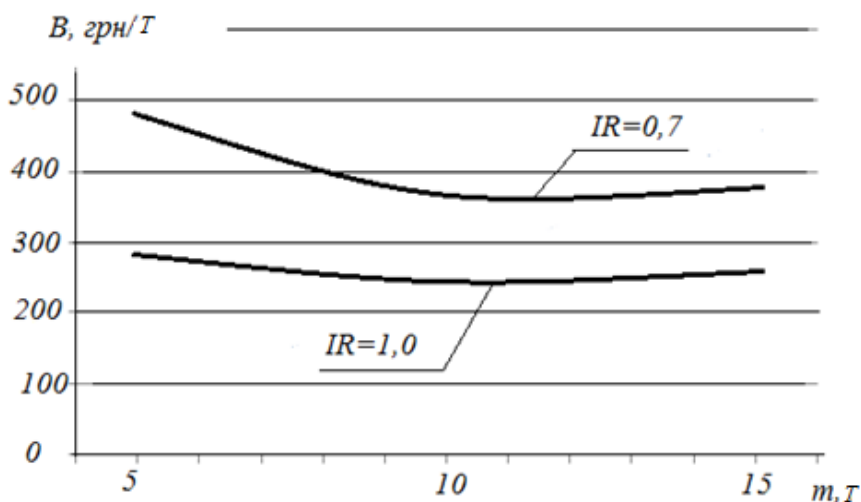


Рисунок 2 - Залежності зміни величини питомих витрат V логістичної системи при різній масі перевезеного вантажу m і наявності заторів на маршруті IR

Як впливає із аналізу результатів моделювання, збільшення довжини маршруту l_m збільшує питомі витрати в 2-3 рази, отже l_m є більш значимим параметром, ніж наявність заторів на маршруті IR . Результати моделювання показують, що при зменшенні IR від 1 до 0,7, питомі витрати збільшуються в 1,59-1,6 раз.

Аналіз залежностей на рис. 2 дозволяє стверджувати: вплив величини маси перевезеного вантажу на питомі витрати має оптимум. Якщо збільшення заторів на маршруті (IR зменшується від 1 до 0,7) приводить до збільшення питомих витрат в 1,49-1,6 раз, то при зміні маси перевезеного вантажу існує оптимум.

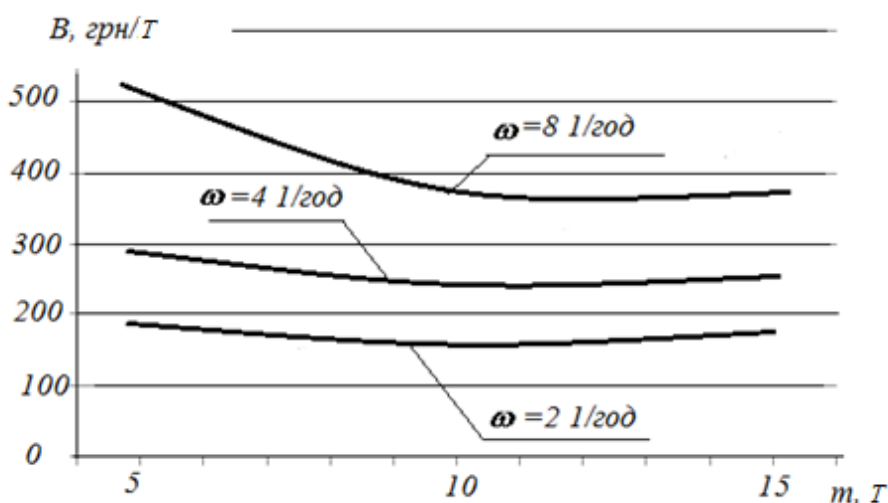


Рисунок 3 - Залежності зміни величини питомих витрат V логістичної системи при різній масі перевезеного вантажу m і частоті вступу заявок у ЛЦ ω

Вплив частоти надходження заявок на обслуговування в логістичному центрі (ЛЦ), ω , яке представлено залежностями на рис. 3, дозволяє зробити висновок, що при зміні маси перевезеного вантажу існує оптимум, який характерний для $m = 10$ т. Збільшення кількості заявок на обслуговування в одиницю часу збільшує B , тому що вимагає збільшення потужності ЛЦ.

Висновки

1. Розроблено математичну модель питомих витрат на транспортне обслуговування міських вантажних перевезень. Модель враховує три види витрат: питомі витрати, пов'язані із прийнятим тарифом на перевезення вантажу; питомі витрати, пов'язані з витратами палива транспортними засобами з урахуванням коефіцієнтів використання пробігу і вантажопідйомності і питомі витрати на заробітну плату водіїв, технічне обслуговування автомобілів і амортизаційними витратами.

2. Проведено моделювання впливу різних факторів і робочих параметрів транспортного процесу міських вантажних перевезень дозволяє стверджувати, що питомі витрати на транспортне обслуговування B , грн/т, однозначно збільшуються при збільшенні довжини маршруту, однак, при цьому, мають оптимум при зміні маси перевезеного вантажу.

3. Показано роль ЛЦ на питомі витрати транспортного обслуговування. Недостатня потужність ЛЦ збільшує час оформлення однієї заявки, що приводить до збільшення сумарних питомих витрат.

Література

1. Shramenko, N. Y. Effect of process-dependent parameters of the handling-and-storage facility operation on the cargo handling cost / Shramenko, *Eastern European Journal of Enterprise Technologies*, 5/3 (77), pp. 43–47. 2015. DOI: [10.15587/1729-4061.2015.51396](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.51396)

2. R.M. Zhang, L. Huang. Application of the freight rate on freight flow forecast, *Advances in Transportation Studies . Special Issue*, Vol.3, p.61-68. 2017.

3. Hansen I. Determination and Evaluation of Traffic Congestion Costs. *European Journal of Transport and Infrastructure Research* , 1, no.1, pp. 61 – 72. 2001.

4. Xiaoning Zhang. Editorial: Optimisation methods of road pricing / *European Journal of Transport and Infrastructure Research* / Issue 14(1), 2014 pp. 1-6 ISSN: 1567-7141.

5. Аземша С. Зависимость себестоимости международных автомобильных перевозок грузов от параметров транспортных средств и перевозочного процесса. *Transport and Telecommunication* Vol.7, No 4, с. 57-60. 2006.

6. Lukinskiy V., Lukinskiy V.I. Evaluation of the Influence of the Logistic Operations Reliability on the Total Costs of a Supply Chain. *Transport and Telecommunication*, volume 17, no. 4, 307–313. 2016. DOI 10.1515/ttj-2016-0027.

7. Войтов В.А., Музыльов Д.О., Бережна Н.Г., Щербакова В.В. Економічна ефективність функціонування транспортно-логістичного комплексу під час збирання цукрового буряку з урахуванням показника надійності, *Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів: ХНТУСГ.* – 2018. – №. 12. – С. 272–280.

8. Vojtov, V.A., Muzylyov, D.A., Berezchnaja, N.G. Integrated approach in calculation of the economic effect of the functioning of the transport and logistic complex with the account of the risk factor, *International academy journal Web of Scholar.* – March 2018. – 3(21), Vol.1. – P. 12–18.

9. Vojtov V., Kutiya O., Berezchnaja N., Karnaukh M., Bilyaeva O. Modeling of reliability of logistic systems of urban freight transportation taking into account street congestion. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.* Vol. 4, no. 3 (100), pp. 15-21. 2019. DOI: [10.15587/1729-4061.2019.175064](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.175064).

10. Кутья О.В. Разработка математической модели городских грузовых перевозок, *Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів*, 2019, вип.15, с.159-163.

11. Aulin V.V. Lyashuk O., Pavlenko O., Velykodnyi D., Hrynkiv A., Lysenko S., Holub D., Vovk Y., Dzyura V., Sokol M. Realization of the logistic approach in the international cargo delivery system, *Communication – Scientific Letters of the University of Zilina.*, 2019, Vol.21 (2), P. 5-14.

12. Аулин В. В., Замота Т. М., Гринькив А. В., Замота О.М., Чернай А. Е. Преимущества интеллектуальной стратегии технической эксплуатации с точки зрения экономической эффективности, *Вісник Харківського національного технічного університету імені Петра Василенка*, 2018, Вип. 192, С. 29-40

УДК 504.06 : 662.756.3 : 656.13

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ЗМІШУВАННЯ
У ДВИГУНІ RENAULT 2.5 DCI У ПРОЦЕСІ
ВИКОРИСТАННЯ БІОДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА**

**Мельник В.М., к.т.н., доц.,
Синоверський М.М.**

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Abstract

This paper investigates the question of RME B100 biodiesel spraying in engine cylinders, the quality of mixing with air and the ability to produce heat in the combustion process.

According to the results of fuel jet sputtering studies, analysis of the results showed that the use of RME B100 biodiesel leads to poor fuel distribution across the areas of the spray torch. Only 50% of the fuel is in the jet shell, resulting in poor mixing of the fuel with the air. At the core of the wall is 18% of the fuel, which will spread over the walls and mix badly with the air.

The remaining 36% of the fuel will be in the jet core, the free jet front, and the intersection zones of the wall fluxes, and will partially participate in the blend.

Therefore, according to the results of studies of the Renault 2.5 DCI engine on commercial and biodiesel RME B100 it is established that the use of biodiesel leads to a deterioration of the blend, which reduces heat and consequently increases fuel consumption, reduces engine power.

And, therefore, further research should be aimed at improving blend formation in the use of biodiesel and as one of the options for improving the shape of the combustion chamber of a diesel engine.

Keywords: fuel, use, biodiesel, blending

Вступ

На даний час у сфері альтернативних видів палива спостерігається постійне нарощування обсягів їх виробництва. В Європі та світі вводять все більш жорсткі вимоги екологічного стандарту (Євро-5, 6), на застосування якого до автомобілів і моторних палив пред'являються вимоги, що підвищують їх екологічну безпеку. Однак більшість альтернативних палив самі по собі не можуть розглядатися, як готове до використання моторне паливо. Це пов'язано з тим, що експлуатаційні та екологічні властивості більшості альтернативних палив не відповідають властивостям товарних палив. Рішення даної проблеми можливе двома основними шляхами:

1) поліпшення властивостей альтернативних палив за рахунок їх доопрацювання та очищення;

2) використання сумішей альтернативних палив з товарними паливами в певних співвідношеннях, які не завдадуть шкоди ні двигуну, ні навколишньому середовищу.

Крім того, необхідно дослідити питання сумішо- та теплоутворення у двигунах під час використання альтернативних біодизельних палив. Оскільки процеси сумішо- та теплоутворення відіграють визначальну роль у повноті

згоряння палива, розвивання двигуном максимальної потужності та паливної економічності.

Аналіз попередніх досліджень

У залежності від характеру вприскування палива розрізняють об'ємний, плівковий і об'ємно-плівковий (змішаний) типи сумішоутворення, що здійснюються в нерозділених камерах згоряння.

У результаті аналізу попередніх досліджень було виявлено, що у світі дуже широко проводилися випробування біодизельного палива і його сумішей з дизельним паливом [1].

При цьому випробування проводилися на біодизельних паливах, сировиною для яких були різні олії [2]. Проводились випробування двигунів з розділеними та нерозділеними камерами згоряння [3].

Дані дослідження довели принципову можливість використання біодизельного палива в дизельних двигунах. Виявлено деякі особливості використання цього палива. Звичайно при роботі дизеля на біодизельному паливі порівняно з дизельним спостерігається зростання викиду оксидів азоту та зниження димності.

У деяких випадках було виявлене поліпшення економічних показників при роботі на високоякісному біодизельному паливі, зокрема, ККД двигуна підвищується на 6,5 % [4].

В інших випадках такого ефекту зафіксовано не було, що можна віднести на рахунок різних характеристик біодизельного палива, показників роботи двигуна, і характеристик дизельного палива, з яким проводилось порівняння. З наших досліджень було експериментально виявлено, що українські біодизельні палива, з олій різного складу, або отримані за різними технологіями, можуть істотно відрізнитися за економічними і екологічними показниками [5].

Відомі праці вітчизняних науковців Семенов В. Г., Васильєв І. П., Атамась А. І. [6], що виконали порівняльні результати досліджень дизельних двигунів при роботі на біодизельному і дизельних паливах на двигунах з вихрекамерним і об'ємним способами сумішоутворення та виявили, що використання біодизельного палива в двигуні з вихрекамерним сумішоутворенням компенсує погіршення характеристик вприскування і призводить до підвищення ККД двигуна в порівнянні з роботою на дизельному паливі.

Науковці Анісімов В.Ф., Музичук В.І., Пясецький А.А., Рябошапка В.Б. та Мельничук С.Я. досліджували можливості пристосування тракторного дизеля для роботи на біопаливі [7-9]. За результатами досліджень для пристосування дизеля Д - 240 до роботи на біопаливі за умови збереження його номінальних показників роботи на мінеральному дизпаливі необхідно провести ряд експлуатаційних і експериментальних заходів [10]:

1. Перерегулювати паливну апаратури на збільшення циклової подачі палива (до 12%).

2. Збільшити кут випередження впорскування палива (на основі експериментальних досліджень).

4. Провести розрахунок коефіцієнта надлишку повітря для різних режимів роботи двигуна з використанням біопалива.

5. Експериментально дослідити кут тривалості впорскування біопалива в камеру дизеля. Оскільки годинна і питома витрата біопалива під час роботи двигуна будуть більшими чим при роботі на дизпаливі, то дані заходи можуть проводитись з врахуванням економічної доцільності і екологічної безпеки навколишнього середовища.

Постановка проблеми

Оскільки, всі перелічені вище дослідження не мають комплексного підходу, а їх результати носять локальний характер, то необхідно виконати комплексні дослідження питання сумішо- та теплоутворення у двигунах під час використання альтернативних біодизельних палив.

Мета та завдання

Метою роботи є дослідження розподілу палива по зонах факела розпилення та швидкості тепловиділення dx/dF у процесі використання біодизельного палива RME B100 на двигуні Renault 2.5 DCI.

Результати вирішення основних завдань

В процесі роботи двигуна Renault 2.5 DCI на паливі RME B100 отримано наступні показники (рис. 1 – 3).

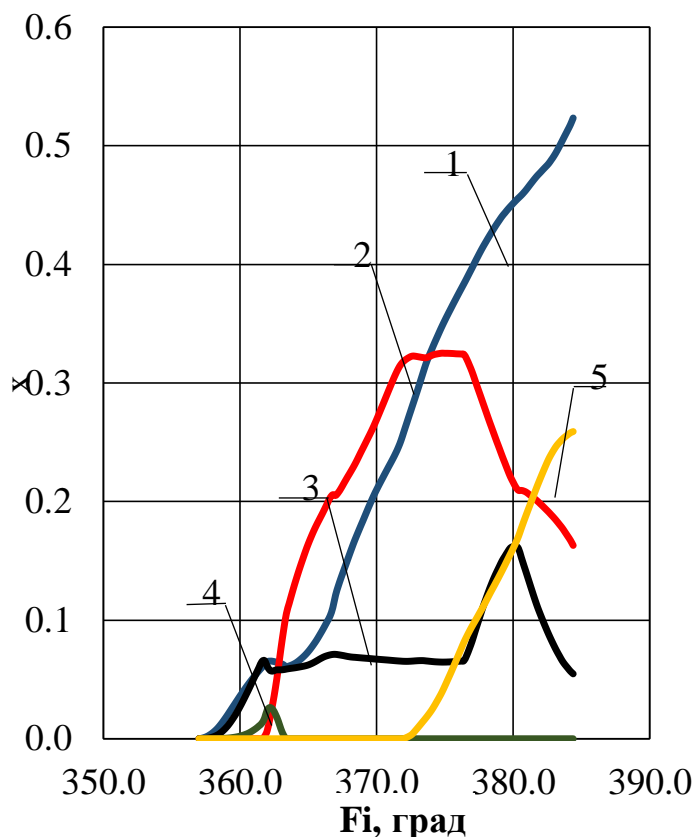


Рисунок 1 Розподіл палива по зонах факела розпилення під час роботи двигуна Renault 2.5 DCI на біодизельному паливі RME B100: 1 – частка палива в оболонці струменя; 2 – частка палива в ядрі стінки; 3 – частка палива в ядрі струменя; 4 – частка палива у фронті вільного струменя; 5 – частка палива у зонах перетину пристінних потоків

Проте, зважаючи на зовнішні характеристики розпилювання струменя палива, аналіз отриманих зображень показав, що використання біодизельного палива RME B100 призводить до:

- збільшення середнього діаметру крапель палива;
- зафіксовано, що збільшується далекобійність струменя і зменшується його ширина;
- контур факела набуває конусної форми;
- спостерігається загострення при його вершині, можна припустити, що в якійсь мірі існує надзбагачена серцевина струменя;
- зменшується кут розкриття факела.

Всі ці перераховані фактори призводять до погіршеного розподілу палива по зонах факела розпилення. Тільки 50 % палива знаходиться в оболонці струменя, що призводить до погіршеного змішуванні палива з повітрям. У ядрі стінки знаходиться 18 % палива, яке буде розтікатися по стінках і погано змішуватися з повітрям.

Решта палива 36 % буде знаходитися в ядрі струменя, фронті вільного струменя та зонах перетину пристінних потоків, і частково візьме участь у сумішоутворенні.

На рис. 2 графічно відображено швидкості тепловиділення dx/dFi та витікання палива U_0 в залежності від кута повороту колінчастого валу двигуна Renault 2.5 DCI у процесі використання RME B100.

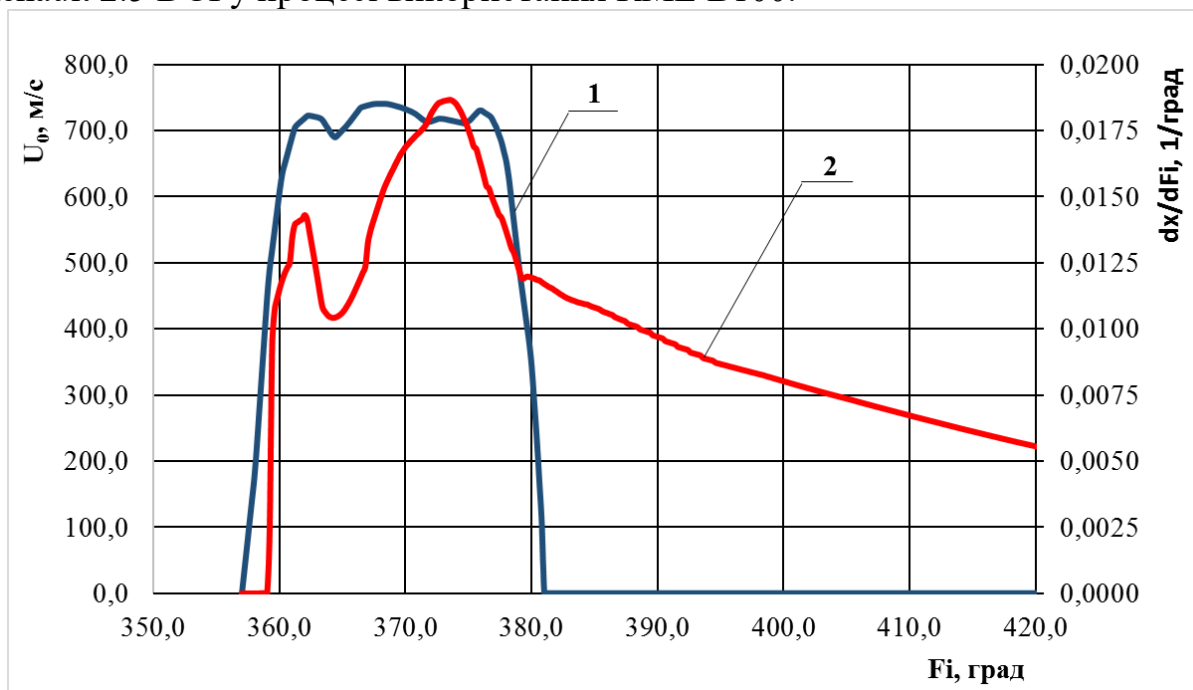


Рисунок 2 Залежність швидкості тепловиділення dx/dFi та витікання палива U_0 від кута повороту колінчастого валу під час роботи двигуна Renault 2.5 DCI на біодизельному паливі RME B100: 1 – швидкість витікання палива; 2 – швидкість тепловиділення

Як видно з рис. 2, швидкість потоку палива та виділення тепла відбувається із запізненням, на протязі 18 – 20 градусів повороту колінчастого

валу, що призведе до зростання витрати палива та зниження потужності двигуна.

Основна частка тепловиділення x (рис. 3) відбувається за кута повороту колінчастого валу 80 градусів, що пов'язано з попереднім графіком, оскільки швидкість потоку палива та виділення знижується.

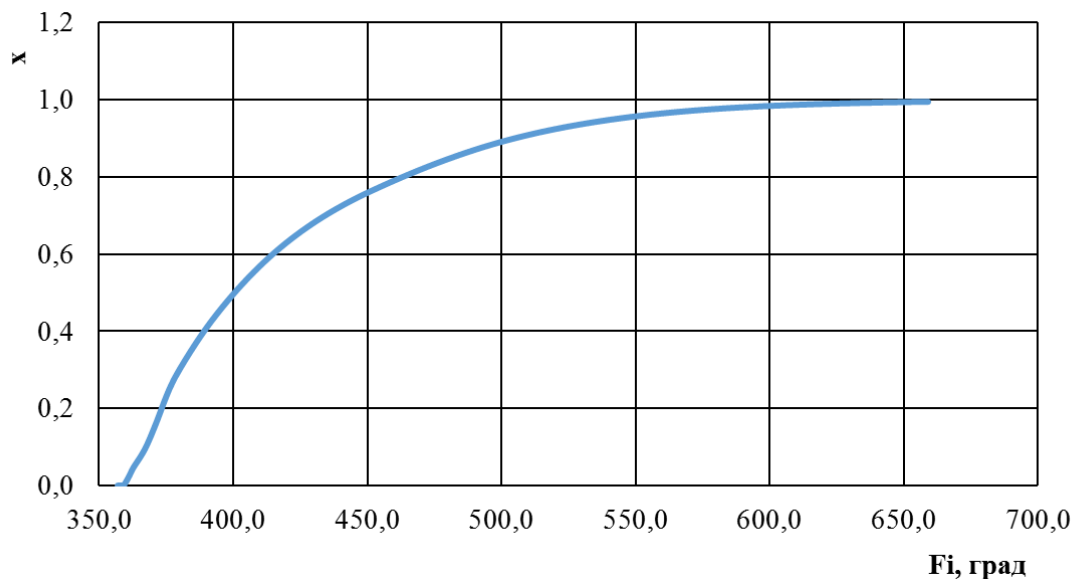


Рисунок 3 Залежність частки тепловиділення x від кута повороту колінчастого валу під час роботи двигуна Renault 2.5 DCI на біодизельному паливі RME B100

Висновки

Отже, за результатами досліджень роботи двигуна Renault 2.5 DCI на товарному та біодизельному паливі RME B100 встановлено, що використання біодизельного палива призводить до погіршення сумішоутворення за рахунок чого знижується тепловиділення і як наслідок зростає витрата палива, знижується потужність двигуна.

А, отже подальші дослідження повинні бути направлені на покращення сумішоутворення у процесі використання біодизельного палива і як один із варіантів покращення форми камери згорання дизеля.

Література

1. Девянин С. Н., Марков В. А., Семенов В. Г. Растительные масла и топлива на их основе для дизельных двигателей. – Х.: Новое слово, 2007. – 452 с.
2. Craig L. Chase, Charles L. Peterson, Gary Lowe, Paul Mann, Jeffrey A. Smith, Norman Y. Kado. A 322,000 kilometer (200,000 mile) Over the Road Test with HySEE Biodiesel in a Heavy Duty Truck // SAE Techn. Pap. Ser.- 2000. – № 2000-01-2647.- Pp. 1-22.
3. Семёнов В.Г., Лылка М.Н. Экспериментальная оценка влияния состава бинарных смесей биодизельного и дизельного топлива на показатели дизельного двигателя // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета и Северо-восточного научного центра Транспортной

академии Украины. Сборник научных трудов. – 2007. – Выпуск 37. – С. 111 – 115.

4. Werner Korbitz. Status and Development of Biodiesel Production and Projects in Europe // SAE Techn. Pap. Ser.- 1995. – № 952768.- p.p. 249-254.

5. Семенов В. Г., Васильев И. П. Сравнение экономических и экологических показателей дизеля при работе на биодизельных топливах разных сортов // Сборник научных трудов по материалам Международной конференции Двигатель-2007, посвященной 100-летию школы двигателестроения МГТУ им. Н. Э. Баумана. Под редакцией Н. А. Иващенко, В. Н. Костюкова, А. П. Науменко, Л. В. Грехова. – М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2007. - С. 338-343.

6. Семенов В. Г., Васильев И. П., Атамась А. И. / Вплив типу сумішоутворення на показники дизеля при роботі на біодизельному і дизельному паливі // Вісник КДПУ імені Михайла Остроградського. Випуск 2/2008 (49). Частина 1, 2008. – С. 101-105.

7. Анісімов В.Ф., Музичук В.І., Пясецький А.А., Рябошапка В.Б. та Мельничук С.Я. / Про можливість пристосування тракторного дизеля для роботи на біопаливі // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету №10 т. 1 (58) 2012. – С. 317-323.

8. Гриньків А.В. / Використання методів прогнозування в керуванні технічним станом агрегатів та систем транспортних засобів // Збірник наукових праць КНТУ. Техніка в сільськогосп. виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. – 2016. – №29. С. 25-32.

9. Аулин В.В., Гриньків А.В. / Использование теоретико-информационного подхода для анализа технического состояния топливной системы автомобиля // "MOTROL" journal according of the Commission of Motorization and Energetic in Agriculture, CULS. 2016. Vol.18. №2. p.63-69.

10. Аулин В. В., Замота Т. М., Гриньків А. В., Замота О.М., Чернай А. Е. / Преимущества интеллектуальной стратегии технической эксплуатации с точки зрения экономической эффективности // Вісник Харківського національного технічного університету імені Петра Василенка, 2018, Вип. 192, С. 29-40

УДК 321.01:14

ІНЖЕНЕРІЯ ЛЮДСЬКОГО ЧИННИКА В СУЧАСНІЙ ОСВІТІ

Мигаль Г.В., д.т.н., проф.

Протасенко О.Ф., к.т.н., доц.

Національний аерокосмічний університет імені М.Є. Жуковського «ХАІ»
Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця

Abstract

The ignorance of students with the cognitive aspects of interaction in the system "human-technics-environment" is the consequence of the lack of attention of specialists to the human factor in the development of modern systems and technologies. It does not allow properly designing viable complex technical systems in the field of road transport. The paper shows the need to take into account the human factor at all stages of the life cycle of modern technologies and the need to introduce into the training programs of engineers a discipline dedicated to the considering of the human factor.

Keywords: human factor, training, cognitive technologies.

Вступ

Сьогодні існує певне протиріччя між інженерними реаліями та потребами і освітньою галуззю. Сучасні технології та сучасні системи потребують спеціалістів нової формації, з новими знаннями, вміннями. Людям, що проектують, експлуатують, приймають рішення в складних динамічних системах (транспортних, екологічних, енергетичних) необхідно сьогодні володіти поняттями «системність», «життєздатність», «стійкість», та їхньої тісної залежності від особливостей та можливостей людини як головної ланки таких систем.

У світі сучасних цифрових технологій вже широко використовують досягнення нейронаук (нейроекономіка, нейроергономіка, нейробиологія, нейромаркетинг) та когнітивних наук (когнітивна ергономіка, когнітивні обчислення та інші). В той час як навчання у галузі інженерії (промислової, військової, біо, системної, програмної) та менеджменту відбувається у певному відриві від врахування людського чинника, тобто особливостей взаємодії людини та техніки у системі «людина – машина», «людина – навчальне середовище», «людина – техніка – середовище».

Для транспортної галузі надзвичайно актуальним є створення безпечніших, надійніших та ефективніших систем. Однак на усіх етапах життєвого циклу транспортних та інших складних динамічних систем ці якості залежать від психофізіологічних можливостей та обмежень людини (водія, пілота, диспетчера, конструктора, проектувальника, менеджера тощо), який

приймає важливі рішення. І саме від врахування людського чинника залежить безпеність, надійність і стійкість складних динамічних систем, що проектуються та експлуатуються людиною.

Аналіз попередніх досліджень

Реалізація вимог безпеки автомобільної та інших галузей здійснюється спеціалістами, які проводять науково-технічні розробки – створюють нові технології, розробляють нову високотехнологічну продукцію, здійснюють її реалізацію та обслуговування, експлуатують її. Саме тому невід’ємним складником освітньої підготовки майбутніх інженерів є вивчення та дослідження низки питань безпеки складних систем, що пов’язані з людським чинником [1-6].

Проблему забезпечення безпеки можна ефективно вирішувати вже на етапі проектування систем «людина-техніка-середовище», оскільки врахування людського чинника суттєво підвищує надійність та ефективність складних транспортних технологій, що проектуються та використовуються людиною. Саме цей напрямок когнітивного сприйняття технологій лежить в основі дисципліни, науки, практичного напрямку «Інженерія людського чинника». Сьогодні у провідних навчальних закладах світу інженерного спрямування значна увага приділяється людському чиннику. Так, міждисциплінарна програма «Інженерія людського чинника» (Human factors engineering) охоплює сукупності знань і процеси моделювання, проектування та експлуатації динамічних систем. У провідних університетах викладають такі навчальні дисципліни: Human Factors and Ergonomics, Human factors engineers, Ergonomics, Human Computer Interaction, Human Machine Interaction, Man-Machine System, People, Technology, Organization and Risk Management, Physical ergonomics, Usability Testing, Work Organization, Humans and Indoor Environments, Humans in Extreme Environments, Using Virtual Reality, Work physiology. Існують та користуються попитом бакалаврські, магістерські та докторські програми з інженерії людського чинника. Проблематика цього напрямку – це перетин проблем психологічних особливостей людини, її психофізіологічних обмежень, поінформованості та вмотивованості, бажанні використовувати свої ресурси та знання.

Постановка проблеми

Проблематика безпеки, надійності та життєздатності складних технічних систем ставить дедалі суворіші вимоги до науково-технічних розробок, що в свою чергу спонукає науковців і промисловців розробляти нові, більш безпечні та прогресивні технології. Володіння знаннями в сфері безпеки технологій та обладнання, безпеки діяльності людини в цьому складному середовищі – ознака найвищої кваліфікації людини, що має бути врахована на усіх етапах життєвого

циклу будь якої технології. Уміння запобігти ризикам та мінімізувати можливі негативні наслідки, які пов'язані із людським чинником, – це сьогодні одна з найсуттєвіших професійних навичок. Відомо, що досягнення абсолютної безпеки є неможливим. Однак технології та обладнання не несуть небезпеки, поки в них не задіяна людина, її діяльність та прийняття нею рішення [3]. При цьому сучасні технології, методи та засоби, обладнання самі по собі не гарантують безпеки без належного функціонування людини – розробників, персоналу, співробітників, їх інформованості, знань і умінь [2, 3].

Безпечне обладнання викликає помилкове відчуття захищеності і безпечності, що підвищує ризик, якщо не враховувати особливості природи людського чинника при проектуванні, встановленні, матеріально-технічному обслуговуванні і експлуатації [7]. Тобто актуальним є акцент на питанні навчання людини на усіх етапах життєвого циклу сучасних технологій.

Мета та завдання

Таким чином, сьогодні наслідком стрімкого розвитку технології є очевидна необхідність не тільки менеджменту, їх правового регулювання, але й навчання студентів враховувати людський чинник на усіх етапах життєвого циклу технологій та людино-машинних систем. Обґрунтувати це і є *метою* даної роботи.

Результати вирішення основних завдань проблеми

Як галузь знань, інженерія людського чинника являє собою сукупність системних принципів функціонування динамічних систем та включає ергономічну інформацію про людські можливості та обмеження щодо машин, робочих місць і середовищ. Як складова трудової діяльності, вона вкрай необхідна інженеру (розробнику, дизайнеру, менеджеру), який повинен враховувати при проектуванні особливості взаємодії людини і машини, стиль діяльності, а також вплив середовища. Отже, основна задача дисципліни «Інженерія людського чинника», яка на сьогодні не реалізована у навчальному процесі, – забезпечення ефективності діяльності людини в системі «людина – техніка – середовище» вже на етапі її проектування. Саме її реалізація, як показує досвід інших країн [1], сприяє підвищенню рівня виробничої безпеки, робить стандарти з безпеки ефективно діючим інструментом, а не просто сукупністю теоретичних положень.

Якщо дослідити зміст дисципліни "Інженерія людського чинника" у її сучасному форматі, який використовують більшість закладів вищої освіти по всьому світу, то очевидно, що головний акцент у ній зроблено на врахуванні сильних і слабких сторін людини під час розробки складних систем, в яких задіяні люди, інструменти і технології, а також робоче середовище для забезпечення безпеки та ефективності діяльності. По суті, це застосування

знань про обмеження людської природи до проектування обладнання, систем і методів роботи, щоб підвищити безпеку, надійність і ефективність складних систем, що у вітчизняних закладах освіти не викладають у жодній з навчальних дисциплін професійного спрямування. Така дисципліна вкрай необхідна будь-якому сучасному інженеру (розробнику, дизайнеру, менеджеру), який повинен враховувати при проектуванні особливості взаємодії людини і машини, стиль діяльності, а також вплив стрес-чинників середовища та діяльності [4, 5].



Рисунок 1 – Значення інженерії людського чинника

Мета вивчення навчальної дисципліни «Інженерія людського чинника» – забезпечити ефективність і безпеку діяльності людини в системі «людина – машина» на всіх етапах її життєвого циклу – від проектування до експлуатації. Ключовий елемент для її досягнення – врахування безпосередньої залежності діяльності людини від психофізіологічних, психічних, біомеханічних, антропометричних і інших характеристик, які є визначальними при проектуванні систем та технологій. Для цього інженерія людського чинника має у своєму арсеналі всі необхідні складові – когнітивну ергономіку, нейроергономіку, когнітивну психологію, біоінженерію людини і інші науки [1, 2, 3, 6], тобто унікальне поєднання інженерних наук, інформаційних технологій, психології, медичної діагностики, нейро- та когнітивних наук для забезпечення безпеки, надійності і стійкості складних людино-машинних систем, людино-залежних технологій та процесів.

Щодо ключових проблем, які необхідно висвітлювати при викладанні дисципліни «Інженерія людського чинника» то це: людино-машинна взаємодія; людські чинники і ризики; проектування через призму людських чинників (промислове, біоінженерія, системна інженерія, програмна інженерія тощо). Когнітивні аспекти дисципліни дозволяють забезпечити більш високу кваліфікацію майбутніх спеціалістів у їх багатогранній діяльності у сферах вирішення проблем в аерокосмічній галузі, на транспорті. В системах

підвищеної небезпеки та ризиків важливо: розуміння взаємодії між технічними і соціальними системами; розробки складних людино-машинних систем; управління безпекою в системах з високим ступенем ризику.

Висновки

Незважаючи на спрямованість навчання інженерів сучасним технологіям, сьогодні існують наслідки недостатньої уваги до людського чинника при розгляді проблем безпеки та розробці сучасних технічних комплексів. Це свідчить про необізнаність спеціалістів з когнітивними аспектами взаємодії людини і технологій та обладнання, що не дозволяє належним чином спроектувати життєздатні системи. Тому сьогодні є актуальним впровадження у навчальні програми підготовки інженерів навчального курсу, присвяченого питанням інженерії людського чинника як обов'язкової світоглядної компоненти. Це дозволить забезпечити більш високу кваліфікацію майбутніх спеціалістів у їх багатогранній діяльності у сфері проектування та експлуатації технологій. «Інженерія людського чинника» – це міждисциплінарний погляд на можливості людини в технічних середовищах, технологіях, машинах, її впровадження дозволить створити необхідне підґрунтя для підвищення якості підготовки спеціалістів інженерного спрямування.

Література

1. Dul, Jan. A strategy for human factors/ergonomics: developing the discipline and profession / Jan Dul, Ralph Bruder and all. – Ergonomics, 2012. – Vol. 55, No. 4. – P. 377–395.
2. Parasuraman, R. Neuroergonomics: a review of applications to physical and cognitive work / R. Parasuraman, R. Mehta. – Front Hum Neurosci., 2013. – 7: 889.
3. Lee, J.D.; Wickens, C.D.; Liu Y.; Boyle, L.N Designing for People: An introduction to human factors engineering. / Charleston, SC: CreateSpace, 2017.
4. Мигаль В. П., Мигаль Г. В. Аналіз життєздатності університету як складної динамічної системи. / В. П. Мигаль, Г. В. Мигаль. – Електротехнічні та комп'ютерні системи, 2018. – № 27 (103). С. 264-272.
5. Mygal G., Mygal V. Interdisciplinary approach to informational teaching environment formation. //Праці Одеського політехнічного університету, 2018. Вип. 1(54), с. 92-98. DOI 10.15276/opu.1.54.2018.13.
6. Neville Moray (2005), Ergonomics: The history and scope of human factors, Routledge, ISBN 9780415322577, OCLC 54974550
7. Аулін В.В., Голуб Д.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В. Методологічні і теоретичні основи забезпечення та підвищення надійності функціонування автомобільних транспортних систем: монографія під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. – Кропивницький: Видавництво ТОВ "КОД", 2017. – 370 с.

УДК 621.983.044

ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ АВТОКУЗОВОВ

Тараненко М. Е. д-р техн. наук, проф.

Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского
«Харьковский авиационный институт»

Abstract

The possibility of efficient manufacture of auto-body panels based on the use of electro-hydraulic presses with spatio-temporal control of loading a sheet blank is shown and briefly substantiated. The technology has been developed for non-mass production of cars. The advantages with existing manufacturing methods come down to reducing time and costs. Rational conditions for the application of the method are indicated. The possibility of manufacturing parts from modern automobile stocks and alloys is determined.

Keywords: electro-hydraulic stamping, press, tooling, sheet billet, load control

Вступление

Предлагается эффективный метод изготовления автокузовных деталей из современных автомобильных сталей. Метод основан на использовании электрогидравлического эффекта. Описано применение созданного электрогидравлического пресса с высокой запасаемой энергией для изготовления автокузовных деталей специальных микроавтобусов «Сула», автомобилей семейства ВАЗ, элементов крыши автобусов «Эталон» и ряда других транспортных средств.

Эффективность метода предопределяется возможностью использования упрощенной технологической оснасткой, малыми сроками технологической подготовки производства и высоким качеством деталей, обусловленного минимальным короблением.

Анализ предыдущих исследований

Известные методы изготовления деталей кузова автомобилей сводятся к применению двух методов – штамповке на механических или гидравлических прессах с применением для формообразования пуансона и матрицы [1, 2] и штамповке на оригинальных прессах концерна АВВ (Швеция) эластичной и жидкой средой [3- 5]. Первый метод требует больших капитальных затрат и сроков подготовки производства и отличается большой производительностью. При использовании второго метода применяется только один формоизменяющий элемент (матрица или пуансон), а роль второго элемента играет эластичная (жидкая) среда.

Обоим методам присущ серьезный недостаток – коробление (пружинение или поводка) отштампованных деталей, изготавливаемых из современных автомобильных сплавов типа IF, VH, DP. Такие деформационно-упрочняемые материалы подвержены большому короблению, что затрудняет сборку деталей.

За последние 15 лет во многом исследована, отработана технология формообразования крупногабаритных листовых деталей на электрогидравлических прессах [6]. Проведенные исследования позволили разработать уникальный многоконтурный электрогидравлический пресс ПЭГ-

ХАИ-500 (рис. 1), обладающий возможностью пространственно–временного управления нагрузением.



Краткая техническая характеристика	
Запасаемая энергия, кДж	до 500
Рабочее напряжение, кВ	до 40
Расстояние между колоннами в пролете, мм	1170
Длина штампуемой заготовки, мм	до 1800
Средняя длительность цикла, с	280
Эквивалентное статическое давление, МПа	120
Количество разрядных контуров, шт.	28
Установочная мощность, кВт	20

Рисунок 1 – Внешний вид технологического блока прессы ПЭГ-ХАИ-500

На этом прессе были отработаны технологии штамповки разнотипных деталей кузова различных машин:

– передних и задних участков крыши, панелей арок задних колёс специальных микроавтобусов семейства «Сула» (г. Лубны, Полтавская обл.), (рис. 2);



а



б

Рисунок 2 – Варианты моделей автобусов с одинаковыми кузовными панелями: а – микроавтобус специального назначения; б – машина дорожной службы

– унифицированные угловые (передние, задние) участки крыши семейства автобусов «Эталон» (рис. 3);

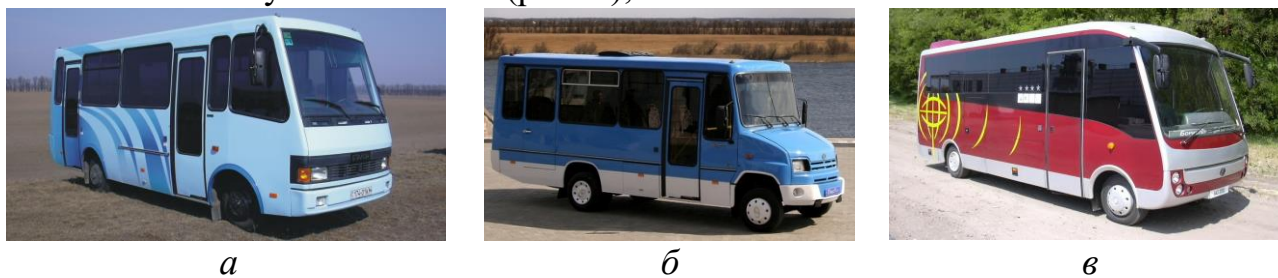


Рисунок 3 – Внешний вид автобусов малого класса: *а* – модели БАЗ-А079.04 «Эталон»; *б* – модели ХАЗ-3230.01 «Скиф»; *в* – модели БАЗ-3203 «Эдельвейс»

– некоторые детали кузовов автомобилей ВАЗ (рис. 4, показаны возможные варианты управления концентрированного приложения нагрузки над трудноформобразуемыми участками разных типов деталей).



Рисунок 4 – Варианты используемой структуры поля нагружения для различных деталей. Заштрихованные круги – разрядные полости, в которых производится разряд одного контура (одиночная штриховка) и двух контуров (двойная штриховка, см. Крыло автомобиля)

В целом, управление местом концентрации электрогидравлического нагружения позволяет оценить преимущества предложенного метода штамповки. Они сводятся к следующему:

- снижению энергозатрат на штамповку разных типов деталей до 6...8 раз (с учетом упрощения применяемой оснастки);
- уменьшению расхода штампуемого металла путем равномерного по поверхности распределения деформаций утонения и, как следствие, минимизация технологических припусков до 18 %;
- повышению качества изготавливаемых деталей и точности их геометрической формы из-за уменьшения коробления.

Последнее обнаружено во многом случайно, при сравнении формы отштамповок, изготовленных приложением статического давления (штамповка эластичной средой) и на электрогидравлическом прессе.

Постановка проблемы

В итоге проведенных исследований и опытной отработки техпроцессов штамповки разных типов деталей из различных материалов появилась проблема создания математической модели процесса формообразования детали для его оптимизации. Это достаточно сложная задача с учетом того, что процесс протекает в гетерогенной среде (твёрдые и податливые упруго-вязко-пластические границы, жидкая среда) и носит импульсный характер, а также деформации границ достигают сотен процентов.

Наблюдаемый эффект существенной релаксации остаточных напряжений в отштамповке во многом определяется условиями вибропластического нагружения [7-11]. Необходимы физическая и математические модели процесса пластического течения металла в условиях виброимпульсного нагружения. Разработанная конструкция многоконтурного электрогидравлического прессы с многоэлектродным разрядным блоком позволяет управлять временными параметрами нагружения в микросекундном и минутном диапазонах.

Цель и задачи дальнейших исследований

Такой целью является повышение технико-экономической эффективности электрогидравлической штамповки автокузовных крупногабаритных деталей, снижение времени и затрат на технологическую подготовку производства и повышение качества получаемых деталей кузовов автомобильного транспорта.

Эта цель может быть достигнута при решении комплекса многопрофильных задач:

- по синтезу матмоделей процессов;
- исследованию механических характеристик металлов при импульсном нагружении;
- ряда конструкторских задач по приспособлению предложенной схемы процесса к разным условиям производства;
- определения областей эффективного применения метода в координатах объема инвестиций от объемов производства, времени подготовки производства и качества продукции.

Промежуточные результаты решения задач

В работе [8] описаны и изучена трёхмерная вычислительная модель процесса распространения волн давления и возникновения нагрузки в жидкости, находящейся в жёсткой неосесимметрической камере. Используются метод ALE, малочувствительный к вихрям в жидкости, позволяющей описывать взаимодействие жидкости и газа, с одной стороны, и твердого тела, с другой, при высокой степени деформации без нарушения устойчивости вычислительного процесса.

Получены осциллограммы изменения давления в жесткой камере, позволяющие утверждать о возможности управления параметрами виброимпульсного нагружения (рис. 5). Разработаны эмпирические и аналитические зависимости управления амплитудными и временными параметрами.

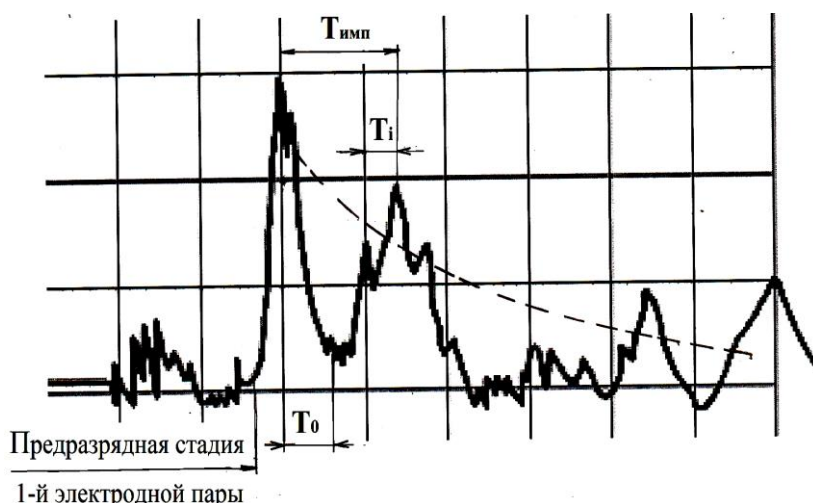


Рисунок 5 – Характерная осциллограмма давления при ЭГ-разряде на 4-х электродных парах, расположенных по окружности Ø 230мм

В целом можно сделать вывод о качественной адекватности синтезированной модели реальным процессам. Предстоит уточнение модели к условиям реального технологического процесса.

Определены области эффективного применения разработанного метода (рис. 6).

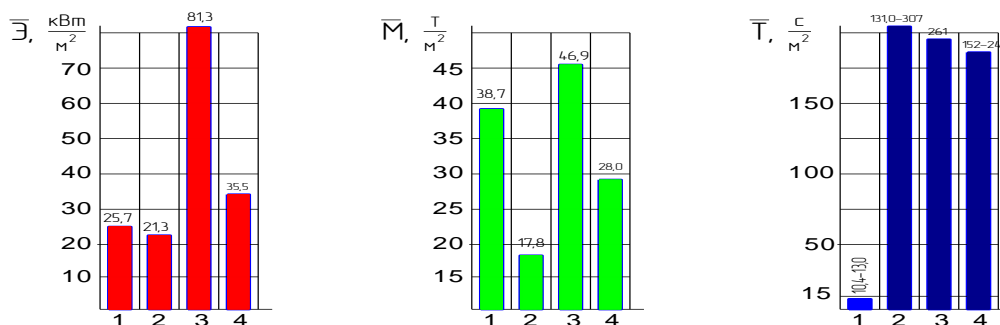


Рисунок 6 – Сравнение удельных показателей энергопотребления ($\bar{Э}$), металлоемкости ($\bar{М}$) и трудоемкости ($\bar{Т}$) типовой листоштампованной

детали на пресах: 1– кривошипных; 2– гидравлических; 3– штамповки эластичной и жидкой средой “Quintus”; 4– электрогидравлических.

Возросший интерес к использованию ЭГ-установок для штамповки деталей из листовых заготовок вызван широкими технологическими возможностями, низкими показателями ресурсопотребления при производстве, возможностью подстраиваться к современным требованиям производства. Сравним, например, такие показатели ресурсопотребления:

- энергопотребление на единицу площади рабочего стола прессы $\bar{Э}$, кВт/м²;
- металлоемкость оборудования, отнесенная к той же площади, $\bar{М}$, т/м²;
- трудоемкость штамповки (включая установку и снятие оснастки), отнесенная к площади рабочего стола прессы (характеризует технологические возможности штамповки деталей по габаритам), \bar{T} , с/м².

Такое сравнение дает возможность построения шкал ПК по выбранным для анализа показателям [9].

Оценены потребные энергетические и размерные параметры электрогидравлических прессов, на которых возможно эффективное производство автокузовных панелей современных транспортных средств из существующих автомобильных сплавов (рис. 7).



Рисунок 7 – Зависимость потребной энерговооруженности ЭГ-прессов для ЭГ-штамповки сложных автомобильных панелей

Выводы

В современных условиях Украины возможна организация эффективного производства автомобилей специального назначения, базирующихся на последних научно-обоснованных технологиях, широкой кооперации с мировыми лидерами автостроения. Это вполне достижимо при наличии экономических инноваций.

Литература

1. Серепьев, В. В. Опыт построения вытяжных переходов для облицовочных деталей автомобилей [Текст] / В. В. Серепьев. – М. : Гостехиздат, 1958.– 96 с.

2. Ровинский, Г. Н. Штамповка крупногабаритных деталей в автомобильной промышленности [Текст] / Г. Н. Ровинский. – М. ; Л. : Машгиз, 1962. – 76 с.
3. Quintus flexform. Sheet metal forming. ABB Metallurgy / Pamphlet A08-4003E. Printed in Sweden 1990-08. – P. 14–30.
4. Stefan Nilsson (ABB Industrial Systems Inc.). Prototype Low-Volume Fabrication of Automotive Sheet Metal Parts Applying Flexforming. Detroit, Michigan, February 27 – March 3, 1989. – P. 21-45.
5. Quintus fluid Form Deep-Draw Presses. Michigan Göransson (Quintus Sheet Metal Forming Department ABB Metallurgy AB), Flexair'90, at Deutsche Airbus, Bremen, November Band 14, 1990. – P. 4–28.
6. Тараненко, М. Е. Электрогидравлическая штамповка: теория, оборудование, техпроцессы: монография в 2 ч. [Текст] / М. Е. Тараненко. – Х. : Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», 2011. – 272 с.
7. Дідик, Р. П.. Фізичні основи міцності : підручник [Текст] / Р. П. Дідик, Е. В. Кузнецов і В. М. Забара. – Д. : Наука та освіта, 2005. – 608 с.
8. Нарыжный А.Г. Вычислительная модель электрогидравлического эффекта // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. Сб-к науч. тр. Нац. аэрокосмич. ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». Вып. 54. Харьков: ХАИ, 2012. – С. 112-124.
9. Тараненко Квалиметрия в листовой штамповке : учебник. – Х. : Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», 2015. – 133 с.
10. Гриньків А.В. / Використання методів прогнозування в керуванні технічним станом агрегатів та систем транспортних засобів // Збірник наукових праць КНТУ. Техніка в сільськогосп. виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. – 2016. – №29. С. 25-32.
11. Аулін В.В., Лисенко С.В., Кузик О.В., Гриньків А.В., Голуб Д.В. Трибофізичні основи підвищення надійності мобільної сільськогосподарської та автотранспортної техніки технологіями триботехнічного відновлення. Монографія. – Кропивницький: видавець Лисенко В.Ф., 2016. 304с.

УДК 629.33.016.3:528.42

РОЗРОБКА ЕЛЕМЕНТІВ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ ДЛЯ РЕГУЛЮВАННЯ РУХУ АВТОМОБІЛЯ

Чумак М.О.

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Abstract

The statistics and the main causes of accidents in the road and transport environment in the world and in Ukraine are analyzed. It is shown that road traffic accidents involving pedestrians make a significant contribution to this statistics. The current state of the problem of preventing a collision on a pedestrian and the existing intellectual systems for supporting the driver's activity are examined. Modern GPS navigation systems allow you to accurately determine the location of the car on the map. On-board computers of modern cars have a very wide range of control capabilities of the systems and mechanisms of the car without the participation of the driver. All this in combination makes it possible to develop an intelligent transport system. To minimize the impact of human factors on the speed of traffic on the road, the system of automatic topographic regulation of the car's movement is proposed. The system is based on a modern GPS navigation system and the capabilities of modern on-board car computers.

Key words: pedestrians, road accidents, intelligent transport systems, road safety, active safety, human factor.

Вступ

Статистичні дані за кілька останніх років кажуть про те, що на дорогах України майже кожні дві години гине людина. В середньому за добу в ДТП гинуть 14 і отримують травми понад 100 осіб. Кожні 16 хвилин у країні відбувається дорожньо-транспортна пригода (ДТП). Крім того зростає кількість травмованих людей в дорожніх аваріях – щороку понад 60 тисяч українців отримують травми різного ступеня тяжкості.

Транспорт, будучи необхідною умовою існування і економічного розвитку сучасного суспільства, одночасно є істотним джерелом економічних витрат, що виникають в наслідок: дорожньої перевантаженості, аварійних ситуацій, шкідливого впливу дорожнього руху на навколишнє середовище і здоров'я населення. Найбільший потенціал зниження загального рівня аварійності має скорочення кількості ДТП в населених пунктах, а найбільший потенціал щодо зниження загальної тяжкості ДТП має скорочення кількості ДТП на дорогах поза населеними пунктами. Вочевидь, зниження аварійності в системі ВАДС – надзвичайно актуальне питання, що сьогодні є одним з пріоритетних напрямків наукових досліджень та практичних розробок [1].

Аналіз попередніх досліджень

У сучасному світі спостерігається розвиток загальних тенденцій і загальних проблем у сфері автодорожнього транспорту. У будь-якій країні період нарощування чисельності парку автотransпортних засобів неминуче супроводжується посиленням перевантаженості дорожніх мереж, потім

загостренням проблем дорожньої аварійності і посиленням навантаження на навколишнє середовище і, як наслідок, зростанням витрат співтовариства, що уповільнюють економічне зростання. Доведено, що основна причина виникнення ДТП – це різного роду прояви людського чинника [2].

Статистичні данні ДАІ України вказують на те, що чіткої залежності між величиною штрафів за правопорушення і кількості даних правопорушень у процентному співвідношенні із іншими правопорушеннями немає, а отже законодавчо-адміністративні методи регулювання правил дорожнього руху в умовах Українського суспільства є малоефективними. Проблема лежить у площині людського чинника, а саме на перетині незнання, невміння та небажання людини дотримуватись правил та норм безпеки. Отже, невирішена частина проблеми: як суттєво знизити вплив людського чинника на безпеку в системі ВАДС шляхом розробки підходів та засобів, що повинні допомогти водію уникати фатальних помилок на дорозі. У цьому зв'язку актуальними є пошукові дослідження тих підходів, методів і засобів системної підтримки та контролю діяльності водія, які будуть підвищувати рівень безпеки дорожнього руху за рахунок зменшення впливу людського чинника. Яскравим прикладом таких систем є система автоматичного паркування (інше найменування – інтелектуальна система допомоги при паркуванні, повсякденна назва - паркувальний автопілот). Вона відноситься до активних паркувальних систем, тому що забезпечує паркування автомобіля в автоматичному або автоматизованому (автоматично виконуються окремі функції) режимі. Відомими інтелектуальними системами допомоги при паркуванні є: Park Assist та Park Assist Vision на автомобілях Volkswagen; Intelligent Parking Assist System на автомобілях Toyota, Lexus; Remote Park Assist System на автомобілях BMW; Active Park Assist на автомобілях Mercedes-Benz, Ford; Advanced Park Assist на автомобілях Opel [3].

В інтелектуальній системі допомоги при паркуванні використовуються ультразвукові датчики, аналоги пасивної паркувальної системи, але вони мають велику дальність дії (до 4,5 м). Кількість датчиків залежно від різновиду системи різниться. Наприклад, в системі Park Assist останнього покоління встановлюється 12 ультразвукових датчиків: по 4 попереду, позаду і з боків автомобіля. Електронний блок управління приймає сигнали від ультразвукових датчиків і перетворює їх в сигнал управління на виконавчі пристрої, в якості яких виступають інші системи автомобіля: системи курсової стійкості, управління двигуном, електропідсилювач рульового управління, автоматичну коробку передач. Взаємодія з зазначеними системами здійснюється через відповідні електронні блоки управління.

Пошук відповідного місця при паркуванні проводиться за допомогою ультразвукових датчиків. Автоматичне паркування проводиться шляхом упорядкованого впливу на виконавчі механізми систем автомобіля [3].

Ще одним типовим представником інтелектуальних транспортних систем (ІТС) є системи підтримки водія BMW ConnectedDrive в BMW 1 серії «Driving Assistan». До складу обладнання системи безпеки пакету Driving Assistant входять система попередження про вихід за межі смуги руху на базі

відеокамери, система попередження про наближення до іншого автомобілю, система розпізнавання людей і функція пригальмовування в місті [3]. Система попередження про вихід за межі смуги руху розпізнає дорожню розмітку і попереджає водія щодо ненавмисної зміни смуги руху на швидкості вище 70 км/год. за допомогою вібрації рульового колеса. Попередження не активується, якщо зміна смуги руху була навмисною, тобто був включений покажчик повороту [3].

Функція попередження про наближення з функцією пригальмовування в міському русі розпізнає автомобілі, а функція розпізнавання людей з функцією пригальмовування в міському русі попереджає про наближення пішоходів. Включена функція попередження про наближення негайно реагує, якщо автомобіль різко сповільнюється. Спочатку на панелі приладів з'являється застережливий символ, потім він починає блимати, після чого система починає лунати сигнал. Якщо водій не реагує, на швидкості до 60 км/год. система починає гальмувати самостійно. На швидкості близько 20-25 км/год. функція попередження про наближення пішохода допомагає запобігти наїзду на пішоходів, а на швидкості до 60 км/год. система здатна зменшити наслідки зіткнення. Якщо потрібне втручання системи в управління автомобілем, вона готує гальмівну систему для швидкого спрацьовування і при необхідності починає самостійне гальмування. Система слідування за уважністю водія відстежує ознаки втоми з його поведінки. У разі виявлення відхилень від норми на дисплеї керування з'явиться пропозиція зробити зупинку [4].

Однак, існуючі системи запобігання зіткненню, що інтегровані у автомобіль, не можуть забезпечити дотримання безпечного швидкісного режиму автомобілем, а лише намагаються запобігти вже виниклій аварійній ситуації або знизити тяжкість наслідків ДТП і покладаються на свідомість водія у дотриманні швидкісного режиму [4]. Тому метою роботи є теоретичні дослідження та пошук рішення проблеми автоматичного регулювання швидкісного режиму автомобілем та запобігання наїзду на пішохода.

Мета та завдання

Нові технології безпеки – це інтелектуальні системи запобігання наїзду на пішохода. Інтелектуальна транспортна система – це система, яка використовує інноваційні розробки в моделюванні транспортних систем і регулювання транспортних потоків, що надає кінцевим споживачам більшу інформативність і безпеку, а також якісно підвищує рівень взаємодії учасників руху в порівнянні зі звичайними транспортними системами [5]. Немає сумніву, що розвиток інформаційних і комунікаційних технологій транспорту, якими є ІТС, містить величезний потенціал для: покращення організації руху; підвищення економічності транспортних операцій; зниження споживання палива, а, отже, зниження шкідливого впливу на навколишнє середовище; підвищення безпеки дорожнього руху.

Наприклад, щоб зменшити кількість ДТП за участю пішоходів, компанія Continental пропонує автовиробникам систему, яка автоматично зупиняє автомобіль при загрозі наїзду на пішохода. Система має дві відеокамери, комп'ютер, здатний розпізнавати об'єкт попереду машини, визначити його

розмір, швидкість і напрямок руху об'єкта. Якщо комп'ютер визначає небезпеку зіткнення, вмикається екстрене гальмування.

У цілому система попередження про ризик наїзду на пішоходів із функцією автоматичного гальмування складається з блока радара, який встановлений в передньому бампері машини, відеокамер, які встановлені на салонне дзеркало заднього виду і електронного блока управління [7]. Audi, Mercedes і BMW також пропонують сучасні системи виявлення пішоходів, але тільки на автомобілях, які оснащені системою нічного бачення, що базується на технології нічних відеокамер. Нічне відеообладнання працює на інфрачервоних технологіях, які допомагають автомобілю виявляти людей і тварин, показуючи водієві на центральній консолі ЖК-екрану світлі силуети об'єктів [7]. Компанія Honda розробляє прилади для комунікації смартфона і автомобіля, що базується на технології передавання даних на невеликі відстані по спеціальному радіоканалу (DSRC) [7]. Нові технології безпеки спроектовані таким чином, щоб автомобіль виявляв пішохода, який йде впоперек дороги, та попереджав водія звуковим і візуальним сигналом про небезпеку наїзду. Крім того, автомобіль з допомогою DSRC системи посилає на телефон пішохода попередження про наближення транспортного засобу. Якщо в цей момент пішохід розмовляє по телефону, слухає музику або пише повідомлення, то програмне забезпечення смартфона припиняє роботу програм, які відповідають за дані функції, і починають попереджати пішоходів про небезпеку. Як бачимо, наявні у сучасних автомобілях системи запобігання наїзду на пішохода в більшості покладаються на людину, водія чи пішохода, і вмикають аварійне гальмування тільки тоді, коли пішохід з'являється безпосередньо на шляху руху автомобіля. Однак, швидкість аварійного гальмування може бути недостатньою.

Ще одна важлива технологія, яка зараз починає використовуватися – це прикладні технології, які дозволяють відстежувати автомобілі у дорожній мережі, з допомогою мобільних телефонів, чи, найчастіше, зчитування номерних знаків за допомогою оптичних систем розпізнавання знаків на відео зображеннях [8]. Відстеження автомобілів дає можливість для фіксування на великій території і не вимагає витрат, які асоціюються із традиційними сенсорними пристроями. Воно також дає можливість відстеження поїздки з одного місця в інше у реальному часі, чого вже так давно прагнули інженери-транспортники. Відстеження транспортних засобів відбувається за допомогою безпроводного зв'язку, спрямованого на збір та поширення інформації в реальному часі. Проте можуть виникати юридичні моменти, які стосуються конфіденційності, якщо ми відстежуємо маршрути особистих поїздок і час подорожі шляхом зчитування номерних знаків. Напрацювання у інтелектуальних транспортних системах привели до посиленого зацікавлення з боку дорожніх органів до прогресивного використання нових прикладних технологій [8, 10, 11]. Так, передача інформації у реальному масштабі часу між автомобілями (від одного автомобіля до іншого) і операторами дорожньої мережі (від автомобіля до інфраструктури) має потужний потенціал для

зменшення кількості ДТП. Наявні системи поки що не відповідають прикладним технологіям безпеки, які є лімітованими у часі і скоординованими.

Результати вирішення основних завдань проблеми

В результаті патентного пошуку були проаналізовані вже наявні патенти на виробу і технології в сфері інтелектуальних транспортних систем.

Система спостереження GPS [9] - система відстеження з низькою вартістю, яка використовує супутники глобальної системи позиціонування (GPS), підходить для додатків, пов'язаних з радіозондом, sonobuoys і іншими об'єктами. Система спостереження включає в себе датчик, встановлений на кожному об'єкті, який в цифровій формі відображає супутникові сигнали GPS і записує їх в буфер даних. Потім цифрові відліки передаються зі швидкістю, меншою, ніж та, на якій були відібрані супутникові сигнали GPS, по каналу телеметрії даних, що чергуються з іншими даними телеметрії від об'єкта. Дані GPS обробляються на робочій станції обробки даних, де обчислюється положення і швидкість датчика під час вибірки даних. Буфер даних в датчику періодично оновлюється, і робоча станція періодично обчислює нове положення і швидкість датчика.

Система і спосіб зв'язку DSRC [9] розроблена для виділеного короткодіючого зв'язку (DSRC) між маяками і бортовими пристроями системи дорожніх зборів.

Фокус камери для ADAS [9]: камера і технологія виробництва для ADAS. Об'єкти камери і датчик зображення розташовані уздовж кількох осей з використанням мети, розташованої на першому відстані від об'єктива, щоб встановити перші відносно положення між об'єктивом і датчиком зображення. Перше відносне положення між лінзою і датчиком зображення модифікується на задану кількість для об'єкта, розташованого на другому відстані від об'єктива. Друге відстань більше, ніж перше відстань.

Збільшення можливостей ADAS транспортного засобу з підтримкою обробки зображень на бортовій платформі [9]. Системи і методи, спрямовані на збільшення можливостей розширених систем допомоги водієві (ADAS) транспортного засобу з підтримкою обробки зображень на бортовій платформі транспортного засобу. Зображення можуть бути отримані від одного або декількох датчиків зображення, пов'язаних з ADAS транспортного засобу. Отримані зображення можуть бути оброблені. Дія визначається на основі частково оброблених зображень, а повідомлення передається контролеру ADAS відповідно до визначення.

Аналіз існуючих прототипів показує, що розвиток сучасних систем управління дорожнім рухом на основі сучасних комунікацій та інформаційних технологій стає корисним для дорожніх користувачів тільки в випадку єдиного управління в масштабі дорожньої мережі. Єдине управління полягає в узгодженості роботи декількох спеціалізованих систем, кожна з яких сприяє вирішенню конкретного завдання, поставленого перед мережею доріг. Спільне використання систем дозволяє максимально наблизитися до бажаного кінцевого результату – підвищенню продуктивності, економічності, комфортності та безпеки дорожнього руху.

Система автоматичного топографічного регулювання руху автомобіля (САТРРА). Принцип розробленої системи в цілому не повторює патентну формулу розглянутих вище патентів, однак має в своєму складі технології, що описані в патентах на «Система спостереження GPS» і «Система і спосіб зв'язку DSRC».

Система автоматичного топографічного регулювання руху автомобіля САТРРА дозволяє знизити вплив людського чинника на швидкісний режим руху на дорозі та об'єднує у собі декілька ІТС. Система базується на сучасній системі навігації GPS та можливостях сучасних бортових комп'ютерів автомобілів, які дозволяють із великою точністю визначати місце розташування автомобіля на карті. Бортові комп'ютери сучасних автомобілів мають дуже широкий спектр можливостей управління системами і механізмами автомобіля без участі водія. Все це в сукупності дає можливість використовувати дану систему на практиці.

Це в сукупності дає можливість використовувати дану систему на практиці. Принцип роботи. У цілому система автоматичного топографічного регулювання руху автомобіля працює так. Для початку в базу даних GPS карт інтегрується інформація щодо максимальної дозволеної швидкості на кожній ділянці дороги відповідно топографічним особливостями виникнення ДТП (райони щільної забудови, дороги поблизу шкіл, торгових центрів, пішохідних переходах та ін.) Автомобіль, проїжджаючи певну ділянку дороги, сприймає з допомогою GPS навігатора інформацію про максимально допустиму швидкість у даний момент. GPS навігатор передає інформацію бортовому комп'ютеру автомобіля, який, в свою чергу, оцінює швидкість автомобіля в даний момент часу з максимально допустимою швидкістю і в разі перевищення швидкісного режиму пригальмовує автомобіль за допомогою регулювання параметрів роботи гальмівної системи, двигуна внутрішнього згоряння або електродвигуна (див. рис. 1).

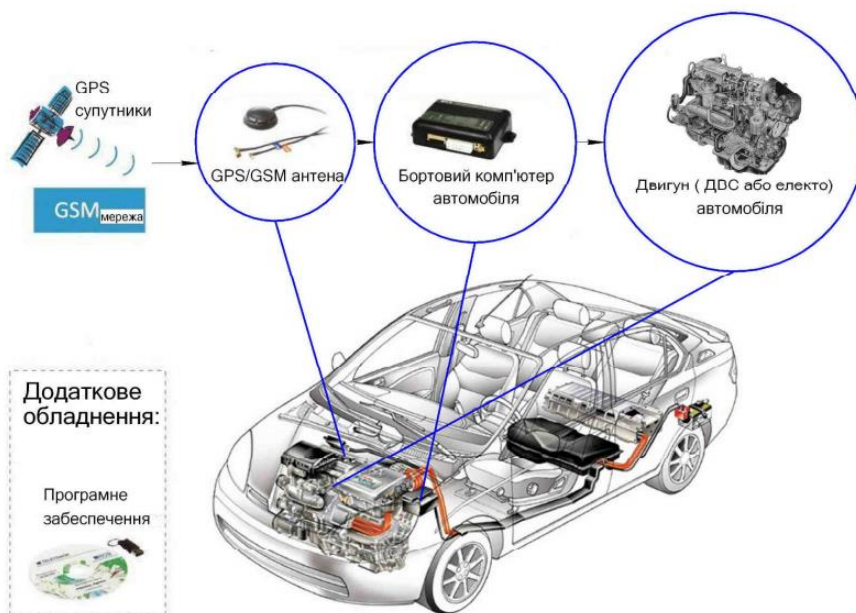


Рисунок 1 Графічна схема системи автоматичного топографічного регулювання рухом автомобіля

Додаткові можливості: допомога та контроль паркування. Також за допомогою можливостей системи САТРА стає можливим інтегрувати у базу даних GPS карт ділянки вулиць, які включатимуть площі проїзної частини, тротуари, парки та інші площі міста, на яких недозволене паркування. Коли GPS навігатор буде передавати інформацію про місце знаходження на таких ділянках бортовому комп'ютеру автомобіля, той у свою чергу, буде унеможлилювати вимкнення двигуна автомобіля. А саме запускати двигун внутрішнього згорання або електродвигун автомобіля, щойно водій витягнє ключі запалювання із замка запалювання або коли встановлений у крісло водія п'єзометричний датчик сигналізуватиме, що водій залишив салон.

Такі заходи не є надто жорсткими і дозволять водіям робити вкрай необхідні зупинки, а також залишать можливими зупинки аварійного та громадського транспорту. Тобто водіям залишать можливість короткострокових зупинок, але унеможливлять тривалі зупинки, але в той же час не дозволять водіям робити довгострокові зупинки, а тим більше і паркування авто у таких місцях.

Для впровадження САТРА необхідно виконати дообладнання автомобіля необхідними компонентами: системою супутникового зв'язку для визначення координат руху транспортного засобу, системою обробки інформації, що діє в сукупності із топографічною картою місцевості, системою часткового управління певними системами автомобіля, а також виконати оптимізацію та перепрограмування бортового комп'ютера автомобіля. Слід внести відповідні доповнення до уже існуючих електронних карт додатків для GPS приладів автомобіля. Також слідкувати за актуальністю інформації і в разі необхідності – актуалізувати дані, та здійснювати подальший випуск оновлень для перепрограмування бортового комп'ютера автомобіля. Переваги системи у наступному: зниження можливості виникнення аварійних ситуацій та отримання ушкоджень автомобілем на небезпечних ділянках доріг; можливість знизити швидкість автомобіля автоматично при надходженні до бази системи інформації щодо ситуації на дорозі (наявність аварійних обставин, великого скупчення людей, утворення дефектів на дорозі тощо); невеликі трудові та матеріальні ресурси для реалізації; можливість випуску не тільки нових моделей автомобілів з даною системою, але й переобладнання більшості вже вироблених автомобілів; конструкційна універсальність для різних типів і моделей авто.

Висновки

Більшість сучасних систем запобігання наїзду на пішохода не запобігають утворенню аварійної ситуації на дорозі, а тільки сигналізують про неї водію та намагаються зменшити наслідки аварійної ситуації. Система, що пропонується, може суттєво позитивно впливати на ситуацію безпеки на дорогах України. Система суттєво знижує найчастішу причину виникнення ДТП на сучасних дорогах – прояв людського чинника. Також запровадження системи САТРА прибере одну з доволі частих причин виникнення аварійних ситуацій на дорогах – паркування автомобіля в недозволеному місці. Запровадження САТРА може суттєво спростити законодавчий бік питання у регулюванні

швидкості руху на дорозі та паркування транспорту, зменшити навантаження на правоохоронні органи та побічно зменшити рівень корупції. Крім того, наведена система зменшує рівень навантаження на водія при керуванні, тим самим підвищуючи рівень комфортності керування, що, в свою чергу, може збільшити купівельний попит автомобілів з даною системою.

Література

1. Електронний реєстр правопорушень ДАІ України// електронний ресурс [<http://www.sai.gov.ua/>]
2. Безпека пішоходів. Керівництво з безпеки дорожнього руху для керівників та фахівців. – Всесвітня організація охорони здоров'я, 2013. http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/79753/10/9789244505359_rus.pdf.
3. Офіційний сайт Європейської Програми з оцінки безпеки нових автомобілів // електронний ресурс [www.euroncap.com]
4. Статистичні дані причин ДТП [<http://automir.in.ua/newsm.php?id=8493>]
5. Стандарти Європейського Союзу щодо захисту пішоходів та практичні аспекти їх застосування в Україні. – Х.: ГО «Товариство учасників руху», ТОВ «Цифра принт», 2013. – 190 с.
6. Європейська доповідь про стан безпеки дорожнього руху, Копенгаген, Європейське регіональне бюро ВООЗ, 2009 //електронний ресурс. [<http://www.euro.who.int/PubRequest>].
7. Системи підтримки водіїв на основі вимірювання психофізіологічних показників// електронний ресурс [<https://geektimes.ru/post/252840>]
8. Ісікава Каору. Японські методи управління якістю [Текст] / Каору Ісікава. – «Економіка, 1988. – 2033 с.
9. Патентній архів// електронний ресурс [patents.google.com]
10. Аулін В.В., Гриньків А.В. Проблеми і задачі ефективності системи технічної експлуатації мобільної сільськогосподарської та автотранспортної техніки // Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія технічні науки. – 2016. – №2 (77). – С.36-41
11. 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". – №5.– Харків: ХНТУСГ, 2016. – С. 109-116

УДК 631.8

ТЕХНОЛОГІЇ ЦИФРОВОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА: ПРОБЛЕМИ ВПРОВАДЖЕННЯ ТА ПЕРЕВАГИ У ВИКОРИСТАННІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ І ТРАНСПОРТНОЇ ТЕХНІКИ

Деркач О.Д., к.т.н., доцент,
Ференчук Р.А., Неводнічик О.І., Буйницький І.О.
Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Abstract

Considered problems and solutions are proposed in the introduction of digital farming technologies. The list of major foreign manufacturers of equipment and software is given. The economic efficiency from the introduction of digital agriculture technologies in Ukraine is presented.

Keywords: Digital Farming, telematic systems, agricultural.

Вступ

Україна сьогодні позиціонується в світовій спільності як аграрна країна. Ми є одними з найбільших експортерів соняшникової олії, ячменю, пшениці озимої, яблук. В останні п'ять років на європейський ринок активно вийшли і нові, нішеві, культури: нетрадиційні овочі та ягоди: перець, лохина, полуниця, і т.д. У той же час вітчизняне машинобудування, будемо відвертими, не має наукових основ проектування машин та сучасних методів їх використання. Практично вся українська машинобудівна продукція – це скопійовані машини закордонного виробництва. І якщо виробники, поряд із закордонними конкурентами, ще мають достатню кількість позицій машин для традиційного, енергоощадного землеробства, які можна побачити на виставках, то машин майбутнього вітчизняні виробники не пропонують.

Тим не менш, подальший розвиток аграрного сектору України невпинно буде супроводжуватися впровадженням сучасних технологій землеробства, які забезпечать: розширення енергоощадних технологій вирощування с.-г. культур, скорочення витрат на використання техніки, тотального контролю і обліку стану ґрунтів, посівів, ресурсів, виробництва і т. д. Не дивлячись на те, що Україна сьогодні займає провідне місце за темпами впровадження сучасних технологій в землеробстві у світі, технології цифрове землеробство (ТЦЗ) впроваджується не так стрімко.

Схожа проблема є і в профільних університетах. Відсутність матеріально-технічного забезпечення та спеціалістів у сфері ЦТЗ, які б могли навчати студентів роблять університети не задіяними в одній з найактуальніших сферах підготовки фахівців. А якраз одне із завдань університетів і полягає в тому, щоб ознайомити і підготувати студентів до майбутніх технічних рішень, технологій, які обов'язково за 5...10 років будуть використовуватися в землеробстві.

Аналіз стану питання

Сьогодні відомі визначення точного та «розумного землеробства» (їх можна знайти у вільному доступі на теренах інтернету), впровадження яких

дозволяє збирати значну кількість різноманітних даних виробництва в реальному часі і зберігати їх. Цифрове ж землеробство інтегрує обидві концепції точного та розумного землеробства. Його можна визначити як «послідовне застосування методів точного та розумного землеробства, внутрішніх та зовнішніх взаємозв'язків господарства, а також використання як веб-платформ, що містять дані, так і аналізу великих даних» – згідно з визначенням DLG (Німецького сільськогосподарського товариства).

Сьогодні різні виробники техніки пропонують власні телематичні системи, функції яких, в основному, схожі. Так, у фірми CLAAS телематична система має назву Telematics, у John Deere – JD Link Dashboard; у Case IH – AFS (Advanced Farming Systems). Крім того, існують розроблені програми (софти або їх ще називають «цифрові платформи») від інших фірм, які займаються їх розробкою (обладнання та програми). Наприклад, для Case IH фірма Trimble розробила програму AFS, а New Holland використовує програму PLM, яка є повним аналогом AFS.

Наприклад, інтерфейс цифрової платформи Trimble Desktop Software (рис.1) детально відображає карту диференційованого посіву, у вкладках можна знайти, хто, на якому агрегаті у коли (з точністю до 5 секунд) здійснював посів і в якій точці поля коли перебував і т.д.

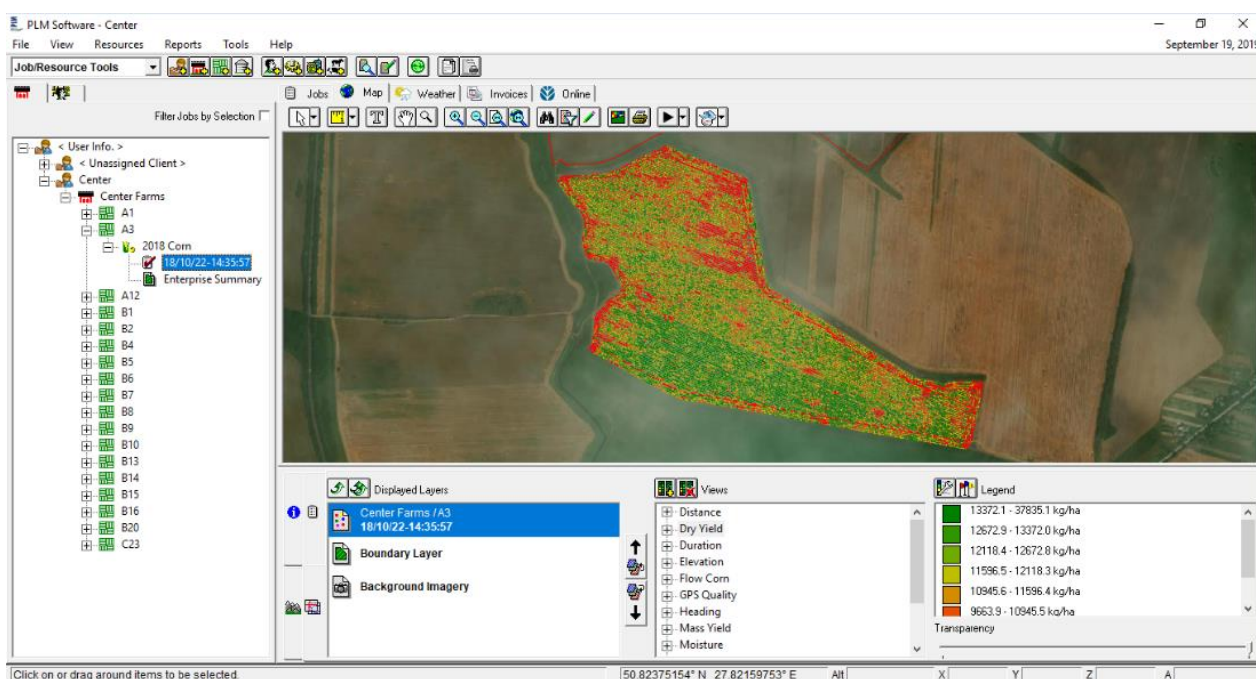


Рисунок 1 - Фрагмент інтерфейсу цифрової платформи Trimble Desktop Software.

В цілому всі вище озвучені програми виконують практично всі функції з ведення господарської діяльності: облік площ полів, збирання карт врожайності, зберігання результатів аналізу ґрунтів, збирання інформації про технічний стан техніки та її детального використання в часі і просторі, контроль за технічним станом, управління сервісом, збирання інформації про оборотні та основні фонди та 70н.. Ці програмні продукти та супровідне

обладнання пропонуються дилерами компаній-виробників с.-г. техніки і в Україні сьогодні вони починають поширюватися.

Аналогічні продукти вітчизняних виробників відрізняються своєю спрощеністю та меншим функціоналом. До таких належить платформа «Агропрофіль» [1]. Більше виробничих завдань, що включають елементи точного землеробства має онлайн-платформа «Agro Online» [2]. А вітчизняний виробник цифрових твердомірів, метеостанцій та автоматичного пробовідбірника «Ромашка» - компанія «Скок Агро» [3] представляла свою продукцію на міжнародній виставці «Agritechnica-2019» у м. Ганновер.

Однак нами виявлено, що дилери, які пропонують споживачам обладнання і програмне забезпечення не готові в повній мірі постійно надавати кваліфікований супровід підприємства, організувати необхідне і достатнє навчання споживачів продукту. Навпаки, за більш-менш інформаційно ємкі консультації вони беруть плату, підвищуючи цим самим вартість впровадження і ведення технологій цифрового землеробства (ТЦЗ), а відтак, останнє стає громіздким і незрозумілим для фермера. Нами також виявлено, що сьогодні жоден заклад вищої освіти не готує повноцінних фахівців з точного чи цифрового землеробства (навіть якщо таке декламується на сайтах агроуніверситетів). Тому, велика доля випускників, наприклад, спеціальності 208 «Агроінженерія» не є конкурентоспроможними на ринку праці і не в повній мірі відповідають сучасним вимогам аграрного ринку праці.

Постановка проблеми

Загальновідомим є факт, що немає однорідних і схожих між собою полів. Навіть в межах поля є відмінність і зональність за кількістю мікро- та мікроелементів, вологи, ущільнення тощо. А збирання детальної інформації про властивості ґрунтів поля та управління ними дозволяє «вирівнювати» урожайність полів у майбутньому та забезпечення поживними речовинами під потенціал культури. Крім того, оптимізація високопродуктивної техніки сьогодні полягає в раціональному її використанні не тільки в межах поля, а вже на його окремих ділянках, які мають характерні відмінності, такі як родючість ґрунту, рельєф, наявність запасів вологи тощо. Якщо, наприклад, ми плануємо внесення добрив, то розраховуємо сталу величину норми внесення на все поле. Однак, в дійсності забезпеченість поля мікро- та мікроелементами є змінною величиною. Ми звичайно можемо додати гарантовану норму внесення, якої буде достатньо для задоволення потреб рослин, але тоді зростуть витрати. Також без застосування ТЦЗ проблемно визначити, який чи які фактори призвели до зниження або яскраво вираженої нерівномірної урожайності культури в межах одного поля: нерівномірність забезпечення поживними речовинами ґрунту, різна вологість, ущільнення ґрунту чи інші фактори. Наприклад, отримані нами дані за допомогою цифрового пенетрометра S 600 Skok Agro дали чітку уяву про ущільнення ґрунтів на різних глибинах на одному з полів (рис.2).

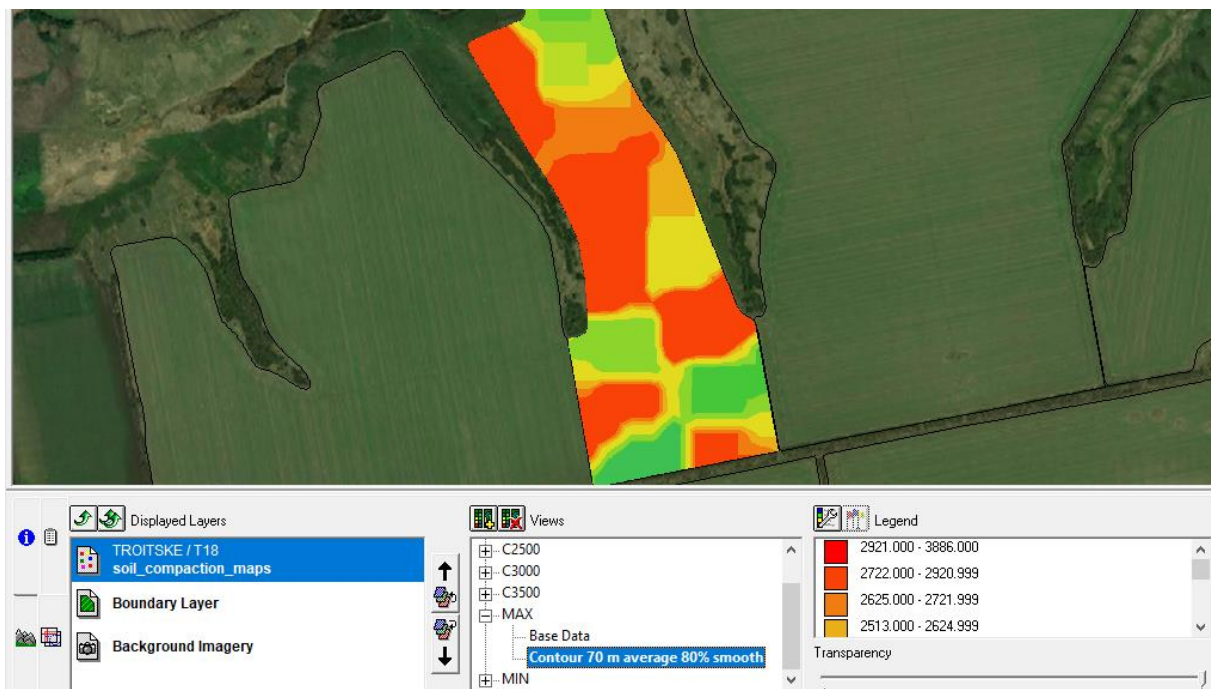


Рисунок 2 - Цифрова карта величини ущільнення поля після обробки результатів. Такі карти можна будувати для різної глибини (від 5 до 60 см), «нашаровуючи» карти одна на одну

Нами встановлено, що основними проблемами при впровадженні ТЦЗ в агропідприємствах є нерозуміння алгоритму його впровадження та технічний супровід технологічного ланцюжка «електронне завдання – машина – збір інформації – комп'ютер – обробка – прийняття рішення (результат)».

Мета та завдання

Метою роботи є розкриття суті технологій цифрового землеробства та особливості експлуатації сільськогосподарської техніки.

Результати вирішення основних питань

Для впровадження ТЦЗ в агропідприємствах необхідно дотримуватися наступного алгоритму дій:

- визначення з типом, маркою обладнанням та обсягом робіт;
- навчання працівників веденню ТЦЗ;
- збирання карт врожайності та їх аналіз;
- агрохімічний, агрофізичний аналізи ґрунту та контроль ущільнення;
- прийняття рішень та побудова електронних завдань для машинно-тракторних агрегатів;
- аналіз отриманих результатів та коригування завдань.

Слід також обов'язково зауважити, що повне впровадження ТЦЗ триває два роки і повинна бути введена посада ІТ-спеціаліста з боку агропідприємства.

Рівень техніки також повинен бути таким, щоб вона була сприйнятна для розміщення на ній відповідного обладнання [4-6] (моніторів, мобільних метеостанцій, трекерів) і була адаптована для автоматичного керування та передачі контролю параметрів технічного стану.

Наприклад, впровадженням ТЦЗ зараз займаються спеціалісти ТОВ «Агро КМР» разом з науковцями ДДАЕУ і компанією MY AGRO CANADA. В даному підприємстві вся техніка має встановлені технічні засоби для GPS-навігації та передачі і обліку даних в режимі онлайн. Підприємство має земельний банк близько 12500 га; кількість співробітників – 53; основні технології в землеробстві: No-till, Strip-till; основна техніка: комбайни Case IH 9240 – 4 одиниці, укомплектовані жатками MacDon FD-75 (робоча ширина захвату 13,7 м), трактори Case IH MX 340/380, Case IH STX 600 Quadtrac, бункер-перевантажувач Kinze-1350, об'ємом 60 м³, обприскувачі John Deere 4930 і 4030, посівні комплекси Horsch Maestro SW (36 рядків). Підприємство має 12 власних метеостанцій. В штатний розклад введено посаду ІТ-спеціаліста. Тобто, умови впровадження ТЦЗ виконані.

Яка ж реально може бути отримана економічна ефективність від впровадження ТЦЗ? Наведемо один приклад, реалізований влітку 2019 року. В одному з агропідприємств за допомогою дрона здійснено оперативний контроль стану поля посівів ріпаку і виявлено, що тривалі дощі сприяли утворенню на полі певної кількості невеликих озер, що повністю знищило посіви. Це означало, що проводити обробку посівів засобами захисту рослин (ЗЗР) на цих ділянках було б недоцільно. Розміри та координати цих озер, отримані з дрону, були внесені в цифрову карту, яка була завантажена в бортовий комп'ютер обприскувача. Слід зауважити, що обприскувач мав функцію відключення і регулювання норми внесення по кожному розпилювачу – це називається диференційоване внесення. Агроном прийняв рішення: здійснювати обробку засобами захисту рослин (ЗЗР) з нормою 150 л/га (синій колір) і припиняти обробку при нормі 0 л/га (червоний колір) у разі проходження обприскувача над знищеними водою ділянками (рис. 3).

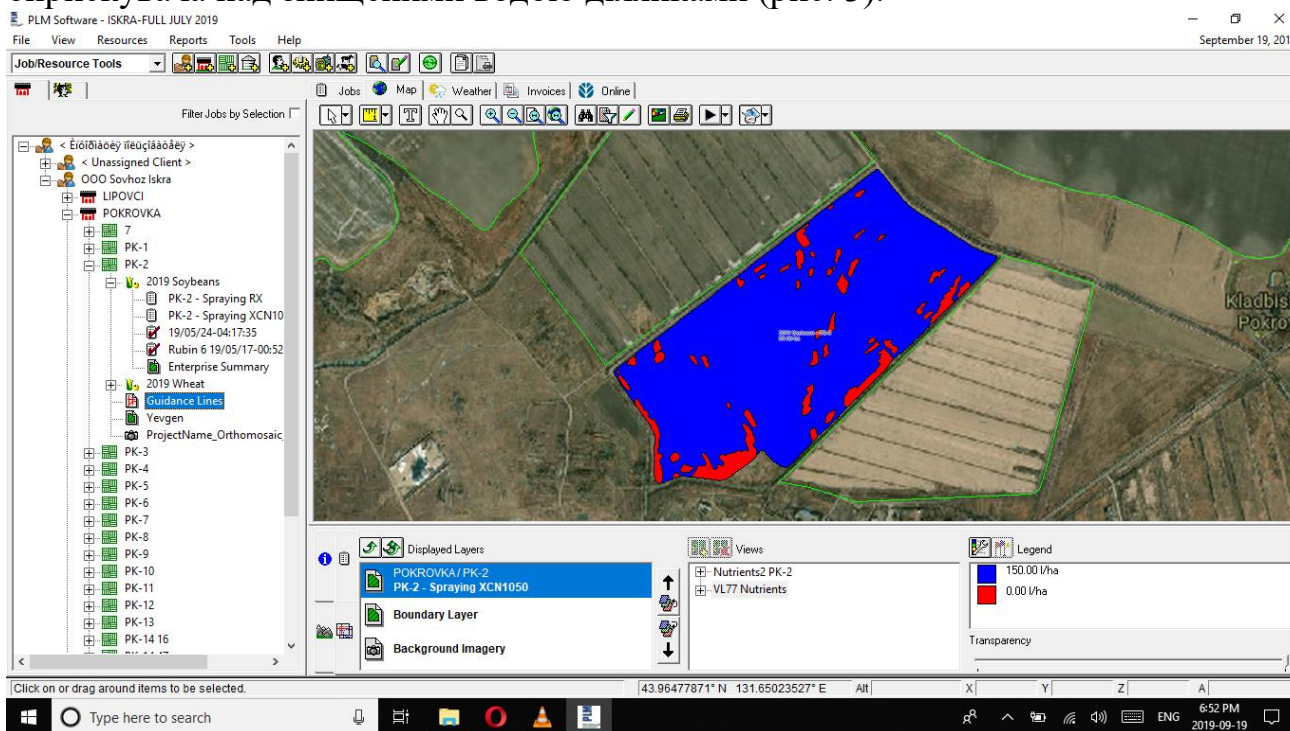


Рисунок 3 - Оперативна карта для диференційного внесення ЗЗР

Що це дало підприємству в даному випадку? Відключення розпилювачів на обприскувачі у разі проходження над ділянкою поля, де посіви знищені водою, забезпечило зниження витрат ЗЗР на 9,5 %. А тут в економію попало не тільки зменшення об'єму робочого розчину, а і витрати на транспортування та приготування ЗЗР. Тобто, зменшилася енергоємність, а отже і собівартість даної технологічної операції. Аналогічним чином, проводяться коригування на всіх стадіях виробництва: на основних і допоміжних операціях, у процесі виробничих узгоджень (наприклад, узгодження за кратністю ширини захвату агрегатів, їх продуктивністю і багато іншого).

Відео про це можна подивитися, зісканувавши цей QR-код



Висновки

Визначено, що впровадження технологій цифрового землеробства забезпечить економічний феект від 9,5 %.

Для ефективного ведення вказаних технологій необхідно впровадження в штатний розклад ІТ-спеціаліста.

Показано, що поряд із зарубіжними виробниками технологій, що супроводжують цифрове землеробства, існують і продукти українських виробників.

В цілому, техніка українського виробництва слабо пристосована до ефективного використання в умовах технологій цифрового землеробства.

Література

1. Онлайн система планування «Агропрофіль». [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.agroprofile.com>. Останнє звернення: 17.11.2019 р.
2. Комплексна система управління аграрним бізнесом «Аgro Online». [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://agro-online.com>. Останнє звернення: 17.11.2019 р.
3. Виробник рішень для точного землеробства «Скок Агро». [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.skokagro.com>. Останнє звернення: 17.11.2019 р.
4. Центр дистанційного тестування та освіти. Електронний ресурс. <http://test.smcae.com/> - останнє звернення 02.05.2018 р.
5. Аулін В.В., Гриньків А.В. Проблеми і задачі ефективності системи технічної експлуатації мобільної сільськогосподарської та автотранспортної техніки // Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія технічні науки. – 2016. – №2 (77). – С.36-41
6. 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". – №5.– Харків: ХНТУСГ, 2016. – С. 109-116

УДК 621.891

**МЕТОДИКА ТА ПРИНЦИПИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАГАЛЬНИХ
ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ТЕТРЯ ТА ЗНОШУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ
АВТОМОБІЛЯ**

Аулін В.В., д.т.н., проф.

Центральноукраїнський національний технічний університет

Ляшук О.Л., д.т.н., проф.

Гупка А.Б., к.т.н., доц.

Тернопільський національний технічний університет

Abstract

The problem of transient friction processes, which determine reliability and durability of machines in real conditions of operation, is considered in the paper. The theoretical basis of the transitional friction processes in the present formally formed. Therefore, only the methodological side of this problem is considered for solving practical problems. The laws of transient processes are essentially kinetic. For them it is most important to take into account thermodynamic constraints. Solving the problem of increasing the reliability and durability of steam friction elements of cars requires a systematic approach with the development of comprehensive research techniques, kinetic criteria for evaluating processes. It is shown that the ways of development and research of designing measures on increasing the tribological reliability of these friction pairs are effective. The necessity of taking into account the influence of the coefficient of mutual overlap on the processes of friction and wear and on the stage of designing and manufacturing of elements of friction pairs of cars, in the choice of optimal friction modes, is substantiated. The proposed parametric model allows to optimize the research process, to develop a complex of technical solutions on the increased durability of friction pairs of cars, to obtain optimal parameters of surface quality, to create a bank of objective tribo technical data for heavy loaded friction pairs.

Key words: friction processes, coefficient of overlap, wear resistance, car tribology.

Вступ

Експлуатаційна надійність технічних трибосистем ковзання деталей автомобілів та сільськогосподарських машин обумовлюється в основному зносостійкістю їх трибоелементів. Конструкторські та технологічні методи зміцнення необхідні, але недостатні, вони обмежені рівнем розвитку галузей техніки і технології, які їх реалізують. У той же час, недостатньо розвиваються способи експлуатаційного зміцнення поверхонь тертя, незважаючи на те, що вони дозволяють модифікувати найтонші поверхневі шари і, тим самим забезпечити вимоги щодо зносостійкості. Вирішення загальної проблеми підвищення ефективності сільськогосподарської техніки, трибологічної надійності її пар тертя потребує подолання існуючого протиріччя між потребою в об'єктивному та обґрунтованому виборі найбільш раціонального та високоякісного комплексу експлуатаційних заходів з одного боку та відсутністю теоретичних основ і методів їх вибору, банку триботехнічних даних (результатів лабораторних, стендових, польових досліджень) з іншого

Аналіз попередніх досліджень

Вирішення проблеми підвищення надійності та довговічності елементів пар тертя автомобілів вимагає системного підходу з розробкою комплексних методик дослідження, кінетичних критеріїв оцінки процесів. Структурно енергетичний підхід дозволив оптимізувати шляхи пошуків оптимальних рішень [1]. Постійно зростає питома потужність процесів тертя, підвищується теплове і механічне навантаження на пари тертя, що веде до ряду негативних наслідків. Ефективними є шляхи розробки та дослідження конструкторських міроприємств по підвищенню трибологічної надійності даних пар тертя. Поряд із технологічними та експлуатаційними засобами це дозволить створити цілісний комплекс, розширити банк трибо технічних даних, розробити практичні рекомендації по вирішенню питань прикладної трибо техніки [2].

Постановка проблеми

Трибологія, як і інші галузі науки і техніки знаходиться в неперервному розвитку. Виходячи з цього в даній роботі розглянуто тільки деякі аспекти проблеми, які доцільно використовувати при дослідженнях в лабораторних умовах. В конкретних випадках, коли необхідно перенести результати лабораторних досліджень на реальні вузли тертя потрібно використовувати елементи теорії моделювання із врахуванням теплової динаміки процесу тертя. Це реалізовано в запропонованій методиці дослідження і підтверджено одержаними результатами.

Мета та завдання

Метою даної роботи є розробка комплексної методики дослідження та критеріїв оцінки для порівняння та аналізу трибо технічних параметрів при терті та зношенні елементів пар тертя автомобілів.

Результати вирішення основних завдань

Підвищення надійності та довговічності пар тертя машин та механізмів пов'язано із стабілізацією процесів, які проходять у поверхневих шарах, а саме утворенням, трансформацією та руйнуванням захисних плівок вторинних структур (ВС) в межах певної множини оптимальних кінематичних та динамічних параметрів, що описують цей процес. Відомі динамічні моделі пов'язують зміну площ поверхні деталей пар тертя, які покриті плівками ВС, із швидкістю утворення та руйнування даних плівок та рядом інших вхідних параметрів. Такими моделями досить складно користуватись в процесі експериментальної перевірки, вони не враховують цілий ряд інших факторів, вплив яких носить випадковий характер і які можуть бути враховані тільки при реалізації стохастичної динамічної моделі взаємодії металів поверхонь деталей пар тертя і середовища в зоні фрикційного контакту.

При побудові такої моделі розглянуто можливі стани складної фізико-хімічної системи поверхневого шару матеріалу пари тертя рис. 1.

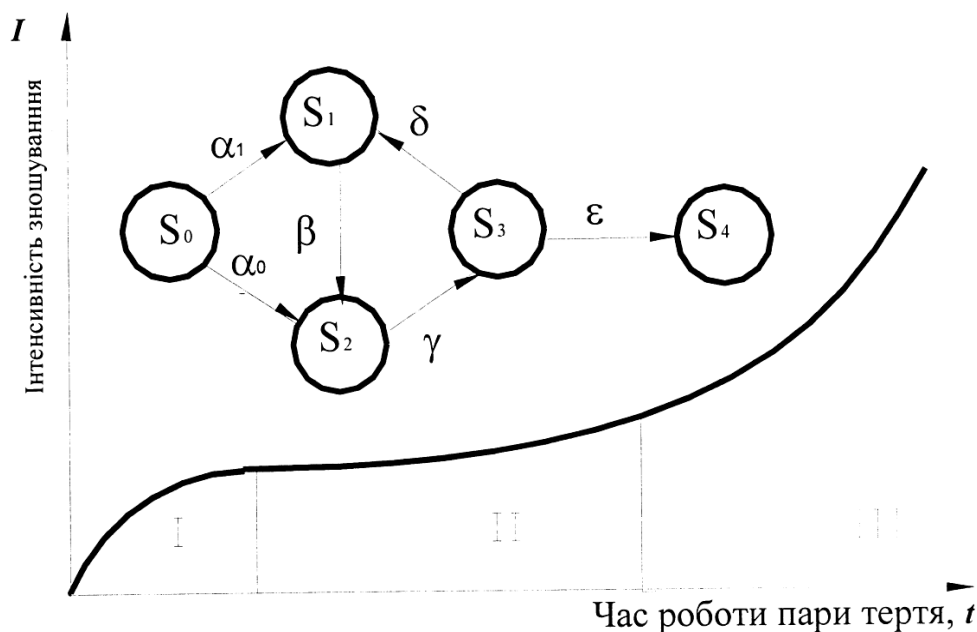


Рисунок 1 - Діаграма можливих станів фізико-хімічної системи поверхневих шарів матеріалу поверхонь тертя: I - етап припрацювання ; II - етап нормального тертя та зношення (динамічна рівновага процесів утворення та руйнування захисних ВС); III - етап об'ємної деструкції (патологічне руйнування основного металу).

Розділимо площу фактичного контакту F_{ϕ} на n ($n \rightarrow \infty$) елементарних площадок dF , яка може перебувати в таких станах: S_0 - початковий стан неприпрацьованої поверхні (рельєф поверхні після технологічної обробки); S_1 - робочий стан поверхні тертя із домінуванням процесу руйнування плівок; ВС; S_2 - стан ювенільної поверхні тертя (поверхня із вихідною шорсткістю після процесу припрацювання. На поверхні відсутні захисні плівки ВС); S_3 - стан утворення (відновлення) захисних плівок ВС; S_4 - ділянки із патологічними процесами трансформації поверхні тертя (об'ємне руйнування основного металу деталей пар тертя).

Зобразимо діаграму можливих переходів системи у вигляді графу у вершинах якого розміщені можливі стани S_i , а дуги якого відповідають переходам між станами з відомими ймовірностями P_{ij} розглядуваних процесів, які характеризуються відповідними параметрами процесу. Тут a_1 та a_2 відповідно параметри переходу від початкового стану S_0 до станів S_1 та S_2 ; β - параметр, який оцінює ймовірність переходу від стану S_1 до появи ювенільної поверхні і відповідно, визначає тривалість періоду руйнування захисних плівок ВС; γ - параметр переходу від ювенільного стану поверхні S_2 до стану утворення захисних плівок S_3 ; δ - параметр переходу від стану поверхні S_3 до стану S_1 , який визначає тривалість утворення захисних плівок ВС; ε - параметр, який визначає ймовірність переходу до патологічних умов тертя та зношення і появи стану поверхні S_4 .

При допущенні, що всі стани, які визначені як вузлові вершини діаграми є незалежні, можна визначити перехідні ймовірності P_{ij} , із врахуванням яких складаємо марківську модель системи із n елементів у вигляді диференціальних рівнянь.

$$\frac{dP_i(t)}{dt} = \sum P_{ij}(t)P_j(t) \quad (1)$$

де $P_i(t)$ - ймовірність перебування системи в i -ому стані.

Для переходу до нормальної експлуатації системи із усталеним процесом утворення та руйнування захисних плівок ймовірності реалізації станів S_0 та S_4 та перехідні ймовірності P_{ij} , пов'язані з цими станами рівні нулю, тобто $P_0 = P_4 = 0$; $P_{01} = P_{02} = P_{24} = 0$. У цьому випадку модель системи значно спрощується, а її діаграма має вигляд циклічного графу з вершинами S_1 , S_2 і S_3 , ймовірності яких $P_1(t)$, $P_2(t)$, $P_3(t)$ утворюють повну ймовірність, тобто

$$P_1(t) + P_2(t) + P_3(t) = 0 \quad (2)$$

Розглянемо спрощену модель процесу, згідно якої час перебування виділеного елемента площі dF у кожному із станів підпорядковується показниковій залежності.

Тоді параметр β є параметром розподілу часу руйнування плівки (інтенсивністю найпростішого потоку відказу системи захисту площадки плівкою); γ, δ - відповідно параметри розподілу часу перебування площадки у ювенільному стані та стані відновлення захисної плівки. В цьому випадку диференціальні рівняння Колмогорова для ймовірностей станів n - виділених елементів поверхні тертя записується у вигляді:

$$\frac{dP_1(t)}{dt} = \delta P_3(t) - \beta P_1(t); \quad (3)$$

$$\frac{dP_2(t)}{dt} = \beta P_1(t) - \gamma P_2(t); \quad (4)$$

При розв'язанні системи рівнянь за початкові умови приймаємо стан поверхні на початку роботи спряження, або на початку проведення експериментів, коли практично вся поверхня контакту покрита захисною плівкою ВС і під час тертя вона може тільки зменшуватися (за рахунок процесу руйнування). В цьому випадку початкові ймовірності перебування довільної виділеної площадки dF в станах S_1 , S_2 та S_3 становитимуть відповідно:

$$P_1(0) = 1 \text{ та } P_2(0) = P_3(0) = 0. \quad (5)$$

В результаті розв'язування системи визначаємого ймовірності перебування довільної площадки dF у відповідних станах:

$$P_2(t) = \beta \left(\frac{e^{x_1 t} - e^{x_2 t}}{x_1 - x_2} \right) + \frac{\beta \delta}{x_1 x_2} \left(1 + \frac{x_2 e^{x_1 t} - x_1 e^{x_2 t}}{x_1 - x_2} \right) \quad (6)$$

$$P_3(t) = \frac{\beta \gamma}{x_1 x_2} \left(1 + \frac{x_2 e^{x_1 t} - x_1 e^{x_2 t}}{x_1 - x_2} \right) \quad (7)$$

$$P_1(t) = 1 - P_2(t) - P_3(t)$$

$$\text{де } x_{1,2} = \frac{(\beta + \gamma + \delta) \mp \sqrt{(\beta + \gamma + \delta)^2 - 4(\beta \delta + \beta \gamma + \gamma \delta)}}{2}$$

На час встановлення динамічної рівноваги процесів утворення та руйнування ВС приймаємо $t \rightarrow \infty$ і залежності (4) приймуть вигляд:

$$P_1 = \frac{\gamma \delta}{\beta \delta + \beta \gamma + \gamma \delta}$$

$$P_2 = \frac{\beta \delta}{\beta \delta + \beta \gamma + \gamma \delta} \quad (8)$$

$$P_3 = \frac{\gamma\beta}{\beta\delta + \gamma + \gamma\delta} \quad (9)$$

Якщо в заданий момент часу $t = t_\phi$ ймовірність перебування кожної із n елементарних поверхонь у ювенільному стані буде $P_2(t_\phi)$, то сумарна площа $F_{ю}$ ювенільних ділянок буде становити:

$$F_{ю}(t) = \int_{F_{mm}} P_2 dF = P_2(t_{TM}) F_{TM} \quad (10)$$

де F_ϕ - сумарна площа контактної поверхні. Тобто в момент встановленої динамічної рівноваги сумарна площа ювенільних ділянок становить:

$$F_{ю} = \frac{\beta\delta}{\beta\delta + \beta\gamma + \gamma\delta} F_{TM} \quad (11)$$

Для експотенціального закону розподілу часу перебування системи в стані S_i , яке є граничним для пуассонівського і геометричного розподілів і яке може бути отримане також на основі моделі утворення-руйнування [4], при якому ймовірність переходу системи із стану S_i в стан S_j описується залежністю $F(t) = 1 - e^{-\alpha_i t}$, де $\alpha_i = \{\beta; \gamma; \delta\}$ математичне сподівання часу такого переходу.

$$\bar{t}_i = \frac{1}{\alpha_i} \quad (12)$$

Тобто математичне сподівання часу знаходження площадки dF в стані руйнування плівок (S_1) буде $\bar{t}_1 = \frac{1}{\beta}$, в ювенільному стані $\bar{t}_2 = \frac{1}{\gamma}$, в стані утворення плівки $\bar{t}_3 = \frac{1}{\delta}$

Тоді залежність (7) для визначення площ ювенільних ділянок при встановленому процесі тертя можна переписати у вигляді:

$$F_2 = F_{ю} = \frac{\bar{t}_2}{\bar{t}_1 + \bar{t}_2 + \bar{t}_3} F_{TM} \quad (13)$$

Відповідно площа ділянок, в яких проходить руйнування та відновлення захисних плівок буде відповідно:

$$F_1 = \frac{\bar{M}_1}{\bar{t}_1 + \bar{t}_2 + \bar{t}_3} F_{TM} \quad (14)$$

$$F_3 = \frac{\bar{t}_3}{\bar{t}_1 + \bar{t}_2 + \bar{t}_3} F_{TM} \quad (15)$$

а відношення сумарної площі, покритою плівкою $F_{пл}$ до загальної площі F_{TM} буде постійним:

$$\frac{F_{пл}}{F_{TM}} = \frac{\bar{t}_2 + \bar{t}_3}{\bar{t}_1 + \bar{t}_2 + \bar{t}_3} F_{TM} \quad (16)$$

В залежності від параметрів навантаження, і в першу чергу від швидкості ковзання V та питомого тиску P часи перебування системи тертя в станах S_i , а відповідно і параметри β, γ, δ змінюються і така зміна описується загальними рівняннями (1). Виведені залежності (4-7) та (9-11) пов'язують такі інтегральні параметри, як площі ділянок поверхонь пар тертя, які перебувають в різних фізико-хімічних станах із диференціальними статистичними параметрами

розподілу часу перебування системи в цих станах, що залежать від конкретних умов навантаження.

Оскільки захисні плівки вторинних структур ВС [3-8] є діелектриками, то динаміку зміни площі ювенільних ділянок, в залежності від умов навантаження і, в першу чергу V та P можна оцінити за величиною струму I , який проходить через зону контакту пари тертя і змінюється пропорційно зміні площі ювенільних ділянок.

$$I = kF_{ю}. \quad (17)$$

Ця закономірність може бути покладена в основу дослідної перевірки розробленої математичної моделі процесу динамічної взаємодії складових системи та ефективної експериментальної оцінки параметрів розподілу.

Так, коли досліджувані процеси тертя та зношення при певних базових показниках навантаження P_0 та швидкості ковзання V_0 поверхонь тертя і характеристичній величині струму I_0 , то при зміні цих параметрів на іншому рівні (P_1, V_1) із характеристичним струмом I_1 , співвідношення між струмами відповідає співвідношенню площ ювенільних ділянок для обох випадків:

$$\frac{I_1}{I_0} = \frac{F_1}{F_0} = \frac{\frac{\gamma_0 + \gamma_0 + 1}{\delta_0 + \beta_0}}{\frac{\gamma_1 + \gamma_1 + 1}{\delta_1 + \beta_1}} \quad (18)$$

Правомірність запропонованих моделей підтверджена результатами багаточисельних досліджень як лабораторних зразків, так і реальних вузлів тертя машин і механізмів.

Для випадку, коли в процесі навантаження параметри розподілу, α, β, γ і відповідно t_1, t_2, t_3 залежать від певних експлуатаційних параметрів роботи пари тертя, то при умові довгострокової рівноваги (стабільності параметрів тертя та зношення) існує стабілізуючий фактор, який задає середній рівень співвідношення площ відповідних ділянок покритих і непокритих плівками ВС (та їх відношення до номінальної площі контакту). В короткостроковому періоді можливі певні коливання характеристик поверхневого стану відносно їх середнього значення. Амплітуда таких коливань характеризує рівень стабільності процесів утворення, трансформації та руйнування ВС.

При граничному терті в місцях контакту робочих поверхонь відбувається безперервне руйнування і відновлення змащувальних шарів і плівок ВС. У випадку їх повного руйнування (змащувальних шарів і ВС) має місце адгезійне схоплювання поверхонь тертя, яке приводить до підвищеного їх зношення. При терті поверхонь, розділених ВС і змащувальними шарами, параметри тертя та зношення оптимальні і стабільні. Плівки ВС формуються у результаті синергетичної взаємодії деформаційних, теплових, адсорбційних, дифузійних і хімічних процесів, які і забезпечують локалізацію всіх видів взаємодії в тонкоплівочному об'єкті, володіють більш високими параметрами міцності в порівнянні з основним матеріалом (в 4- 12 разів).

Висновки

1. Встановлено, що використання лише структурних критеріїв для оцінки стану трибосистеми при реалізації структурної пристосованості (СП) недостатньо, оскільки тонкоплівочний об'єкт руйнування (ВС) зазнає в процесі

тертя корінних структурно-енергетичних перетворень і в момент руйнування відокремлений від основного матеріалу.

2. Обґрунтовано, що структурно-енергетичні і ентропійні (накопиченої ентропії) критерії є кумулятивними, несуть інформацію лише про окремі елементи (матеріали) трибосистеми і можуть бути використані переважно для прогнозування її довговічності.

Література

1. Аулін В.В. Методика дослідження перехідних процесів в зоні фрикційного контакту важконавантажених пар тертя сільськогосподарських машин / В.В. Аулін, Б.В. Гупка, А.Б. Гупка, А.В. Гриньків // Матеріали V Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій». – 18-19 травня 2016р. : тези допов. – Тернопіль : ТНТУ, 2016. – С. 93-94.

2. Каплун В.Г. Трибологічні аспекти експлуатаційної надійності важко навантажених пар тертя / В.Г. Каплун, Б.В. Гупка, А.Б. Гупка, А.О. Оксентюк // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. Серія: Ресурсозберігаючі технології, матеріали та обладнання у ремонтному виробництві. – Харків, 2012 – № 122 – С. 26-34.

3. Ляшук О.Л. Вплив коефіцієнту взаємного перекриття на процеси тертя та зношування трибосистем автомобіля / О.Л. Ляшук, А.Б. Гупка, М.Г. Левкович, В.В. Гупка // Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки, Проблеми трибології (Problems of Tribology). – Хмельницький, 2018, № 4 – С. 59-59.

4. Гриньків А.В. Використання методів прогнозування в керуванні технічним станом агрегатів та систем транспортних засобів / А.В. Гриньків // Збірник наукових праць КНТУ. Техніка в сільськогосп. виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. – 2016. – №29. С. 25-32.

5. Аулін В.В., Гриньків А.В. Использование теоретико-информационного подхода для анализа технического состояния топливной системы автомобиля // "MOTROL" journal according of the Commission of Motorization and Energetic in Agriculture, CULS. 2016. Vol.18. №2. p.63-69.

6. Аулін В.В., Гриньків А.В. Проблеми і задачі ефективності системи технічної експлуатації мобільної сільськогосподарської та автотранспортної техніки // Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія технічні науки. – 2016. – №2 (77). – С.36-41.

7. Аулін В.В., Лисенко С.В., Кузик О.В., Гриньків А.В., Голуб Д.В. Трибофізичні основи підвищення надійності мобільної сільськогосподарської та автотранспортної техніки технологіями триботехнічного відновлення. Монографія. – Кропивницький: видавець Лисенко В.Ф., 2016. 304с.

8. 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". – №5.– Харків: ХНТУСГ, 2016. – С. 109-116

UDK 629.3.06

FACTORS AFFECTING OF CHILD RESTRAINTS SEATS USING

Ochepovska Anastasiia, the bachelor student

Tkachenko Iryna, assis. prof.

O. M. Beketov University of Urban Economy in Kharkiv

Abstract

Motor vehicle injuries are a leading cause of death among children worldwide, though many of these deaths are preventable. Buckling young children in age- and size-appropriate car seats, booster seats, or seat belts and also seating them in appropriate position can lead to a significant reduction of serious and fatal injuries. The key factors simultaneously influencing child passenger's sitting position and restraint use include vehicle type, driver's gender, driver's belt use, child's age, and the presence of other child or adult passenger. Furthermore, time of day and day of week also influence child passenger sitting behaviour but not their restraint use. These findings provide insight for better understanding of child transporting practices and the contributing factors influencing their sitting behaviour and restraint use. Also highlight the need for policy makers to design effective countermeasures to promote rear sitting and restraint use among child passengers.

Keywords: driving behavior, child safety, child restraint system

Introduction

Trauma is the leading cause of death and disability in pediatric patients, and it is considered an important public health problem in the world. Estimates indicate a growing trend in mortality due to road accidents in the world. It is expected that by 2030 the indicators increase by 40% if effective preventive measures are not taken. These alarming figures are due to the progressive increase of the number of circulating vehicles, growth of urban populations, lack of popular culture focused on safety, impunity, lack of effective legislation and poor condition of circulation roads. Several morphological, functional and biological characteristics inherent to childhood predispose children to car accidents as decisive factors for the discernment of the traffic conditions are still under development, and the smaller stature of children hinders the perception of their presence by the drivers. To minimize deaths and sequelae among children as car passengers, child restraint systems (CRS) or child safety seats were developed, popularly known as infant car seat, toddler car seat or simply children car seat, among others. When properly used, CRS reduce mortality by 71%; however, the risk of serious injury doubles when using the wrong model of CRS.

Road traffic crash fatality among child passengers is on the rise in Ghana (Agyeman et al., 2017). According to statistics from the National Road Traffic Crash Database at the Building and Road Research Institute, Kumasi-Ghana, a total of 141 child passengers (aged 12 years and below) were killed and another 711 were injured over the period 2014–2016 (Garces et al., 2016). It is believed that some of these young lives could have been saved if the children were appropriately restrained.

Currently, China is experiencing an extremely rapid increase in motorization. The total number of motor vehicles increased from 3.8 million in 2005 to 13.8 million in 2010. Traffic crashes are the overall leading cause of death in China. The mortality rate among children is much higher than other developed countries. Each year, about 100,000 people in China are killed in motor vehicle crashes, and children aged 1–20 years accounted for more than 12% of these deaths. Further, China currently has no law requiring the use of child restraints, although child restraints have been shown as effective measures to protect children from road traffic injuries. Child restraint use is very low in China, although the majority of drivers had positive attitudes about child restraint. These findings indicate that child restraint policies and educational approaches are urgently needed in China.

Also child passenger injuries and deaths resulting from motor vehicle collisions (MVC) remain a significant public health problem in Canada (World Health Organization, 2016; Parachute Canada, 2017). Between 2008 and 2012, there were 398 motor vehicle deaths among Canadian children aged 0–14 years, with 119 of those deaths in children aged 5–9 years (Statistics Canada, 2017). In the United States, MVCs are the leading cause of death for children under 13 years of age, resulting in 938 fatalities in 2015 (Centers for Disease Control and Prevention, 2017). Importantly, most injuries and deaths involve unrestrained or incorrectly restrained child passengers.

When used correctly, child restraint use can reduce the risk of death and serious injury in toddlers and infants. The use of child restraints has been documented to reduce infant and toddlers (aged 1–4 years) death due to road traffic crashes by 71% and 54%, respectively, whilst the risk of serious injuries among children (aged 4–7 years) also reduces by 59%. Children should be strapped in appropriate restraints based on their age, weight or height.

Analyzes from previous studies

An observational study and driver survey on child restraint use was conducted in the Southeast China city of Shantou in 2012. Observational sites included 22 middle schools, 31 primary schools, 24 kindergartens, and 4 hospitals. Drivers were asked about their knowledge of and attitude toward the use of child restraints. In September 2012, multivariate regression was used to evaluate the factors associated with increased child restraint use.

When used correctly, child restraint use can reduce the risk of death and serious injury in toddlers and infants. The use of child restraints has been documented to reduce infant and toddlers (aged 1–4 years) death due to road traffic crashes by 71% and 54%, respectively, whilst the risk of serious injuries among children (aged 4–7 years) also reduces by 59%. Children should be strapped in appropriate restraints based on their age, weight or height.

In addition to restraint use, child sitting position has also been determined to have an effect on injury severity in the event of crash. For children, studies have established that sitting in the rear seat of a vehicle is about 35% safer than sitting in the front seat, in the event of a crash (Halman et al., 2002; Lardelli-Claret et al., 2006). Effective measures to protect children, therefore, include using age-appropriate restraints and being seated in the rear of the vehicle.

Problems

The transversal descriptive study which included 200 vehicle drivers who carried 0-10 year old children in the city of São Luis, MA, Brazil. The drivers' passengers' and children's features were properly identified. The children's transportation using CRS were analyzed according to the Resolution 277/8 of the Brazilian National Traffic Department.

The transportation of children was classified as inappropriate in 70.5% of the vehicles analyzed. The most common way for children transportation was free on the back seats (47%) or on the lap of passengers/ drivers (17%). The main reasons to justify the improper transportation were either not understanding the importance of CRS use (64.5%) or not having financial resources to buy the devices. The child safety seat was the most used CRS (50.8 %) among vehicles with proper child transportation system. The transportation of children was inappropriate in most of the vehicles analyzed, reflecting the need for creating awareness among automobile drivers, including education, supervision and improvement of policies for health improvement and prevention of accidents involving children transportation.

Aim and tasks

The objectives of this study were to investigate the level of awareness and usage of child car seats in Europe and other countries, identify problems that influence non-usage among the knowledgeable parents, to describe child restraint use, and parents' knowledge of and attitude toward child restraint.

Results of the main tasks solving

The variables regarding the vehicle drivers and passengers were: drivers' age and gender, safety belt use and number of passengers in the vehicle. The degree of relatedness of the driver and the child was stratified as father (biological, adoptive or step-father), mother (biological, adoptive or step-mother), uncle or aunt, grandfather or grandmother, and others (brother, taxi driver, etc.). The drivers level of education was categorized as illiterate, basic schooling (elementary school, complete or incomplete), medium schooling (high school, complete or incomplete) and higher education (college or university education, complete or incomplete).

The children's age, gender, weight and height were informed by the vehicle driver. The number of children in the vehicle and the transportation mode were evaluated according to the Contran Resolution 277/08. This regulation states that children up to one year old should be transported in infant car seat devices in the back seat facing the rear window, with a slight slope. Children aged between one and four years old must use toddlers' safety car seat. Children between four and seven years old must use booster seats fixated in the back seat with three-point safety seat belts. Children over seven years old should use seat belts. Children aged 10 years or older are allowed to travel in the front seat.

According to this regulation, child's transportation was classified as appropriate or inappropriate in each case. When children transportation was considered inappropriate, irregularities were classified as: child in the lap, loose (sitting in the car seat without any CRS), using seat belt (inappropriate use according to the child's age, weight or height) or in a child's car seat (inappropriate use according to the child's age, weight or height) or standing (children standing between

the driver and passenger seats). In cases of inadequacy, the vehicle's driver was questioned about the absence of CRS.

Table 1 shows the drivers' and passengers' characteristics of the 200 vehicles transporting children that have been approached. Most drivers were male (79.5%), and were the child's father (71%), aged between 31 and 40 years old (39%), with mid level education (58%) and were using safety belts (74%). Besides drivers and children, vehicles were carrying two other passengers (46%), who also used seat belts (52.5%).

Table 1. Sample characterization of drivers and passengers of vehicles transporting children

Variables	n	%
Drivers' gender		
Male	159	79,5
Female	41	20,5
Degree of relativeness of the driver to the child		
Father	142	71
Mother	26	13
Uncle or aunt	15	7,5
Grandparents	11	5,5
Other	6	3
Drivers' age (years old)		
18-30	69	34,5
31-40	78	39
41-50	40	20
51-60	8	4
Above 60	5	2,5
Mean \pm standard deviation	35,86 (\pm 9,34)	
Drivers' schooling		
Illiterate	1	0,5
Basic education	2	1
Medium education	116	58
Higher education	81	40,5
Driver used seat belt		
Yes	105	52,5
No	95	47,5
Passenger used seat belt		
1	29	14,5
2	92	46
3	51	25,5
4 or more	28	17
Mean \pm standard deviation	2,43 (\pm 1,02)	

Child transportation was inappropriate in 70.5% of the vehicles approached (Fig. 1).

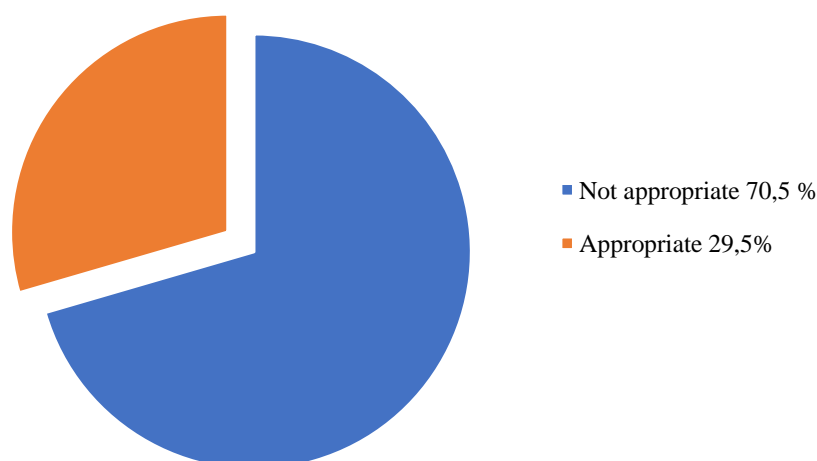


Figure 1 – Analysis of children transportation in vehicles

The 200 vehicles' drivers were carrying 293 children, corresponding to 1.46 ± 0.93 children per vehicle. Most vehicles (71.5%) were carrying only one child (71.5%) of the male gender (51.9%). Most children were aged between one and four years (47.4%) (Table 2). The children's weight and height was 15.76 ± 8.11 kg and 87.60 ± 28.30 cm, respectively.

Table 2. Sample characterization of children transported in vehicles

Variables	n	%
Number of children		
1	143	71,5
2	36	18
3	12	6
4 or more	9	4,5
Mean \pm standard deviation	1,46 ($\pm 0,93$)	
Gender		
Male	152	51,9
Female	141	48,1
Age (years old)		
Up to 1	55	18,8
>1 and ≤ 4	139	47,4
>4 and ≤ 7	78	26,6
>7 and ≤ 10	21	7,2
Mean \pm standard deviation	3,65 ($\pm 2,24$)	

The main given reasons were “not finding important to use CRS” (64.5%) and “not have financial resources for purchasing CRS” (14.9%). Seven drivers (5%) declared they did not know about CRS or their importance (Table 3).

Table 3. Justifications for inadequacy of children’s transportation

Justifications for inadequacy	n	%
Does not consider it as important	91	64,5
Has no financial resources to buy a CRS	21	14,9
The vehicle has only two seats	9	6,4
Does not know about CRS	7	5
Child did not adapt/has accepted CRS	5	3,5
Will provide/buy a CRS	3	2,1
Owens a CRS, but does not use it due to lack of inspection	3	2,1
CRS occupy too much space inside the vehicle	2	1,4

Most children were transported in the vehicle’s back seat (88.4%) and in the central seat (35.2%). The most common children transportation way was loose in the back seat without any restraint equipment (safety belt or CRS) (47%) or in the passenger’s or driver’s lap (17.5%). Thirty-two children (10.9%) were transported on the front passenger seat and two (0.7%) in the driver’s lap, while driving the vehicle.

In this study, most vehicle drivers were the child’s father, well educated and were wearing the seat belt. However, 26% of drivers and 47.5% of passengers were not using seat belts. The lack of seat belt use by the parents can contribute to the nonuse by children and adolescents, 7, 14, 17 pointing out the need for educational and preventive policies showing the importance of safety equipment for all vehicle occupants. Most children were loose in the back seat without any containment equipment or CRS, but 32 children were in the front passenger seat and two in the driver’s lap, despite the mandatory use of CRS and seat belt in the back seat.

Transporting children in the front passenger seat is permitted only in special situations (vehicles without rear seat, for example), while using appropriate CRS. Most drivers do not consider important to use CRS, showing a lack of appreciation and understanding by the population of the importance of such device. The use of safety belt and CRS have a major impact on hospital costs and rehabilitation. Therefore, to raise awareness on the proper use of seat belts and CRS among the population should be a commitment of all health professionals in order to reduce the number of child victims of car accidents.

The main finding of this research was low level of parental willingness to pay for child car safety seats against moderate to high perceived efficacy. The main predictor for willingness to pay was family income level. A considerable unmet need was also observed regarding CRS advice from the physician responsible for the care of the child/family. This research can also be of practical importance for health policy makers to initiate CRS insurance coverage or lending programs parallel to decisions for obligatory CRS regulations. Future research can examine the effectiveness and feasibility of methods suggested in the paper to promote CRS use in the world.

In this study, children transportation was inappropriate in most vehicles that have been approached, similar to the findings of other studies. The lack of CRS or inadequate ones can lead to serious injuries or death of children in cases of collisions, since the child is more fragile and lacks defensive attitudes or danger perception.^{5,14} Traffic accidents are one of the most important factors influencing the morbidity and mortality of children in the country. A study conducted in a referral trauma center in Embu and Taboão da Serra (SP, Brazil), from December 2005 to December 2006 showed that 15% of the trauma mechanisms in childhood were related to traffic accidents. In San Diego (USA), according to information obtained from the database of the Legal Medical Service between January 2000 and December 2006, car accident was the leading cause of death (40.2%) in children and adolescents, followed by asphyxia and penetrating trauma. In a retrospective study conducted in Uberlândia (MG, Brazil),¹²³ victims of traffic accidents under the age of 15 were treated at Hospital de Clínicas from 1999 to 2003. It was found that 58.8% were not using safety devices and/or used them incorrectly at the time of the accident. These findings reinforce the need for the CRS and seat belts use for children and adolescents as one measure to reduce morbidity and mortality associated to traffic accidents.

Almost half of the participants were found to be unaware of child car safety restraints. Those who knew, most commonly expressed unavailability, time taken in child car seat installation, and absence of law as the reasons behind not using the child car seats while another common reason was their misperception about the children age group for using child car seats. Driver's education level was found to be the most significant demographic characteristic associated with the driver's awareness on child car seats as well as support towards their usage, initiation of awareness campaigns, and law implementation.

Motor vehicle crashes are a major cause of death and injury to children worldwide. Although risk of injury to child passengers can be reduced by using a child restraint, most restraints are incorrectly used. This greatly reduces the restraints' protective potential; however there is limited research on drivers of correct child restraint use. The aim of this study was to explore perceived barriers and motivators of correct child restraint use in experienced child restraint users, to inform interventions to promote correct use. Motivations and risk perceptions concerning incorrect child restraint use among high and low socioeconomic populations and culturally and linguistically diverse child restraint users. The results indicate current child restraint product information is poorly understood, particularly among those whose first language is not English. Interventions to increase correct child restraint use should address access to correct use information, capability to understand and use these, and the influence of motivation, memory and attention in the process. Despite legislation mandating child restraint use for child passengers in most high income countries (WHO, 2015), and increasing adoption of legislation globally in response to the World Health Organisation road safety campaign in 2004 traffic injuries remain a leading cause of death for children, and child passengers account for up to half of these deaths. Using age-appropriate restraints reduces the risk of death and injury.

However for optimal crash protection restraints must be used correctly, as misuse significantly increases the risk of injury during a crash. Correct use of child

restraints requires restraints to be installed and the child secured as intended by the manufacturer.

Result

This study may help to create awareness among drivers and health professionals and it serves as a quantitative data showing the seriousness of the problem, and may be useful to support educational programs on safe transportation of children, especially in the family and school context. The results also highlight the need to improve the inspection regarding CRS, enforcing the existing legislation on effective security measures for children transportation among the population. Proper child transportation with the correct use of CRS establishes safety conditions that can dramatically reduce the chances of severe traumatic injury and death in the event of collisions. Results of this study revealed very low use of child safety seats and a high proportion of the population who had never seen them, despite a majority who had positive attitudes about their use. The finding that large and low-income families are less likely to use an age appropriate restraint also indicates a need to address the economic and logistic barriers in strategies aimed at increasing best practice child restraint use.

Literature

1. Agyeman, W., Afukaar, F., Agyemang, K.O., 2017. Road Traffic Crashes in Ghana: Statistics 2016. CSIR-Building and Road Research Institute, Kumasi, Ghana.
2. Garces, A.Q., Coimbra, I.B., Silva, D.S., 2016. Transporting children in cars and the use of child safety restraint systems. *Acta Ortop. Bras.* 24, 275–278.
3. World Health Organization, 2016. World Report on Child Injury Prevention. World Health Organisation, Geneva, Switzerland.
4. Halman, S.I., Chipman, M., Parkin, P.C., Wright, J.G., 2002. Are seat belt restraints as effective in school age children as in adults? A prospective crash study. *BMJ* 324, 1123–1126.
5. Lardelli-Claret, P., Jimñez-Moleyn, J.J., Luna-del-Castillo, Jd., Beuno-Cavanillas, A., 2006. Individual factors affecting the risk of death for rear-seated passengers in road crashes. *Accid. Anal. Prev.* 38, 563–566.
6. Elvik, R., Vaa, T., Høyе, A., Sorensen, M., 2009. *The Handbook of Road Safety Measures*, second ed.
7. Chen, X., et al., 2014. Parents' knowledge, attitude, and use of child restraints. *Shantou. China Am J Prev Med* 46 (1), 85–88.

УДК 631.33

РЕСУРСНІ ВИПРОБУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ РУХОМИХ З'ЄДНАНЬ, ВИГОТОВЛЕНИХ З ПОЛІМЕРНО-КОМПОЗИТНОГО МАТЕРІАЛУ

Макаренко Д.О., к.т.н.

Довгополий В.В.

Чмельов О.В.

Костів С.С.

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Abstract

It is established that the wear of the samples from the polymer-composite material is stable and this process can be described by a linear function. The results of resource tests proved the stability of the work of elements of movable connections made of UPA-6-30 when operated in friction mode without lubrication. The optimal breaking-in time of the experimental parts of the movable joints is 12... 15 hours of operation.

Keywords: movable connections, polymeric-composite material, mechanism, friction and wear.

Вступ

Підвищення довговічності рухомих з'єднань сільськогосподарської та автомобільної техніки здійснюється конструкторськими, технологічними та експлуатаційними методами. Вирішальний вплив на довговічність рухомих з'єднань механізмів мають саме режими їх роботи. Традиційними технологічними прийомами зменшення тертя і збереження ресурсу техніки є поліпшення якості обробки поверхонь і внесення проміжного прошарку (мастильних матеріалів). У даний час інтенсивно розвиваються методи модифікації мастильних матеріалів та технологій обробки робочих поверхонь, що створюють основу не тільки для відновлення робочих параметрів деталей, але і для істотного поліпшення їх експлуатаційних властивостей [1-5].

Постановка проблеми

Модифікація мастильних матеріалів не завжди дає бажаного ефекту з точки зору підвищення працездатності, надійності, ресурсу роботи вузлів тертя та зменшення витрат на їх технічне обслуговування.

У рухомих з'єднаннях деталей сільськогосподарських машин, як правило, працюють трибоспряження деталей в умовах обмеженого змащування, сухого тертя (без змащування) та за наявності абразиву. Проблемними в плані підвищення довговічності є трибоспряження, що працюють в умовах сухого тертя та за наявності інтенсивної дії абразиву.

В сільськогосподарському машинобудуванні ефективно впроваджуються композиційні матеріали різного роду [5-10]. Переваги використання у трибоспряженнях сільськогосподарських машин полімерно-композитних матеріалів (ПКМ) (термо- та реактопластів) у порівнянні з традиційними матеріалами (сталями, сплавами та матеріалами на їх основі) є: відсутність

обслуговування; виключення ефекту «клину»; мінімальний знос металевих суміжних деталей трибоспряження [11-13].

Широкому застосуванню полімерно-композитних матеріалів в конструкціях машин заважають, зазвичай, побоювання виробників та власників техніки настання раптових відмов. Водночас, багато вчених довели ефективність впровадження їх у сільськогосподарському електро- та автомобільному машинобудуванні [5, 13-15].

Мета та завдання

Метою роботи є встановлення закономірності зношування деталей, виготовлених з полімерно-композитного матеріалу. Для досягнення мети виконано обґрунтування закономірності зношування деталей рухомих спряжень в залежності від часу їх роботи.

Результати вирішення основних завдань проблеми

Для підтвердження підвищення довговічності елементів рухомих з'єднань з ПКМ УПА-6-30М, виконані стендові ресурсні випробування. Насамперед така необхідність пов'язана з меншою теплопровідністю, у порівнянні зі сталлю, вказаного матеріалу, що може призвести до накопичення теплоти в зоні тертя та небажаної зміни властивостей.

У процесі випробувань реєстрували такі параметри: зміну маси зразків; температуру в зоні тертя; відносну вологість повітря. При цьому були задані найбільш жорсткі режими, що відповідають роботі експериментальних деталей у рухомих з'єднаннях за екстремальних умов. Так, швидкість ковзання складала 0,03 м/с, навантаження 600 Н. Випробування здійснювалися протягом 150 годин (рис. 1). Відомо, що період припрацювання робочих поверхонь трибоспряжень є найбільш відповідальним у процесі всієї роботи. Тому у перші 10 годин випробувань зміну маси зразків реєстрували 2 рази, а далі – через кожні 25 годин роботи. Як видно із графіка (рис. 1) з початку і протягом 150 год випробувань зношування зразків з ПКМ відбувалось стабільно і цей процес можна описати лінійною функцією. Швидкість зношування при цьому складає 0,00307 г/год.

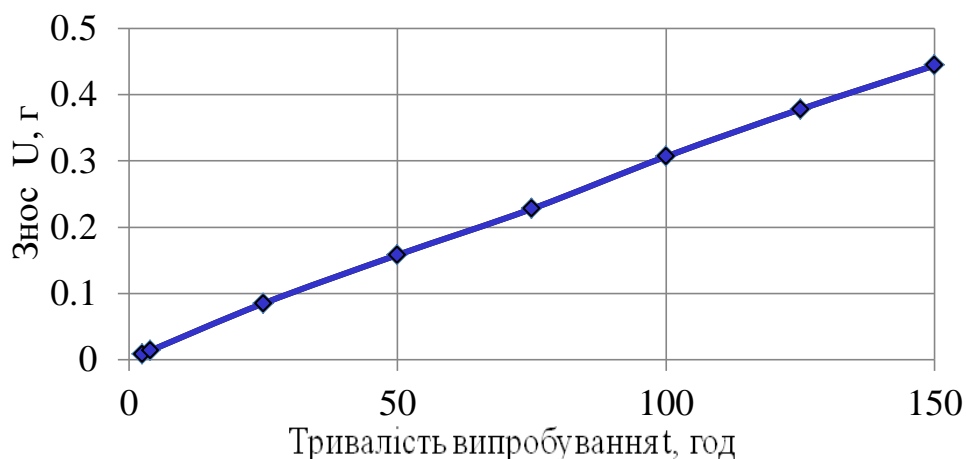


Рис. 1. Динаміка зношування експериментальних зразків з УПА-6-30М

В перші 8 годин роботи температура в зоні тертя поступово зростала до 80 °С, що обумовлено припрацюванням рухомих спряжень. Протягом випробувань від 8 до 50 годин зафіксовано зниження температури з 80 °С до 40 °С, що є характерним для остаточного припрацювання та вказує на сталий режим роботи трибоспряження.

Висновки

1. Доведено стабільність роботи елементів рухомих з'єднань виготовлених з полімерно-композитного матеріалу УПА-6-30 при експлуатації в режимі тертя без мащення.

2. Виявлено, що зношування експериментальних деталей можна описати лінійною функцією.

3. Встановлено, що оптимальний час припрацювання експериментальних деталей рухомих з'єднань становить 12...15 годин роботи.

Література

1. В.В. Аулін, А.Д. Деркач, А.И. Буря, Д.А. Макаренко, Г.Я. Мищенко. Триботехнология восстановления деталей мобильной с.-х. и транспортной техники модификацией моторного масла фуллеренсодержащим составом / Тракторы и сельхозмашины. Ежемесячный научно-практический журнал. № 4, 2014, с. 26-29.

2. Деркач О.Д., Харченко Б.Г., Кабат О.С., Макаренко Д.О., Міщенко Г.Я. Дослідження трибологічних властивостей силікато-фулеренового геомодифікатора для поверхонь тертя. Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету. – 2014. - № 2. – с. 60-62.

3. Аулін В.В. Вплив фулерено вмісних олив на фізико-механічні властивості поверхні тертя спряжень деталей / В.В. Аулін, О.Д. Деркач, С.В. Лисенко, А.В. Гриньків // Проблеми трибології. – 2018. №4 – С. 60-64.

4. Деркач О.Д., Харченко Б.Г., Макаренко Д.О., Міщенко Г.Я. Ревіталізація поверхонь тертя бензинових двигунів внутрішнього згоряння наномодифікаторами. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка, Випуск 121, «Технічний сервіс машин для рослинництва». – Х.: Віровець А.П. «Апостроф», 2012. – 270 (с.7-13). фахове видання.

5. Аулін В.В. Трибофізичні основи підвищення зносостійкості деталей та робочих органів сільськогосподарської техніки [Текст] : автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.02.04 / Аулін Віктор Васильович; Хмельниц. нац. ун-т. – Хмельницький, 2015. – 36 с.

6. Черновол М.И. Упрочнение деталей машин композиционными покрытиями / М.И. Черновол, В.В. Аулін // AFES2005 Proceeding. The sixth international scientific forum aims for future of engineering science. – march 23-30. – 2005. – Hong-Kong. – P. 86-91.

7. Кобец А. Идентификация материала «ТЕКРОНЕ» и обоснование аналогов для изготовления отвалов лемешных плугов / А. Кобец, А. Деркач, О. Кабат [и др.] // *Agricultural machinery 2019. Proceedings : VII International scientific congress, 26 - 29 June 2019, Burgas, Bulgaria.* - Burgas : Rouse University, 2019. - Vol. 1. - P. 35-38.

8. Derkach O.D. Upgrading of machines for surface tillage (for cultivators) / O.D. Derkach, D.O. Makarenko, Yu.O. Litvintseva // *Геотехнічна механіка: Міжвідомчий збірник наукових праць.*- Вип. №138. – Дніпро: Інтеграл, 2018. – 274 с. – С. 260-270.

9. Кузнецова О.Ю. Розробка фулеренвмісних композитних матеріалів на основі фенілону для деталей конструкційного призначення: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.02.01 / Луцький національний технічний університет, 2013. – 23 с.

10. Деркач О.Д. Проблеми впровадження окремих груп полімерних композитів у конструкцію сільськогосподарської техніки / О.Д. Деркач // *Теоретичні та експериментальні аспекти сучасної хімії та матеріалів ТАСХ-2018: Зб. тез доповідей II Всеукр. наук. конф. (10 квітня, 2018).*– Дніпро: «Середняк Т.К.»,. – С. 16-17.

11. Деркач А.Д. Применение углепластиков в широкозахватных посевных машинах / А.Д. Деркач, Н.Н. Науменко, Д.А. Макаренко // *Mechanization in agriculture. International scientific, scientific applied and informational journal. Year LXI, 2/2015, – Sofia. – 2015. – P. 3-6.*

12. Derkach O. Development of high accuracy of the copy soil system / O. Derkach, D. Makarenko, M. Velyka, O. Shapoval. // *International Scientific Journal. – Mechanization in agriculture & Conserving of the resources. – Year LXIII, Issue 5/2017. – Sofia. – 2017. – P. 185-187.*

13. Деркач О.Д. Обґрунтування параметрів обертових елементів робочих органів зернозбиральних комбайнів: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.05.11 / Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя – Тернопіль, 2006. – 20 с.

14. Буря О.І. Дослідження термостійкості композитів на основі фенілону та гібридного наповнювача / О.І. Буря, О.Ю. Кузнецова, І.Т. Тихонов [та ін.] // *Вісник Чернігівського державного технологічного університету. Серія «Технічні науки».* – 2012. – № 1 (55). – С. 59-67.

15. Наукові основи розробки полімерних композиційних матеріалів триботехнічного призначення на основі політетрафторетилену [Текст]: монографія / Х.В. Берладір, О.А. Будник, К.О. Дядюра [та ін.]; За ред. К.О. Дядюри. – Суми: СумДУ, 2017. – 176 с.

УДК 621.431.004

ЗАСТОСУВАННЯ ЗВУКОВОГО СИГНАЛУ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ СТАНУ МЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ ПОРШНЕВОГО ДВИГУНА

Сілевич В.Ю., к.т.н.

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Abstract

The development of the automotive industry, along with an increase in requirements for safety, environmental friendliness and efficiency, requires effective diagnosis of the condition and malfunctions of the car and its systems. The continuous diagnosis of malfunctions of the most complex and critical car element - internal combustion engine is a rather important problem; therefore, the development of a state monitoring system for a car's engine capable of warning in advance about its malfunctions, condition, and operating modes is an urgent problem. Vibration and sound signals emitted by the mechanical systems of a piston engine with the appropriate methods for their registration, processing and analysis can serve to determine its state.

Keywords: acoustic signal, wavelet, Fourier transform, engine malfunction.

Вступ

Поршневий двигун внутрішнього згорання (ПДВЗ), в процесі своєї роботи, є джерелом різних звукових коливань, які генеруються починаючи від руху газів (впуск повітря і випуск відпрацьованих газів), механічної взаємодії зубчастих і кулачкових механізмів і закінчуючи шумом додаткових агрегатів двигуна (вентилятор охолодження, насос високого тиску і т. ін.). Також по звуку двигуна автомобіля під час роботи досвідчені механіки можуть визначити не тільки характер несправності але і конкретне місце роботи дефектного агрегату.

Оскільки ПДВЗ є пристроєм із великою кількістю підсистем, то робота кожної такої системи буде супроводжуватися генерацією звуку певної тональності частоти і фази. Швидкість поширення звуку має певну величину, яка залежить від середовища, в якій вона поширюється, тож таким чином можна визначити, при наявності звукових сенсорів встановлених в чотирьох різних точках, місце випромінювання сигналу.

Аналіз попередніх досліджень

Автор роботи [1] розглядав застосування різних вейвлет і Фур'є - перетворень для пошуку одиничних несправностей в різних категоріях поршневих двигунів. Метод дозволяє ефективно обробляти динамічні звукові сигнали двигуна, фільтруючи шуми з інших джерел (навколишнього середовища), які містять значну кількість інформації про умови роботи двигуна.

В роботі [2] проводилися експериментальні дослідження шуму двигуна з метою виявлення його несправностей. У фокусі дослідження лежало порівняння максимальних амплітуд звукових сигналів.

У статті [3] проводився аналіз звуку двигуна для визначення характеру несправності. При обробці сигналу враховувалися наступні параметри: основна частота звуку, частотний спектр, енергія звукової хвилі, швидкість переходу через нуль.

Аналіз звуку двигуна використовується не тільки для виявлення порушень в його роботі. Так в [4] за допомогою обробки звуку елементів циліндро-поршневої групи проводились роботи із зниження шуму двигуна в цілому. В результаті дослідження вносилися зміни до конструкції поршня - його геометрії, положення центру мас.

Постановка проблеми

Зростання складності систем автомобільної промисловості та вимог до їх експлуатації потребує розширення методів діагностики несправностей та обслуговування автомобілів.

Електронні системи двигуна, що забезпечують його працездатність, такі як датчики тиску повітря та рідин, вмісту кисню, положення колінчастого та розподільного валу, датчики рівня рідин також можуть виконувати функції опосередкованого діагностування двигуна. До таких можна віднести, наприклад, невідповідність кутів повороту колінчастого і розподільного валу (пошкодження механізму приводу газорозподільної системи), занижений тиск у повітряній магістралі після компресора (пошкодження повітряних магістралей), завжди високий рівень кисню у відпрацьованих газах (тріщини або нещільності випускного колектору).

Таким чином виникає необхідність розробки надійного математичного інструментарію оцінки як стану багатофункціональних об'єктів автомобіля так і транспортної системи в цілому.

Мета та завдання

Розробка методу оцінки показників працездатності двигуна автомобіля і його систем за їхнім акустичним сигналом.

Результати вирішення основних завдань

Аналізування сигналу може проводитися шляхом зіставлення його із певним базисом. Такими базисами можуть бути як гармонічні функції, що реалізуються в Фур'є-перетворенні, так і певні базисні функції, обробка за допомогою яких називається вейвлет-перетворенням.

Перетворення Фур'є – математичний апарат, що зіставляє одній функції дійсної змінної іншу. Ця нова функція описує коефіцієнти (амплітуди) при розкладанні вихідної функції на елементарні складові – гармонійні коливання з різними частотами (подібно до того, як музичний акорд може бути виражений у вигляді суми музичних звуків, які його складають). В обробці сигналів і пов'язаних областях перетворення Фур'є зазвичай розглядається як декомпозиція сигналу на частоти і амплітуди, тобто оборотний перехід від часового простору в частотний [5].

Для аналізу було взято два сигнали одного працюючого автомобільного бензинового трициліндрового двигуна із дефектом у випускному колекторі у вигляді тріщини (рисунок 1а) і без дефекту (рисунок 1б).

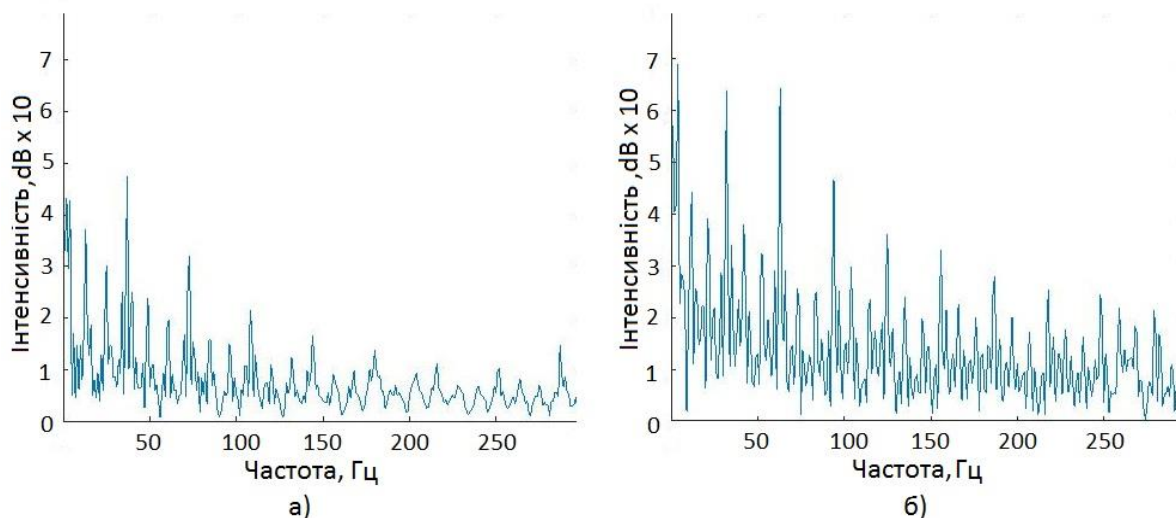


Рисунок 1 Результати Фур’є–перетворення звуку роботи:

а) бездефектного двигуна; б) двигуна із дефектом випускного колектора.

На рисунку 1б видно значні сплески кожної третьої гармоніки в полі частота – інтенсивність, в той час як на рисунку 1а висоти сплесків, хоча й розрізняються, але кількісну різницю менш помітно.

Вейвлети - функції типу маленької хвилі в математиці виникли досить давно при вивченні базисів функціональних просторів [5]. Одна із основних переваг вейвлет-аналізу полягає в тому, що він дозволяє помітити добре локалізовані зміни сигналу, тоді як аналіз Фур'є цього не дає, бо в коефіцієнтах Фур'є відбивається поведінка сигналу за весь час його існування.

Існує кілька різновидів вейвлетів, в основі яких лежать певні базисні функції. Найчастіше використовуються вейвлети Морле, Хаара, Меєра та «мексиканський капелюх». Результати досліджень звуку того ж двигуна, що і в попередньому випадку вейвлет-перетворенням Морле показано на рисунку 2.

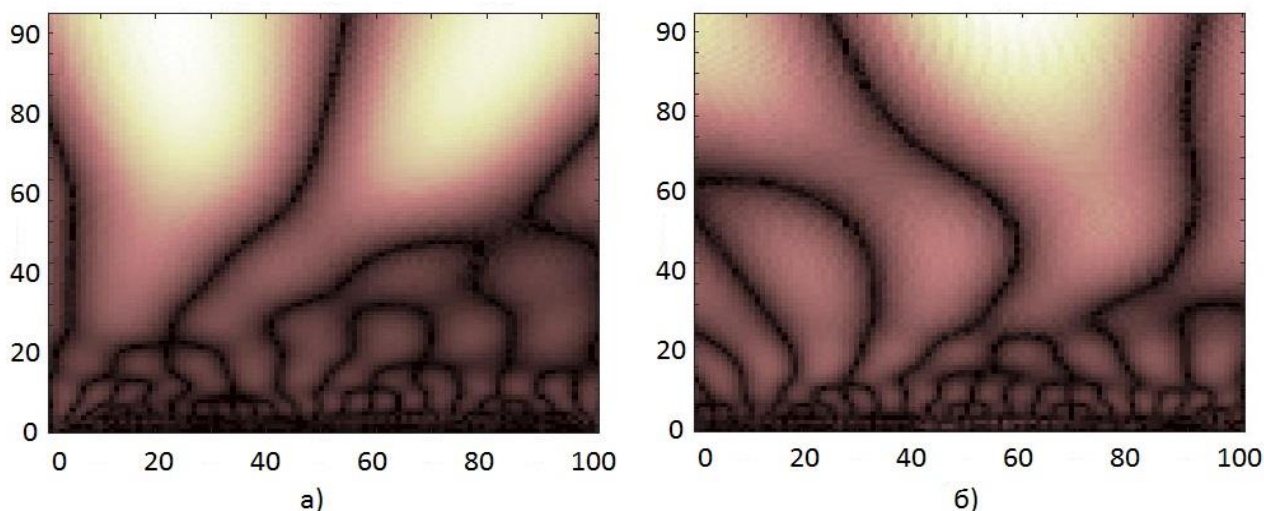


Рисунок 2 Результати вейвлет–перетворення Морле звуку роботи:

а) бездефектного двигуна; б) двигуна із дефектом випускного колектора.

На фазовому портреті, що отримано перетворенням Морле, можна розрізнити лінії які замикаються у вибраній зоні і які ні. Ті лінії, що не мають замкненості, характеризують наявність певних складових сигналу, які будуть найбільш подібні до базового сигналу.

У вейвлеті Меєра та Хаара добре відстежується наявність лише однієї найбільш вираженої гармоніки у вигляді незамкненої лінії.

Диференціювання сигналу із отриманням першої та другої похідної дозволяє отримати інформацію про швидкість та прискорення зміни його амплітуди. Так, в просторі «стан - швидкість - прискорення» кожен динамічну подію можна відобразити точкою з координатами $X(t)$, $dX(t)/dt$, $d^2X(t)/dt^2$. Причинно-наслідково пов'язані між собою події утворюють в просторі «стан-швидкість-прискорення» замкнену траєкторію [6].

Застосування чисельного диференціювання відцифрованих сигналів має місце при обробці аналітичної інформації. Перша похідна сигналу характеризує швидкість зміни амплітуди щодо зміни абсциси, тобто часової осі, яка інтерпретується як нахил дотичної лінії сигналу в кожній точці.

Друга похідна є похідною від першої і являє собою міру кривизни лінії сигналу, або швидкість зміни нахилу дотичної сигналу в кожній точці кривої.

Отримані картини показують зміни не тільки структури, а й форми і масштабу, що представляється більш інформативним при вивченні стану досліджуваних об'єктів.

Висновки

Використання зазначених засобів на додаток до штатної системи діагностики несправностей двигуна, можливості якої обмежені використанням цільових датчиків системи моніторингу, може значно розширити можливості діагностування для механічних систем і вивести її на новий якісний рівень з можливістю поглибленого аналізу стану двигуна.

Література

1. Automobile engine condition monitoring using sound emission [Текст] / Hamid GHADERI, Peyman KABIRI // Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences. – 2017. № 25, - С. 1807 – 1826.
2. Engine Fault Diagnosis Using Acoustic Signals [Текст] / Wail M. Adaileh // Progress in Environmental Protection and Processing of Resource. – 2013. № 2020, - С. 295 – 298.
3. An analysis of sound for fault engine [Текст] / Suphattharachai Chomphan, Theerathan Kingrattanaset // American Journal of Applied Sciences. – 2014. № 11(6), - С. 1005 – 1009.
4. Dolatabadi, N. An investigation on impact-induced oscillations and noise in lubricated conjunctions [Текст] / N. Dolatabadi, S. Theodossiades, S.J. Rothberg // 26th International Conference on Noise and Vibration Engineering, Leuven, Belgium, 15-17 вересня 2014р. – С. 1347 – 1359.
5. Основы теории вейвлетов. Вейвлеты в MATLAB [Текст] / Н.К. Смоленцев. – М.: ДМКПресс, -2014. – 628 с.
6. Киберфизический подход к исследованию функционирования динамических систем [Текст]: В.П. Мигаль, Г.В. Мигаль Электротехнические и компьютерные системы, № 22(98), -2016

УДК.621.791.92

ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ТА НАДІЙНОСТІ СПОЛУЧЕНИХ ПОВЕРХОНЬ ВАЛІВ АВТОМОБІЛЬНИХ АГРЕГАТІВ КОМБІНОВАНИМ МЕТОДОМ ПРИ ЇХ ВІДНОВЛЕННІ

Смірнова Т.В. к.т.н.

Солових Є.К. д.т.н., проф.

Катеринич С.Є. к.т.н., доц.

Сергійчук А.А.

Центральноукраїнський національний технічний університет

Abstract

The expediency and technological process of restoration of the outer cylindrical surfaces of the shafts of vehicle units by a combined method with the use of electric arc spraying of martensitic and ferrite classes and the subsequent electrocontact processing with use of carbon-containing fillers, which allows to substantially increase the operating time, are substantiated.

Keywords: Rolling joints, restorations, typical defects, hardening coatings, combined method, arc deposition, electro-contact processing, carbon-containing filler.

Вступ

В процесі експлуатації рухомих з'єднань і деталей агрегатів автомобілів основними руйнуючими факторами є зношування сполучених поверхонь та корозійне руйнування під впливом агресивного оточуючого середовища [1].

Аналіз статистичних даних дефектів автомобільної техніки (АТ) показує, що по причині зносу і корозії з ладу виходять до 80% деталей, а по причині різноманітних поломок (включаючи втомлюване руйнування) – 20 – 30% [1-3].

Знос поверхонь деталей транспортної техніки розподіляється приблизно наступним чином [3, 4]: циліндричних – 52%, тріщин та зламів – 9%, порушень геометричної форми – 13% тощо. При цьому до 40% дефектів, що найчастіше зустрічаються при експлуатації пов'язані із зношуванням зовнішніх циліндричних поверхонь, тому підвищенню довговічності і надійності саме цих поверхонь доцільно приділяти підвищену увагу [5].

Узагальнення наведених даних дозволяє зробити висновок, про те, що виникнення типових дефектів на деталях автомобільної техніки напевно зумовлене недостатньою їх поверхневою міцністю, яка призводить до зменшення спротиву деталей руйнуванню в процесі експлуатації.

Переважну більшість дефектів деталей автомобілів можливо відновлювати і захищати від руйнування покриттями із матеріалів зі спеціальними властивостями [6]. Покриття багатофункціональні [7], забезпечують поверхням корозійну стійкість, зносостійкість та інші специфічні експлуатаційні властивості. Слід зауважити, що у вітчизняному машинобудівному і ремонтному виробництві застосування деталей із зміцнюючими покриттями досить обмежене, хоча і економічно виправдане, тому завдання нанесення зносостійких покриттів на робочі поверхні деталей

автомобілів при використанні економічно доцільних технологій їх нанесення дає можливість не тільки виготовляти і відновлювати навантажені деталі але і суттєво їх зміцнювати [8].

Певним проривом в напрямку підвищення працездатності і зміцнення поверхневих шарів зношуваних поверхонь є комбіновані технології, які дозволяють послідовно підвищувати зносостійкість та інші експлуатаційні властивості класичних покриттів [6-8].

Аналіз попередніх досліджень

Багаточисельні дослідження показують, що одним із ефективних шляхів захисту поверхонь деталей від інтенсивного зношування є, не тільки, вибір спеціальних матеріалів, але і способів формування з них зносостійких шарів [9]. При цьому доцільно використовувати відносно дешеві і легко застосовувані способи нанесення покриттів, серед яких і газотермічні методи (ГТН) [10]. Найбільш привабливим серед методів газотермічного напилювання вважається електродуговий (ЕДН), який завдяки певним перевагам знаходить широке застосування і поступово витісняє газополуменевий спосіб [10-12]. Проте відомі і недоліки ЕДН: невисока твердість та зчеплюваність нанесених шарів з основою, структурна нестабільність і висока пористість, що призводять до зниженої зносостійкості і не дозволяють повноцінно застосовувати такі покриття при відновленні і зміцненні поверхонь деталей автомобілів.

Перспективною, в цьому сенсі, можливо вважати додаткову обробку напилених покриттів різноманітними методами механо-термічної стабілізуючої обробки (МТО) [13, 14]. Серед методів МТО може ефективно використовуватися електроконтактне зміцнення [14]. Електроконтактна обробка (ЕКО) здійснюється під тиском при прямому пропусканні електричного струму і характеризується високими економічними та енергетичними параметрами [13, 14].

Постановка проблеми

Відносно невисокі якості електродугових напилених покриттів не дозволяють, в певних випадках, застосовувати їх при відновленні та зміцненні високонвантажених зношуваних поверхонь деталей агрегатів автомобілів і безумовно потребують підвищення їх фізико-механічних характеристик, в першу чергу, зносостійкості і антифрикційних властивостей. Вирішення проблеми ефективного підвищення експлуатаційних властивостей ЕДН покриттів можливе наприклад, застосуванням комбінованого способу із використанням дротів, зі сталей мартенситного і феритного класів з наступною електроконтактною обробкою вуглецевовмістними антифрикційними наповнювачами.

Мета і завдання

Розробка комбінованого методу підвищення основних експлуатаційних властивостей зношених циліндричних поверхонь валів застосуванням прогресивної технології їх відновлення, що включає нанесення покриття за допомогою способу електродугового напилення (ЕДН) дротами зі сталей мартенситного та феритного класів і наступною електроконтактною обробкою (ЕКО) з використанням вуглецевовмістних наповнювачів (ВМН). Визначення

основних фізико-механічних і зносних властивостей комбінованих покриттів і доцільності їх застосування при відновленні сполучених зовнішніх поверхонь деталей в умовах ремонту агрегатів автомобілів.

Результати вирішення основних завдань проблеми

В якості об'єктів досліджень вибрані електродугові покриття із дротяних сталей 40X13 (мартенситного класу) і СВ-08 (феритного класу) діаметром 2,0 мм. Такий вибір для створення покриттів і підвищеною зносостійкістю обумовлений їх здатністю до структурно-фазових перетворень при термодинамічному впливі [9], а в якості вуглецевмісного наповнювача запропонований колоїдний графіт з невеликим вмістом алмазо-вуглецевої суміші типу УДАВ (ТУРБ 100056180.003-2003), що дозволяє посилити ефект підвищення триботехнічних властивостей комбінованих покриттів.

Покриття наносилися із використанням відомого обладнання для високошвидкісного розпилення дротів [15]. Електроконтактна обробка напилених покриттів здійснювалася на спеціальній установці типу УЕКС на базі машини точкового зварювання МТП-100,5.

Для визначення фізико-механічних і зносних характеристик комбінованих покриттів застосовувалося стандартне дослідницьке обладнання, що дозволяє отримувати достовірні результати щодо властивостей одержаних комбінованих покриттів.

Визначені раціональні режими нанесення комбінованих покриттів. Для ЕДН дротяних сталей під наступну ЕКО: напруга на дузі – 32В; дистанція напилення – 50...200 мкм; струм дуги – 100...400А; витрати стиснутого повітря – 80 м³/год; тиск – 0,65 МПа; витрата пропан-бутану – 0,011 кг/год; тиск – 0,4 МПа.

Для ЕКО сталі СВ-08: Струм - 30 кА; Тиск 12...15 МПа; Тривалість імпульсів струму і пауз – 0,02 с; Сталі 40X13: Струм – 6,0...6,5 кА; Тиск – 30 МПа; Тривалість імпульсів струму і пауз – 0,02...0,04 с.

Визначено, також, що в ході прискореного охолодження при ЕКО утворений аустеніт зазнає мартенситного перетворення, при цьому спостерігається відсутність звичайної для способів ЕДН крихка перехідна зона, що значно зменшує пористість і підвищує адгезійну міцність покриттів і основи.

Тобто, саме, леговані дротяні матеріали дозволяють отримувати покращені властивості ЕДН покриттів, за рахунок зміцнюючої дії легуючих елементів, що в процесі ЕКО призводить до значного підвищення твердості нанесення поверхневого шару.

При використанні електродугових покриттів з легованих сталей і застосовуваними вуглецевмісними наповнювачами після ЕКО їх мікротвердість значно збільшується в результаті структурно-фазових перетворень, що призводять до утворення мартенситу.

Показано, що запропонована електроконтактна обробка покриттів із застосуванням вуглецевмісних наповнювачів забезпечує підвищення зносостійкості комбінованих покриттів, за рахунок зміцнення поверхонь та їх антифрикційних властивостей.

Висновки

- Обґрунтована доцільність застосування і запропонована комбінована технологія відновлення і зміцнення сполучених поверхонь валів агрегатів автомобілів;

- Показано, що найбільш застосовуваний в останній час метод електродугового напилення має певні недоліки при відновленні поверхонь деталей, які можливо усунути за рахунок додаткової зміцнюючої обробки;

- Визначено, що одним із найбільш ефективних шляхів підвищення довговічності і надійності роботи трибоспрямижень в умовах експлуатації автомобілів є комбінована технологія ЕДН покриття з наступною ЕКО вуглецевмісними наповнювачами;

- Для електродугового напилення покриттів запропоновано застосування дротяних сталей мартенситного класу, що здатні до повільного зміцнюючого аустенітно-мартенситного перетворення, яке зменшує крихкість перехідної зони між покриттям і основою та призводить до: підвищення адгезійної міцності і зменшення пористості поверхневих шарів; підвищення мікротвердості і зносостійкості отриманих ЕДН покриттів зі сталі 40Х13 із наступною ЕКО вуглецевмісним наповнювачем;

- Установлено, що електроконтактна обробка із застосуванням вуглецевмісного наповнювача сталевих ЕДН покриттів підвищує їх зносостійкість у 2-4 рази, за рахунок перетворення аустеніту в мартенсит, що спричиняє появу в них напружень стиску, і таким чином перешкоджає руйнуванню поверхонь в умовах тертя.

Література

1. Надёжность и эффективность в технике: Справочник в 10-томах. – т.10: Справочные данные по условиям эксплуатации и характеристикам надежности /Под ред. В.А. Кузнецова. – М.: Машиностроение, 1990. – 336 с.

2. Сосновский Л.А. Анализ механических состояний силовых систем. Сообщ.1 Состояние повреждаемости /Л.А. Сосновский //Пробл. прочности. – 2003. - №5. – С. 36-49.

3. Дмитриченко М.Ф. Триботехніка і основи надії ноті машин /М.Ф. Дмитриченко, В.Г. Мнацаканов, О.О. Мікосянчик. – К.: Інформавтодор, 2006. – 216 с.

4. Elleuch K. Experimental and modelling aspects of abrasive Wear of A357 aluminium alloy under gross slip fretting conditions /K/Elleuch, S.Fonvre //Wear/ - 2005/ - 258, №1-4, - P. 40-49.

5. Полянский А.С. Анализ и классификация показателей ремонтпригодности средств транспорта /А.С. Полянский, Е.А. Дубинин, В.Н. Плетнев /Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка, Зб. наук. праць, Вип. 60. – Харків, 2007. – С. 165-169.

6. Ющенко К.А. Інженерія поверхні /К.А. Ющенко, Ю.С. Борисов, В.Д. Кузнецов та ін.. – К.: Наукова думка, 2007. – 558 с.

7. Соловых Е.К. Тенденции развития технологий поверхностного упрочнения в машиностроении /Е.К. Соловых. – Кіровоград: КОД, 2012 – 92 с.

8. Ремонт машин та обладнання /За ред. О.І.Сідашенка та О.А.Науменка. – Харків: КП „Міська друкарня”, 2014. – 561 с.

9. Покрытия и их использование в технике. В кн. Прочность материалов и конструкций /под ред. В.Т.Трощенко – 2-е изд. –К.: Академперіодика, 2006. – С. 981-1074.

10. Пащенко В.М. Технологія газотермічного та вакуум-конденсаційного нанесення покриттів /В.М.Пащенко, В.Д.Кузнецов. – К.: НТУУ КП, 2010. – 270 с.

11. Корж В.Н. Комбинированные методы инженерии поверхности /В.Н.Корж, Т.В.Ворона, А.В.Лопата /Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем //Матер. 4-ї міжнар.наук-практ.конф., 19-21 травня 2014, Чернігів: ЧНТУ, 2014. С.159-163.

12. Ляшенко Б.А. Підвищення міцності та довговічності деталей машин агропромислового комплексу багатофункціональними покриттями /Б.А.Ляшенко, Е.К.Солових, Л.А.Лопата та ін.. //Доп.сесії Наукової ради з проблем „Механіка деформованого твердого тіла НАН України, 15-16 жовтня 2008, Полтава, 2008. – С.15-31.

13. Лопата Л.А. Повышение качества напыленных покрытий /Л.А.Лопата, Н.А.Медведева, Т.М.Туник и др.. //Мир техники и технологий, Междунар.техн.журн., №8(54), 2005. – С. 54-56.

14. Корж В.Н., Лопата Л.А. Управление качеством поверхности механотермическим методом электроконтактного упрочнения /В.Н.Корж, Л.А.Лопата /Материалы, технологии и оборудование для восстановления деталей машин. – М.: УП Технопринт: Новополюк: ГПУ, 2003. – С.252-254.

15. Белоцерковский М.А. Технологии активированного газопламенного напыления антифрикционных покрытий /М.А.Белоцерковский. – Мн: Технопринт. 2004. – 200 с.

Тези

УДК 629.331

ВДОСКОНАЛЕННЯ КЕРОВАНOSTІ АВТОМОБІЛІВ ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Лисенко С.В., к.т.н., доц., Капустенко Р.В.

Центральноукраїнський національний технічний університет

В даний час автомобіль є одним з найбільш ефективних, доступних і затребуваних наземних транспортних засобів. Тому одним з яскраво виражених світових тенденцій останніх десятиліть є автомобілізація, тобто розширення використання автомобільного транспорту в різних сферах людської діяльності. Автоматизація виробничого процесу, суворе тестування нових моделей і версій автомобіля забезпечує безпеку і зручність для людей. Необхідність збільшення випуску і поліпшення структури автомобілів, більш повно відповідають потребам народного господарства, вимагають економії палива, підвищення ресурсу та зниження металоємності. У зв'язку з цим підвищення економічності, високі надійність, динамічні і ходові якості автомобіля, зниження його маси і зменшення шкідливого впливу на навколишнє середовище є основними завданнями автомобілебудування сьогоднішнього дня. Для досягнення пропонованих вимог у структурі комплексу автоматизованого тестування необхідно розробити автономну систему управління автомобілем для проведення циклічних тестових заїздів.

Дослідні зразки розроблених марок автомобілів нового покоління, так само як і контрольні зразки серійно випускаючих транспортних засобів, безперервно піддаються жорстким випробуванням на тестових полігонах для виявлення шляхів оптимізації їх конструкції. З урахуванням часто мінливих умов робота водіїв вимагає великої кількості керуючих впливів і постійної концентрації уваги, що сприяє швидкій втомі. Навіть у кваліфікованих водіїв з великим стажем роботи після 4-5 годин безперервного водіння через втому знижується увага і в 1,5-2 рази зростає кількість помилок управління.

Сучасні цифрові системи автоматичного керування в стані реалізувати практично як завгодно складні алгоритми незалежно від принципу дії виконавчих пристроїв. Тим самим пріоритети при створенні засобів автоматики змістилися в область інформаційних інновацій. З іншого боку, завдяки розвитку обчислювальної техніки, при пошуку рішень задач даного класу стали широко застосовуватися методи імітаційного математичного моделювання. Займаючи мінімальний час (що важливо з урахуванням скорочення термінів створення нової техніки) і вимагаючи менших витрат, ніж традиційні методи натурних випробувань, моделювання за допомогою комп'ютерів відкриває нові можливості для поглибленого вивчення характеру впливу нового обладнання і алгоритмів управління на процеси і результуючі експлуатаційно-економічні показники. Мета наукового розділу полягає в розробці бортового інформаційно-вимірювальної і керуючої систем керування автомобілем для автоматизації циклічних тестових заїздів. При цьому бажано вирішити низку завдань: розробка алгоритмів траєкторного керування транспортним засобом,

що реалізують маневри, передбачені планом випробування автомобіля з урахуванням можливості огинання перешкод, не відображених на карті випробувального полігону; сформулювати пропозиції по реалізації вузлів і блоків бортової інформаційно-виміральної та керуючої системи.

Для вирішення поставлених завдань використовувалися: теорія і методи математичного моделювання, закони теоретичної механіки, теорія автоматичного управління, цифрова обробка сигналів, теорія нелінійних алгоритмів керування, що базуються на нечіткій логіці.

Науковий інтерес буде формуватися на розкритті перспективних подальших можливостей: запропонування та реалізація модифікації алгоритму CL-RRT планування локальної траєкторії автомобіля-робота, що враховує в реальному часі неголономність автомобіля і оцінку нев'язки реальної і заданої траєкторії на основі фільтра Калмана. Можливо в подальшому обґрунтувати в ході проектування і польових випробувань структура інформаційно-виміральної і керуючої системи автомобіля. Практичний інтерес досліджень складеться в наступному: в результаті наступних проведених досліджень можлива буде сконструювати та виготовити експериментальний зразок інформаційно-виміральної і керуючої системи, яка включає в себе керований електромеханічний привід зчеплення, акселератора, гальма і керма, а також програмне забезпечення, що дозволяє здійснювати старт, гальмування і управління автомобілем при русі по траєкторії з заданою швидкістю.

Сучасний стан проблеми автономного керування транспортними засобами та автоматизації тестових заїздів в ході випробувань виробів автомобільної промисловості знаходиться на доволі низькому рівні. Проведено аналіз характеристик існуючих автомобілів-роботів та автономних транспортних засобів. Описано основні перспективи розвитку автономних транспортних засобів. Показано, що, незважаючи на прагнення в першу чергу створити автономний автомобіль для руху на міських і замських умовах, автомобільні концерни розглядають і питання автоматизації випробувань готової продукції. При цьому інформації про технічні та програмні рішення, що використовуються в даній області на порядок менше, ніж інформації про автономне пересування деяких колісних машин, що працюють в обмеженій області. Зазначено, що додатковою особливістю, що відрізняє завдання автоматизації випробувань продукції дивізіону комерційних автомобілів, є використання в них виключно механічної коробки перемикачів передач, як найбільш економічною і ремонтпридатною у вітчизняних умовах. Проаналізовані переваги і недоліки різних типів електроприводів, використовуваних в якості актуаторів в мехатронних системах. Наразі бажане застосування двигунів постійного струму перед іншими типами електричних двигунів в системі автоматичного керування автомобілем з механічною коробкою перемикачів передач. Проведений вибір електроприводів постійного струму для реалізації керованого електро-механічного приводу зчеплення, акселератора, гальма і керма автомобіля. У цьому розділі аналізуються також особливості застосування ймовірного підходу до оцінки положення автономного транспортного засобу в просторі. Показано, що для підвищення

надійності одержуваних оцінок положення необхідне використання розвиненої інформаційно-вимірювальної системи з численними вимірювальними каналами, часто дублюються. Тому застосування Автономної інформаційно-вимірювальної та керуючої системи дозволить не тільки виключити людину з деяких процесів випробування готової продукції на автополігоні, але і проводити нові види випробувань.

Зазначимо, що сценарій початку руху по складності і чіткості дій є одним з найскладніших процесів. Система приводу зчеплення представляє собою об'єкт управління високої складності зі складною математичною моделлю і широким діапазоном зміни параметрів.

Відомі підходи до реалізації сценарію старту автомобіля, засновані на диференціальних рівняннях, що моделюють трансмісію, або неприйнятними з точки зору необхідної продуктивності бортового комп'ютера при переході до їх інтегрування обчислювальними методами, або не враховує специфіку завдання тестових випробувань, що передбачає мінімізувати час старту руху за умови забезпечення досить плавного включення зчеплення. Тобто відомі методи не дозволяють підвищити ефективність тестування зчеплення на відмову шляхом скорочення часу виконання стандартної кількості циклів старту і зупинки транспортного засобу.

Зважаючи на перераховані вимоги і особливості запропоновано реалізацію системи з використанням управління на базі нечіткої логіки. Такий підхід дозволяє не тільки виключити ідентифікацію більшості параметрів трансмісії автомобіля, але і в перспективі забезпечити відтворення досвіду професійного водія. В якості вимірювальних даних розроблена система використовує інформацію про кутовий швидкості обертання ведучого вала двигуна внутрішнього згорання (штатний датчик обертів), кут нахилу поверхні старту (інтегральний акселерометр), масі автомобіля (датчик сили на задній підвісці автомобіля), а також дані про положення важелів актуаторів електромеханічних приводів педалей зчеплення і гальма (оптичні інкрементальні енкодери). Особливістю запропонованої системи управління для реалізації старту автомобіля є виділення двох нечітких регуляторів і підсистеми управління педаллю гальма (рис. 1).

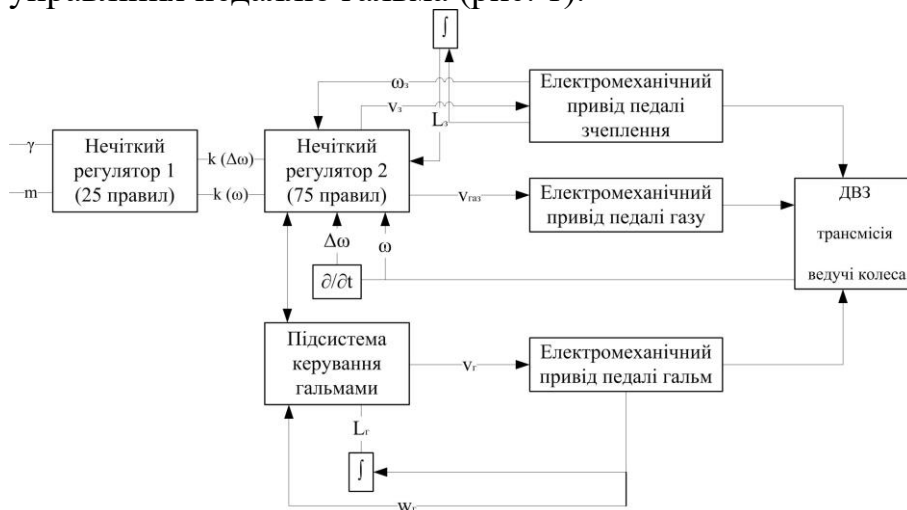


Рисунок 1 – Функціональна схема нечіткого регулювання

Нечіткий регулятор першого рівня забезпечує формування значень коефіцієнта кутової швидкості обертання валу ДВЗ $k(\omega)$ і коефіцієнта приросту кутової швидкості обертання валу ДВС $k(\Delta\omega)$ на основі вимірних значень кута нахилу поверхні старту γ і маси автомобіля m . Нечіткий регулятор другого рівня забезпечує обчислення необхідних швидкостей обертання валів електромеханічних приводів педалей газу $v_{газ}$ і зчеплення v_z на основі значень, отриманих від нечіткого регулятора першого рівня та вимірюваних даних кутової швидкості обертання валу електромеханічного приводу педалі зчеплення ω_z , лінійного переміщення важелів актуатора L_z , а також кутової швидкості обертання ω і зміни кутової швидкості обертання $\Delta\omega$ ведучого валу ДВЗ. Функціонування підсистеми управління педаллю гальма здійснюється з використанням даних кутової швидкості обертання валку електромеханічного приводу ω_t , а також лінійного переміщення важеля актуатора L_m . Підсистема керування гальмом (не базується на нечіткій логіці) визначає швидкість переміщення важеля актуатора електромеханічного приводу педалі згідно з блок-схемою, наведеною на рис. 2, де ω_{gr} – граничне значення кутової швидкості обертання валу ДВЗ, при якому крутний момент, що передається валом ДВЗ ведучому валу зчеплення достатній для утримання автомобіля при поточному куті нахилу поверхні старту, v_m – лінійна швидкість переміщення важеля актуатора електромеханічного приводу педалі гальма, v_{max} – максимальна лінійна швидкість переміщення важеля актуатора електромеханічного приводу, L_g і L_n – верхня і нижня межа лінійного переміщення важелів актуатора.

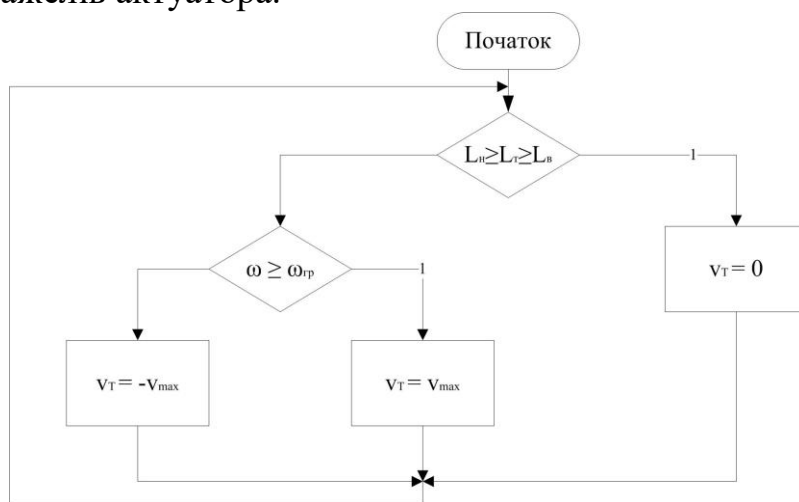


Рисунок 2 – Фрагмент алгоритму роботи підсистеми керування гальмами

Введення двох нечітких регуляторів дозволило знизити складність системи за рахунок поділу функцій управління, результатом чого стало зменшення часу обчислення і можливість роботи системи в режимі реального часу. Зважаючи на особливості побудови систем на базі нечіткої логіки, збільшення числа вхідних і вихідних змінних призводить до різкого зростання кількості правил формування нечітких продукцій, що також позначається і на підвищенні складності самих правил і може привести до зниження стійкості системи.

Опис лінгвістичних змінних обох нечітких контролерів базується на L – функціях приналежності (рис. 3). При реалізації системи використовувався алгоритм нечіткого виведення Мамдані. Для першої нечіткої системи сформовано 25 правил нечітких продукцій виду:

Якщо " $\gamma \in \Gamma$ і $m \in M$ ", то " $k_{\omega} \in K1$ і $k_{\Delta\omega} \in K2$ ", де γ, m – нечіткі вхідні змінні, $k_{\omega}, k_{\Delta\omega}$ – вихідні змінні, $\Gamma, M, K1, K2$ – деякі задані функції приналежності.

Для другої нечіткої системи сформовано 75 правил нечітких продукцій виду:

Якщо " $\omega \in A1$ і $\Delta\omega \in B1$ і $L_c \in C1$ ", то " $v_c \in E1$ і $v_z \in F1$ ", де $\omega, \Delta\omega, L_c$ – нечіткі вхідні змінні, v_c, v_z – вихідні змінні, $A1, B1, C1, E1, F1$ – деякі задані функції приналежності. Процес дефаззифікації реалізований з використанням методу знаходження центру мас.

Нечіткий регулятор першого рівня на основі вимірних даних m і γ обчислює значення коефіцієнтів k_{ω} і $k_{\Delta\omega}$, які зміщують і масштабують області визначення функцій належності другого нечіткого регулятора. Один приклад такої модифікації функцій приналежності при $k_{\omega} = 1,3$ наведено на рис.3.

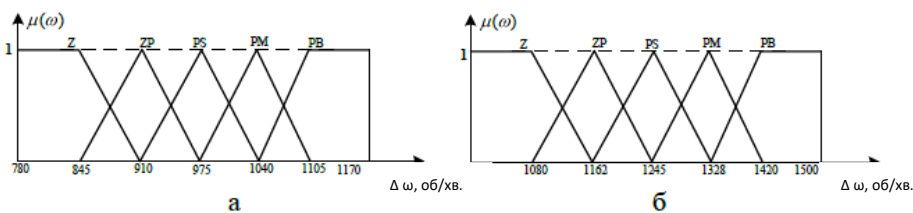


Рисунок 3 – Приклад зміщення і масштабування області визначення функції:
а) вихідні, б) перетворення функції приналежності

Моделювання алгоритму виконувалось на прикладному програмному продукту. На рис. 2.4 представлено залежності кутової швидкості обертання валу ДВЗ від часу при старті автомобіля в поворот (самі жорсткі умови) на похилій (10°) поверхні під керування водія-керування (а) та самокерування (б). Якісно можливо відмітити забезпечення комфортного старту автомобіля в обох випадках, що свідчить про достатній степені відтворення досвіду водія. При цьому система самокерування виконує старт швидше, що викликає більший розмах сигналів, допустимий при такого роду тестах.

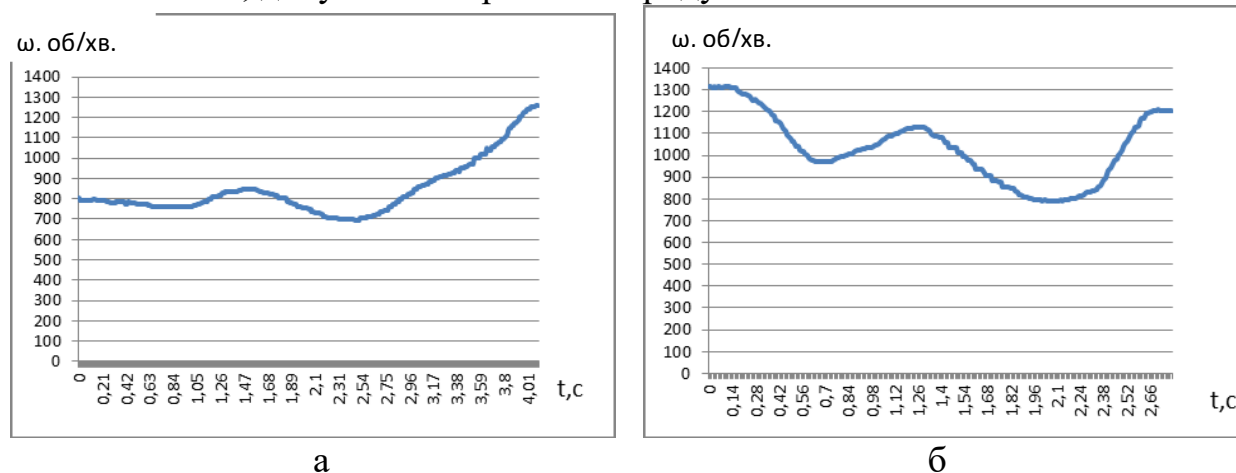


Рисунок 4 – Залежності кутів швидкості обертання валу ДВЗ від часу при керуванні автомобілем: а – водій, б – змодельована система

УДК 629.331

ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЩОДЕННОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ РУХОМОГО СКЛАДУ

Аулін В.В., д.т.н., проф., Агапоненко М.О.

Центральноукраїнський національний технічний університет

Сучасне автотранспортне підприємство (АТП) має відповідати реальним умовам зовнішнього середовища (економічним і технологічним) для нормального функціонування і зростання на ринку транспортних послуг. В даний час існуючі принципи контролю і управління технічним станом автомобілів в експлуатації перестали задовольняти сучасної макроекономічної ситуації. В результаті системи технічної експлуатації автомобілів (ТЕА) більшості автотранспортних підприємств не відповідають сучасним вимогам, що призвело до зниження експлуатаційної надійності автомобілів і ефективності експлуатації, збільшення частки витрат автомобільних перевезень в собівартості продукції. Назріла необхідність адаптації принципів контролю та управління технічним станом автомобілів до існуючої макроекономічної ситуації. Особливість проблеми полягає ще й у тому, що важливий не тільки сам факт досягнення заданого нормативно-технічною документацією рівня надійності автомобілів, їх агрегатів і систем, але і правильний вибір методів, що забезпечують заданий і більш тривалий термін експлуатації автомобілів.

В даний час в рамках інвестиційних програм розвитку АТП здійснюються програми по модернізації виробництва, здійснюється впровадження сучасної техніки. Підтримка автомобілів в технічно справному стані в значній мірі залежить від рівня розвитку й умов функціонування виробничо-технічної бази АТП.

В сучасних умовах розвиток ВТБ відстає від темпів розвитку парку автомобілів. У багатьох підприємствах збільшується частка парку сучасної техніки з високими ресурсними пробігами. Проте на підприємствах відсутні суворі нормативи трудомісткості та тривалості технічних впливів в силу відсутності даної інформації щодо сучасної імпортової техніки та малого терміну її експлуатації. Тому виникають складності з визначення виробничої програми з ТО і ремонту автомобілів. Відповідно, виникають труднощі при прийнятті планувальних рішень зон обслуговування (визначення кількості постів щоденного обслуговування (ЩО), технічного обслуговування (ТО) і поточного ремонту (ПР)).

Перераховані причини дозволяють зробити висновок про необхідність удосконалення і розвитку ВТБ. Особливу роль у розвитку ВТБ відіграє технологічне проектування, одним з основних етапів якого є розрахунок виробничої програми по ТО і ПР рухомого складу.

В умовах витіснення вітчизняних марок автомобілів новими зарубіжними моделями, відзначаються складнощі у застосуванні даної методики визначення виробничої програми з ТО і ПР для сучасної техніки. Це пояснюється наступними причинами:

- автомобілі імпортного виробництва мають ресурсний пробіг при правильній експлуатації 1,8...2,0 млн. кілометрів. Тому пробіг до списання на автомобілі не встановлюється, а встановлений термін експлуатації 8...9 років незалежно від пробігу. Це пов'язано з моральним старінням техніки раніше вироблення ресурсу;

- нормативна періодичність робіт ТО визначається згідно регламентом фірми-виробника автомобілів, а нормативи трудомісткості і норми простою автомобілів в ТО і ПР не регламентовані вітчизняними нормативними документами;

- для вітчизняних автомобілів передбачається нормування тривалості простою автомобілів в ТО і ПР у вигляді загальної питомої норми простою на 1000 км пробігу, що не відповідає системі проведення ТО і ПР імпортної техніки.

- на практиці в АТП з-за відмінностей в технічному стані і пробігів рухомого складу не всі автомобілі, які досягли нормативного пробігу до КР, виводяться з експлуатації, що робить вплив на точне визначення коефіцієнта технічної готовності;

- конструкція автомобіля в цілому й окремих його механізмів і систем за останні роки якісно змінилася, що, природно, викликає необхідність якісного і кількісної зміни регламентованих робіт з ТО і ПР. Зокрема, фірмою «Scania» розроблений стандартний регламент, який є основою для планування кожного конкретного автомобіля та корегування його відповідно до умов експлуатації.

Визначено п'ять типів умов експлуатації:

«0» – транспортування вантажів в легких умовах на великі відстані;

«1» – транспортування вантажів на великі відстані. Експлуатація автомобілів на дорогах з удосконаленим покриттям на місцевості зі змішаним та горбистим рельєфом;

«2» – транспортування вантажів у важких умовах на великі відстані;

«3» – експлуатація автомобілів поза доріг;

«4» – транспортування пакетованих вантажів на короткі відстані.

Види ТО автомобілів «Scania» представлена в табл. 1.

Таблиця 1 – Види технічного обслуговування автомобілів «Scania»

Позначення виду ТО	Характеристика
ТО-R	Обслуговування в період обкатки автомобіля. Виконується не пізніше 4 тижнів після початку експлуатації або при досягненні пробігу 20000 км. Виконується офіційним дилером.
ТО-S	Мале обслуговування автомобіля. Найменша за обсягом виконуваних робіт періодичне обслуговування.
ТО-M	Середнє обслуговування.
ТО-L	Велике обслуговування. Включає в себе найбільш повний перелік робіт.
ТО-X	Додаткове обслуговування автомобіля. Включає, в основному, додаткове мащення вузлів шасі, перевірки на наявність протікання, шумів і пошкоджень та регулювання гальмівних механізмів. Додаткове обслуговування не проводиться, тільки якщо автомобілі експлуатуються в сприятливих умовах, відповідних типів «0», «1» або «4»: дороги не обробляються сольовими розчинами і запиленість повітря не висока.

Послідовність всіх видів технічного обслуговування має вигляд: повний цикл – X – S – X – M – X – S – X – L.

Перераховані причини і особливості експлуатації імпортного рухомого складу, а також темпи зростання парку імпортної техніки дозволяють зробити висновок про необхідність реорганізації процесів ТО і ПР автомобілів. Тому в даній роботі поставлена мета дослідження та визначення завдання по вдосконаленню існуючої в даний час методики розрахунку виробничої програми з ТО і ПР рухомого складу, адаптація її до сучасним умовами функціонування АТП.

Рішення задачі адаптації методики розрахунку виробничої програми по ТО і ПР до реальних умов, що склалися на підприємствах, експлуатуючих рухомий склад іноземного виробництва, здійснюється:

- шляхом зміни використаної нормативної бази (величина розрахункового циклу);

- визначення закономірного впливу змін на значення показників роботи ВТБ (коефіцієнт технічної готовності автомобілів, річні обсяги робіт по кількості і трудомісткості впливів ТО і ПР). При цьому необхідно оцінювати величину впливу простою в ПР рухомого складу на показники загального обсягу робіт з ТО і ПР, для виконання економічного критерію забезпечення оптимального обсягу виробничих потужностей (забезпечення мінімуму витрат або максимуму питомої прибутку $P_{уд}$):

$$\sum_{i=1}^n C_i \rightarrow \min \quad (1)$$

В якості об'єкта дослідження при розробці методики визначення виробничої програми з ТО і ПР для підприємств, що експлуатують рухомий склад іноземного виробництва, була визначена цільова функція:

$$C, L_{opt}(t_{mp}) \rightarrow opt, \quad (2)$$

де C - витрати на ТО і ПР рухомого складу, грн; L_{opt} - ефективний пробіг автомобіля, км; t_{mp} - питома трудомісткість поточного ремонту, люд-год/1000км.

При використанні в якості розрахункового циклу значення пробігу за повний цикл ТО алгоритм визначення основних елементів виробничої програми по ТО і ПР автомобілів буде наступним. Сумарні простой ТО за цикл одного автомобіля визначаються за формулою:

$$N_{ТОj}^{\Sigma} = \sum_i (N_{ТОj} \cdot m_{ТОj}), \quad (3)$$

де $N_{ТОj}$ - норма простою в ТО; i – порядковий номер виду ТО; j – порядковий номер моделі рухомого складу; $m_{ТОj}$ - кількість обслуговуючих відповідного виду за цикл.

Всі дані, що відносяться до циклу, визначаються для кожної марки окремо і не підсумовуються по всьому парку, так як тривалість циклу у кожній марки різна. Сумарна кількість кожного виду ($M_{ТОji}$) для всіх автомобілів парку однієї марки за цикл визначається за формулою:

$$M_{ТОji} = A_{cnj} \cdot m_{ТОj}, \quad (4)$$

Кількість днів простою в ПР за цикл залежно від норми простою визначається за формулою:

$$D_{TP} = \frac{N_{TP} \cdot L_{ц}}{1000} \quad (5)$$

де N_{TP} - норма простою автомобілів в поточному ремонті, днів/1000км.

Тривалість циклу в днях дорівнює сумі днів роботи автомобілів на лінії, днів простою в ТЕ і ремонті протягом циклу:

$$D_{цj} = D_{рцj} + D_{ТОj} + D_{TP} \quad (6)$$

де $D_{рцj}$ - кількість днів роботи автомобіля на лінії за цикл; $D_{ТОj}$ - число днів простою автомобіля в ТО за цикл.

Для подальшого розрахунку необхідно перейти від циклу до року, тобто визначити кількість циклів за рік для кожної марки автомобілів. Коефіцієнт переходу від циклу до року визначається за формулою:

$$\eta_{цj} = \frac{D_{роб.р}^{nc}}{D_{цj}} \quad (7)$$

де $D_{роб.р}^{nc}$ - дні роботи в році рухомого складу.

Розрахунковий коефіцієнт технічної готовності для кожної марки автомобілів визначається за формулою:

$$\alpha_{Tj} = \frac{D_{рцj}}{D_{цj}} \quad (8)$$

де $D_{роб.р}^{nc}$, $D_{цj}$ - тривалість циклу і дні роботи автомобілів на лінії відповідно.

Середній по всьому парку автомобілів коефіцієнт технічної готовності визначається за формулою:

$$\alpha_T = \frac{\sum_j (\alpha_{Tj} \cdot A_{сnj})}{\sum_j A_{сnj}} \quad (9)$$

Сумарний готовий об'єм роботи по ПР парку рухомого складу:

$$t_{TP}^r = \sum_j t_{TPj}^r \quad (10)$$

де t_{TPj}^r - річний об'єм роботи по ПР по кожній марці автомобілів, люд-год

$$t_{TPj}^r = \frac{L_{cj} \cdot A_{сnj} \cdot t_{TP}}{1000} \quad (11)$$

де L_{cj} - річний пробіг автомобіля, км; t_{TP} - питома нормативна трудомісткість робіт, люд-год/1000км.

Величина питомої нормативної трудомісткості робіт ПР приймається для пробігу автомобіля в межах базового циклу експлуатації $L_{цб}$. Коригування питомої нормативної трудомісткості робіт ПР, проводиться цикловим коефіцієнтом коригування в залежності від пробігу з початку експлуатації $K_{ПР}$.

Цикловий коефіцієнт коригування питомої нормативної трудомісткості робіт ПР залежно від пробігу з початку експлуатації визначається за формулою:

$$K_{ПРn} = \frac{\int_{L_i(\delta)}^{L_i(n)} t_{mp} dl}{\int_{L_i(\delta-1)}^{L_i(n-1)} t_{mp} dl}, \quad (12)$$

Пропонований алгоритм дозволяє визначити всі необхідні компоненти виробничої програми по ТО і ПР. Порівняння існуючої методики розрахунку виробничої програми по ТО і ПР і адаптованої до умов підприємств, що експлуатують рухомий склад іноземного виробництва, представлено в табл. 2.

Таблиця 2 – Порівняння методики розрахунку виробничої програми по ТО ПР рухомого складу

Існуюча методика розрахунку виробничої програми по ТО і ПР рухомого складу	Пропонована методика розрахунку виробничої програми по ТО і ПР рухомого складу
Вибір значення циклу (пробіг до КР або до списання) $L_{ц} = L_{кр}$	Вибір значення циклу (пробіг за повний комплекс робіт ТО) $L_{ц} = L_{ТО}$
1. Вибір періодичності ТО-1, ТО-2	1. Приймається згідно з регламентом підприємства
2. Коригування періодичності ТО-1, ТО-2, L	2. Коригування проводиться регламентованим зміною величини L
3. Визначення числа списань і числа ЕО, ТО-1, ТО-2	3. Визначення тривалості циклу, дн. (год). 3.1. Визначення часу простою в ТО однієї моделі автомобіля за цикл, год (дн). 3.2. Визначення часу простою ПР автомобілів однієї моделі за цикл, год (дн). 3.3. Визначення часу роботи на лінії автомобілів однієї моделі за цикл, год (дн).
4. Визначення коефіцієнта технічної готовності, α_T : 4.1 $D_{р.ц.} = D_k + D_{ТО.ПР} \cdot L_{кр} \cdot K_4 / 1000$ 4.2 $D_{е.ц.} = \frac{L_p}{l_{cc}}$ 4.3 $\alpha_T = D_{е.ц.} / (D_{р.ц.} + D_{е.ц.})$	4. Визначення: 4.1 Коефіцієнт технічної готовності: $\alpha_T = D_{е.ц.} / (D_{р.ц.} + D_{е.ц.})$ 4.2 Коефіцієнт переходу від циклу до год: $\eta = \frac{D_{роб.г}}{D_{ц}}$
5. Визначення річного пробігу автомобіля: $L_z = D_{роб.г} \cdot l_{cc} \cdot \alpha_T$	5. Визначення готовності пробігу автомобіля: $L_z = D_{роб.г} \cdot l_{cc} \cdot \alpha_T$
6. Визначення річної кількості ЩО, ТО-1, ТО-2	6. Визначення річного об'єму робіт: ТО, ПР, час/рік.
7. Вибір і корегування нормативних трудомісткостей $t_{ЩО}, t_{ТО1}, t_{ТО2}, t_{ПР}$	7. Визначення кількості постів ЩО, ТО, ПР.

Дослідження, що спрямовані на перевірку гіпотези про можливість визначення виробничої програми з ТО і ПР для підприємств, що експлуатують рухомий склад іноземного виробництва, якщо прийняти за розрахунковий цикл пробіг автомобілів при виконанні повного комплексу регламентного ТО. При цьому необхідно враховувалися в кожному конкретному випадку простої автомобілів в ПР і вплив величини простоїв у ПР на загальні показники виробничої програми по ТО і ПР.

Значення трудомісткості ПР досліджуваного рухомого складу визначалися при пробігу:

- 0...200 тис. км для сідельних тягачів і самоскидів;
- 500...800 тис. км для сідельних тягачів (рис. 1);
- 400 ... 800 тис. км для самоскидів (рис. 2).

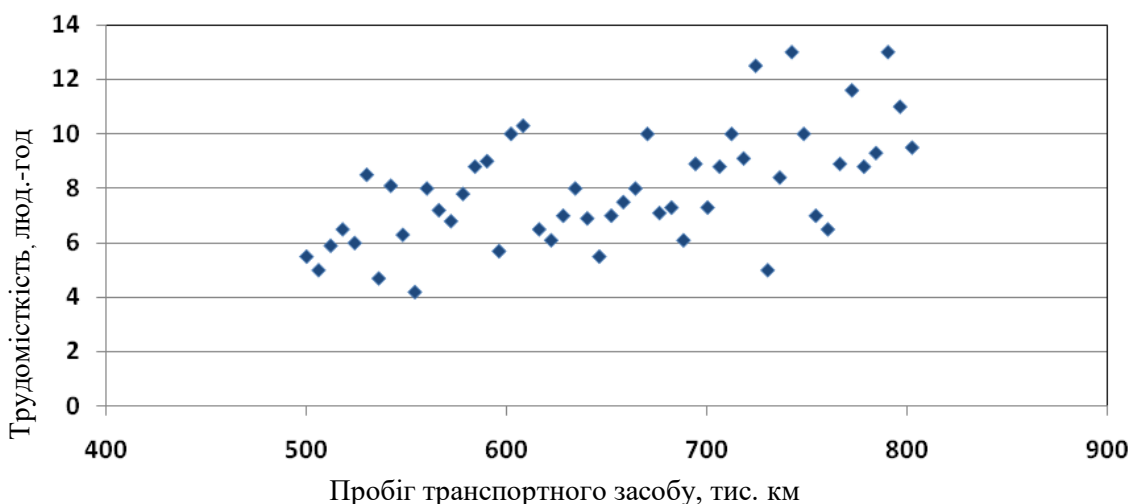


Рисунок 1 – Значення трудомісткості ПР при пробігу сідельних тягачів SCANIA GA

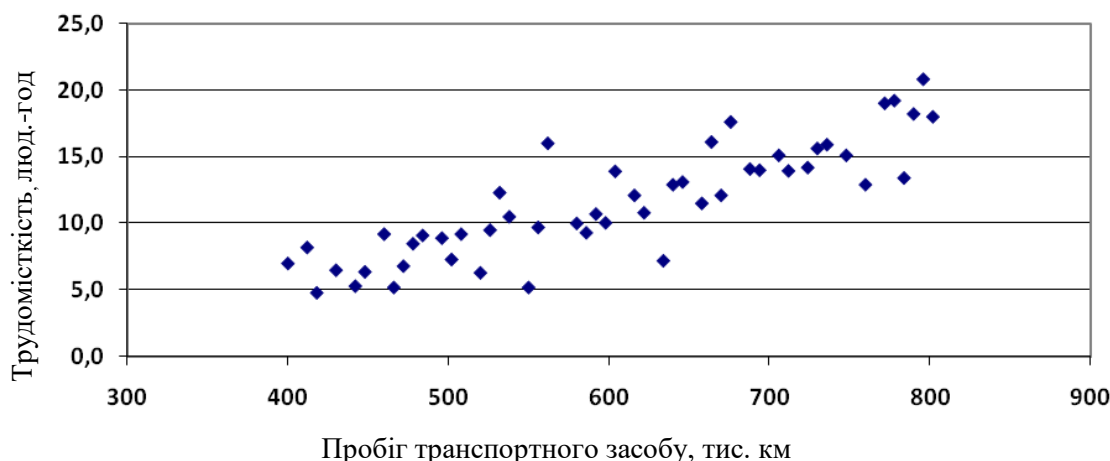


Рисунок 2 – Значення трудомісткості ПР при пробігу самоскидів SCANIA CB

На наступному етапі обробки бази даних застосовувався кореляційно-регресивний аналіз.

Параметри рівняння обчислюють рішення системи нормальних рівнянь:

$$\begin{cases} na_0 + a_1 \sum x + a_2 \sum x^2 = \sum y \\ a_0 \sum x + a_1 \sum x^2 + a_2 \sum x^3 = \sum xy \\ a_0 \sum x^2 + a_1 \sum x^3 + a_2 \sum x^4 = \sum xy^2 \end{cases} \quad (13)$$

Оцінка значущості кореляційних зв'язків здійснювалась за критерієм Стьюдента t . Обробка експериментальних даних проводилася на персональному комп'ютері, оснащеним процесором Intel Pentium M/Celeron M з допомогою пакета EXCEL для Windows XP. За результатами обробки експериментальних даних визначено кореляційні рівняння залежності трудомісткості ПР від величини пробігу з початку експлуатації автомобілів.

При пробігу (0,...200 тис. км):

- для сідельних тягачів: $y = 0,24 + 0,01289x - 0,0000048x^2$;

- для самоскидів: $y = 0,69 + 0,0173x - 0,0000062x^2$;

При пробігу (400...800 тис.км):

- для сідельних тягачів: $y = 10,051 - 0,021x + 0,000025x^2$;

- для самоскидів: $y = 8,212 - 0,019x + 0,00004x^2$;

Значення кореляційних зв'язків складає:

- для сідельних тягачів $\eta = 0,9728$

- для самоскидів $\eta = 0,9748$

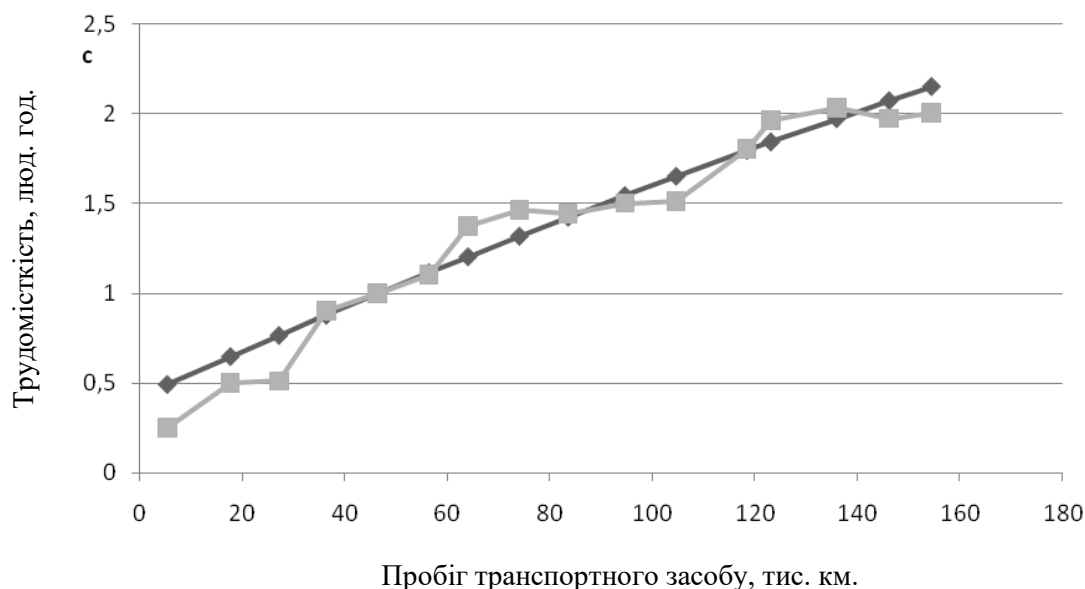


Рисунок 3 – Графік залежності трудомісткості ПР від пробігу з початку експлуатації (0,...,200 тис.км) для сідельних тягачів Scania: \blacklozenge - теоретична лінія регресії; \blacksquare - фактичні дані

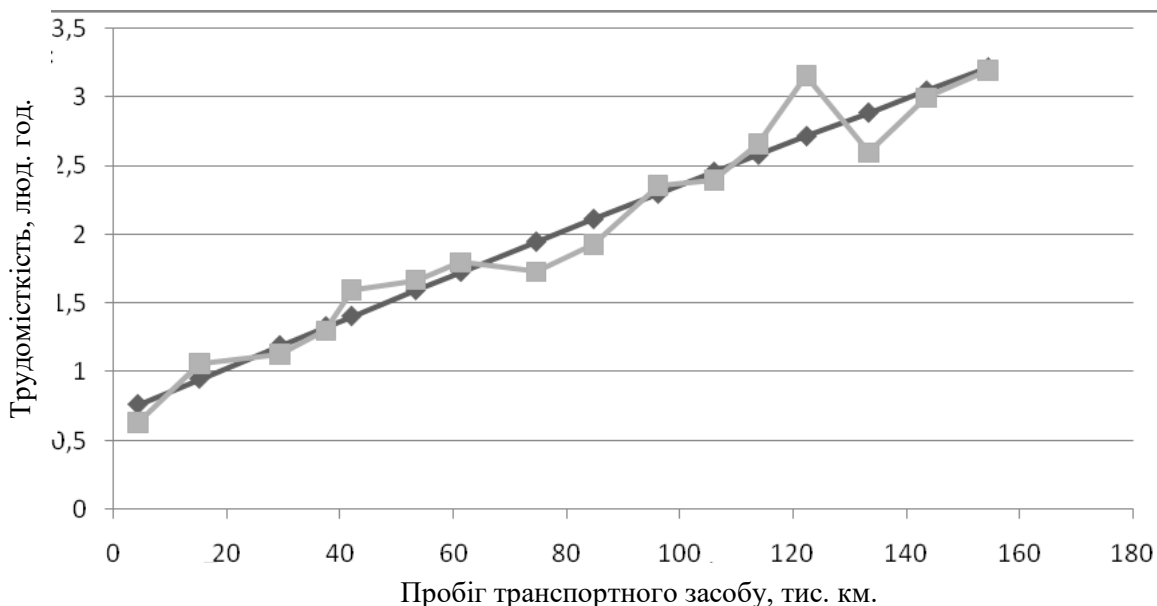


Рисунок 4 – Графік залежності трудомісткості ПР від пробігу з початку експлуатації (0...200 тис.км) для самоскидів Scania

Теоретичні лінії регресії при значних пробігах рухомого складу (0...100 тис. км) представлені на рис. 5.

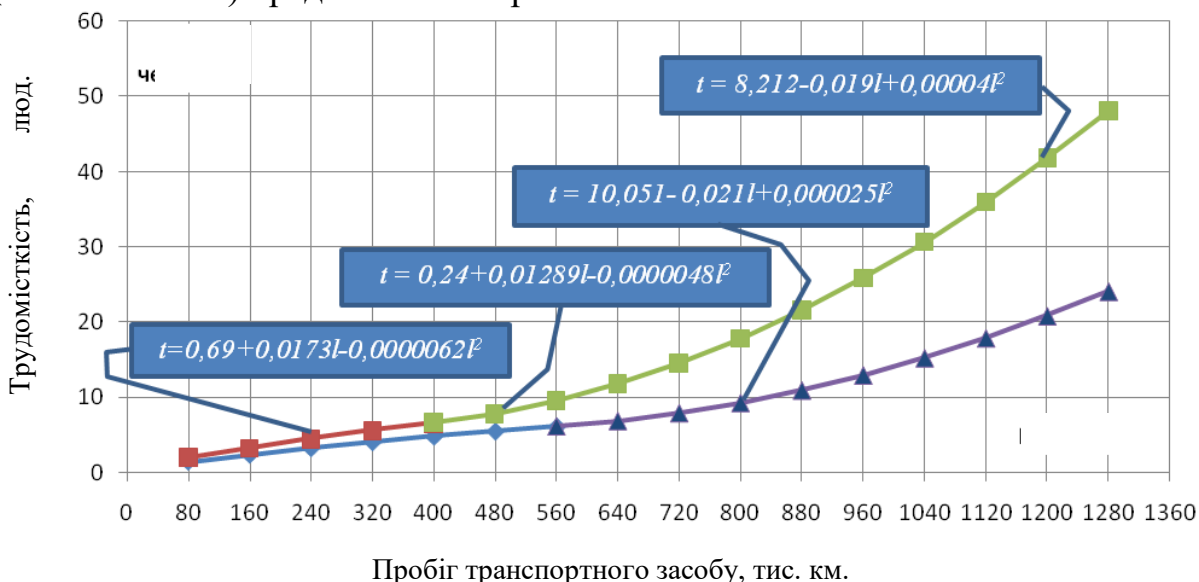


Рисунок 5 – Теоретичні лінії регресії при пробігу рухомого складу 0...1000 тис. км

В результаті проведених експериментальних досліджень були отримані графічні залежності зміни показників виробничої програми по ТО і ПР, а саме: тривалість розрахункового циклу; кількість розрахункових циклів у році; час простоїв в ТО без урахування ЩО_т; коефіцієнта технічної готовності (рис.6); річного пробігу автомобілів; річного обсягу робіт з ТР; кількість ЩО_т; часу простоїв в ЩО за рік,; річного обсягу робіт з ТО.

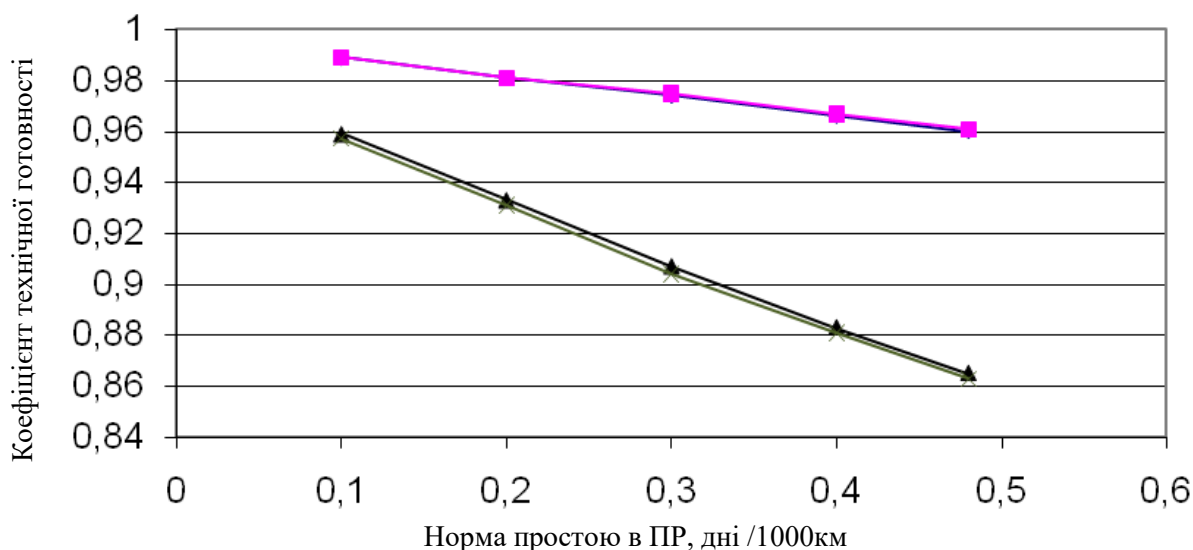


Рисунок 6 – Графік залежності коефіцієнта технічної готовності від норми простою в ПР: **◆** - Scania P114GA 6×4; **■** - Scania P114GA 4×2; **▲** - Scania P114 CB 6×4; **×** - Scania P114 CB 8×4.

Отримані залежності дають змогу визначити оптимальну величину часу простою автомобіля в ПР, що, в свою чергу, дозволяє перейти до розрахунку виробничої програм по ТО і ПР. Використовуючи одержані рівняння, можна визначити величину основного показника служби ТЕА підприємства – коефіцієнта технічної готовності. Графічний метод визначення коефіцієнта технічної готовності і відповідних йому пробігу автомобіля і трудомісткості ПР наведено на рис. 7 і 8.

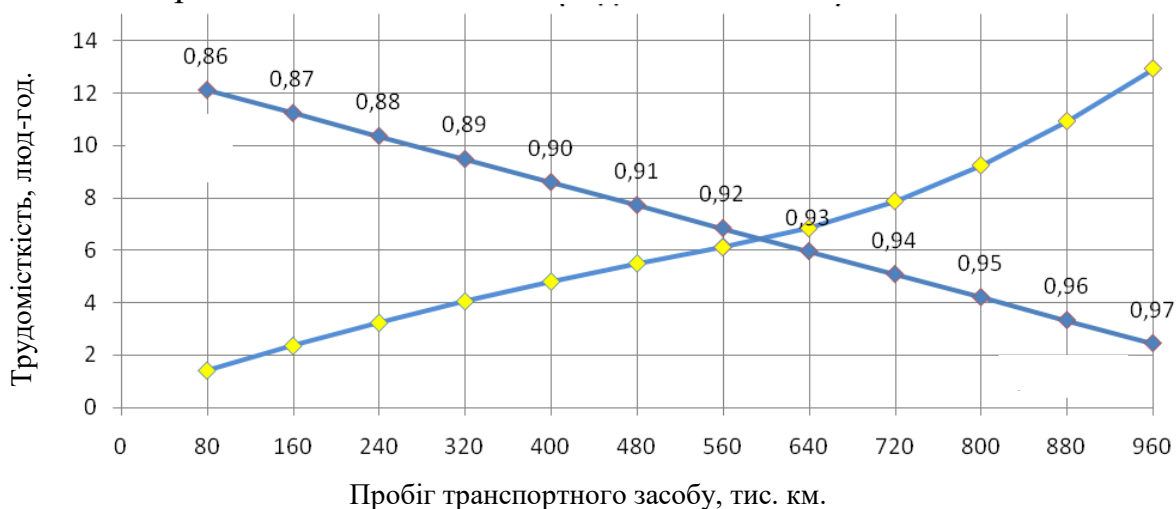


Рисунок 7 – Визначення величини коефіцієнта технічної готовності за пробігом для сідельних тягачів Scania

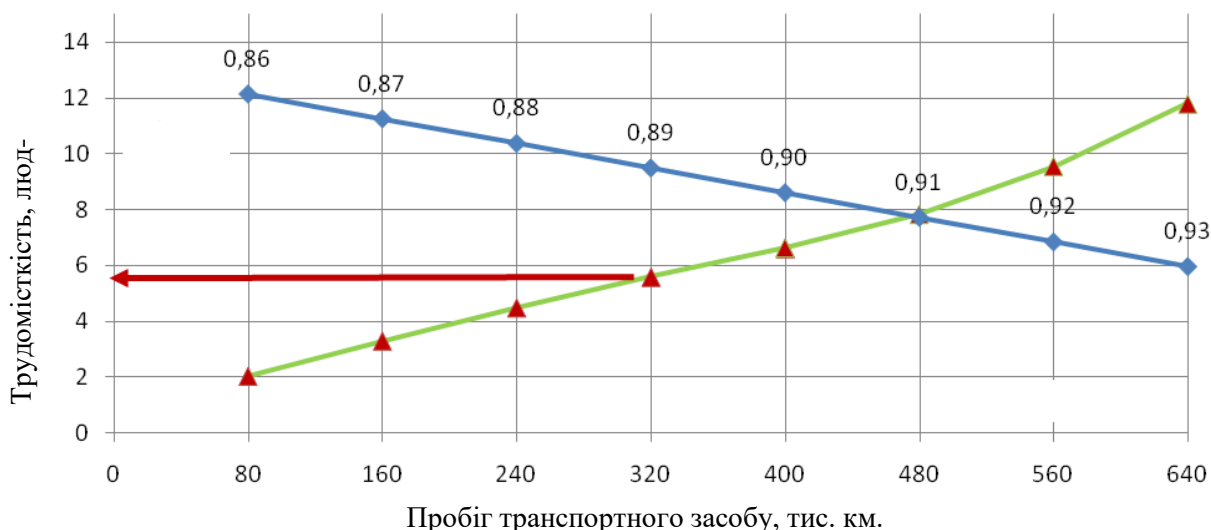


Рисунок 8 – Визначення величини коефіцієнта технічної готовності за пробігом для самоскидів Scania: ▲ - трудомісткість ПР; ◆ - коефіцієнт технічної готовності

У розробленій методиці визначення коефіцієнта коригування трудомісткості ПР залежно від пробігу з початку експлуатації рухомого складу проводиться за формулою (12). Графіки залежності значення цього коефіцієнта для сідельних тягачів і автомобілів самоскидів Scania, а також значення K_4 для вітчизняних автомобілів аналогів представлені на рис. 9. Чисельні значення наведені в табл. 3.

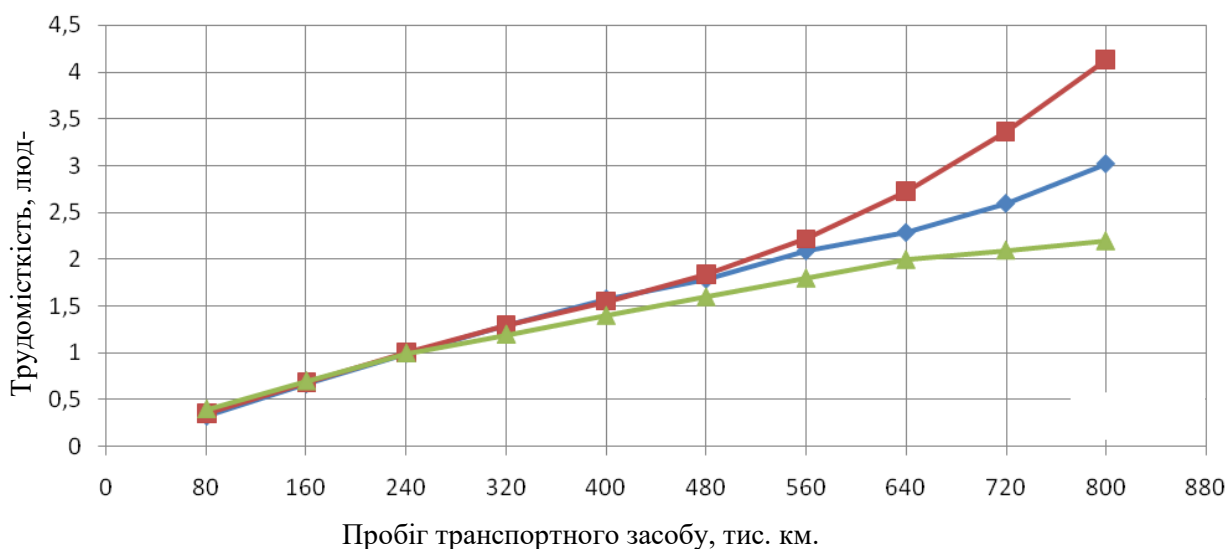


Рисунок 9 – Графіки залежності коефіцієнту коректування трудомісткості ПР в залежності від пробігу з початку експлуатації рухомого складу: ◆ - сідельні тягачі; ■ - самоскиди; ▲ - коефіцієнт K_4 .

Таблиця 3 – Коефіцієнт коректування трудомісткості ПР в залежності від величини пробігу з початку експлуатації $K_{\text{ПР}}$

Пробіг, тис. км	Сідельний тягач	Самоскид	K_4
80	0,329	0,351	0,4
160	0,676	0,686	0,7
240	1,0	1,0	1,0
320	1,302	1,293	1,2
400	1,582	1,551	1,4
480	1,797	1,839	1,6
560	2,094	2,215	1,8
640	2,291	2,723	2,0
720	2,601	3,361	2,1
800	3,025	4,13	2,2

Можливість визначення значення пробігу ефективної експлуатації по допустимому значенню трудомісткості ПР представлена на рис. 2.10 і 2.11.

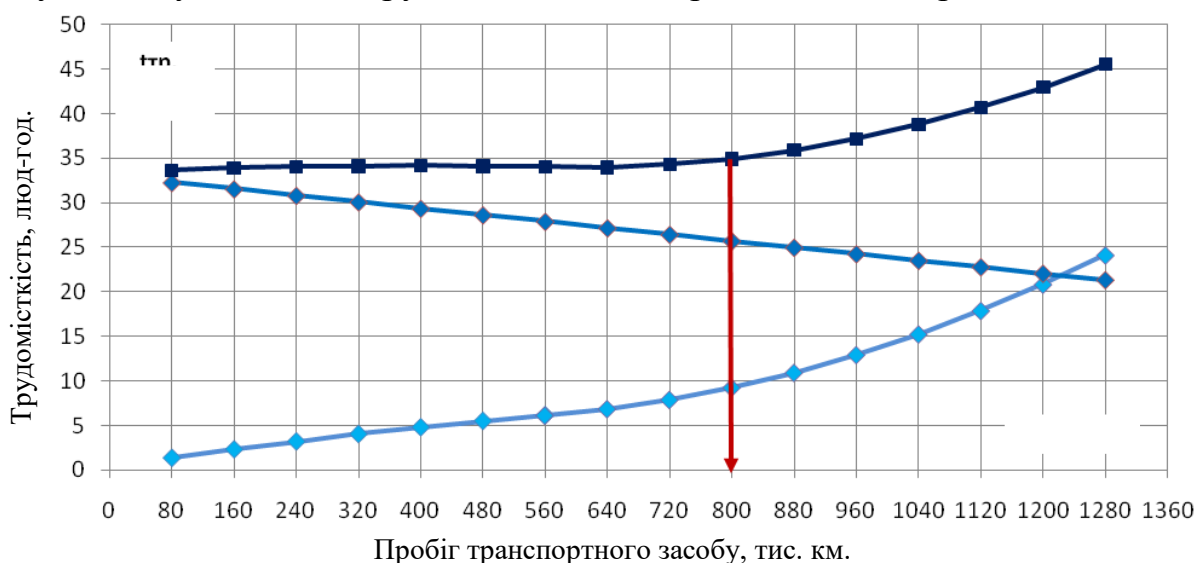


Рисунок 10 – Визначення величини пробігу ефективної експлуатації сідельних тягачів "Scania": —◆— трудомісткість ПР; —◆— трудомісткість ТО; —■— сума ТО і ПР

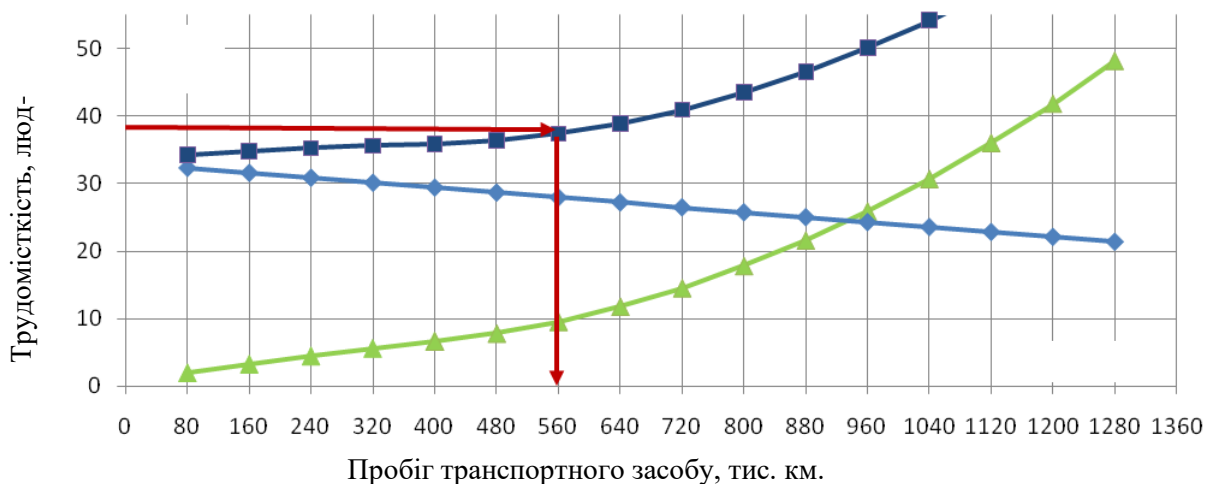


Рисунок 11 – Визначення величини пробігу ефективної експлуатації автомобілів самоскидів "Scania": —▲— трудомісткість ПР; —◆— трудомісткість ТО; —■— сума ТО і ПР.

Для переходу до визначення величини пробігу ефективної експлуатації за техніко-економічним критерієм досить помножити значення трудомісткості ТО і ПР на питому величину витрат на відповідний вид ТО і ПР і підсумувати зі значенням приведеної вартості автомобілів. Визначення ефективного пробігу експлуатації автомобілів «Scania» представлено на рис. 12, 13.

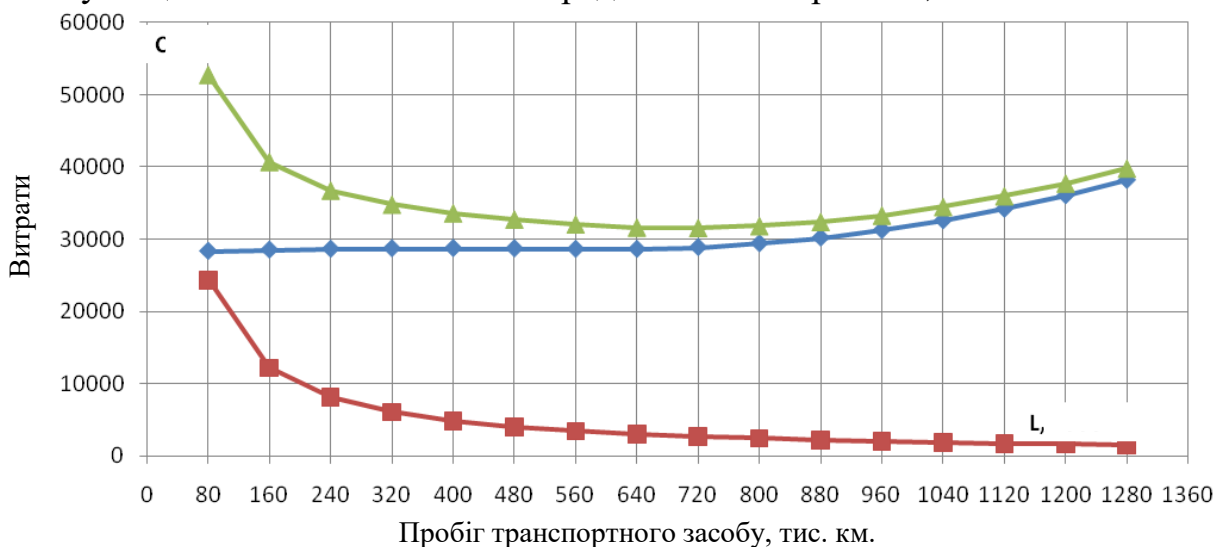


Рисунок 12 – Визначення ефективного пробігу експлуатації сідельного тягача "Scania": ◆ - затрати на ТО і ПР; ■ - питома вартість/1000км; ▲ - сума витрат

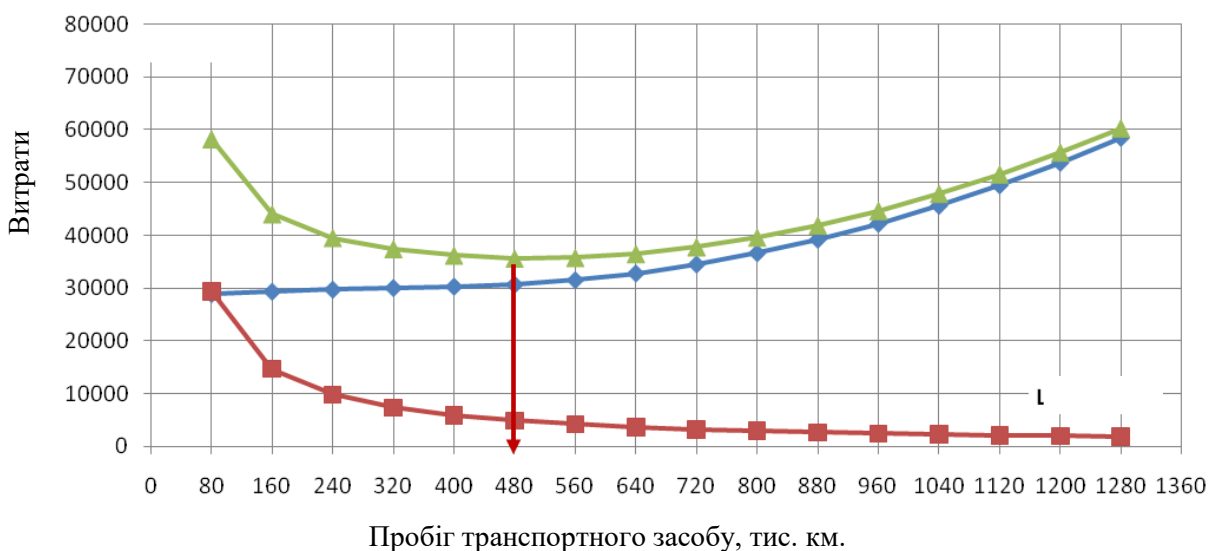


Рисунок 13 – Визначення ефективного пробігу експлуатації самоскидів "Scania": ◆ - витрати ТО і ПР; ■ - питома вартість/1000 км; ▲ - сума витрат

Результати розрахунку виробничої програми за відповідною програмою дослідження представлені в таблиці 4.

Таблиця 4 – Кількість постів ТО (без постів ЩО_Т)

Норма простою в ПР, N_{TP} , днів/1000км				
0,1	0,2	0,3	0,4	0,48
Сумарний час простоїв парку автомобілів в ТО за рік (без простоїв в ЩО _Т) в залежності від норми простою в ТР, з врахуванням коефіцієнта нерівномірності ϕ , год				
4942,6	4824,3	4712,1	4605,6	4524,2
Розрахункове число постів ТО (без постів ЩО _Т) $X_{ТО}$, в залежності від норми простою ПР				
1,27	1,24	1,21	1,18	1,16
Прийнято число ТО (без постів ЩО _Т)				
2				

Результати розрахунку загальних простоїв всіх автомобілів парку в ЩО_Т представлені в таблиці 5.

Таблиця 5 – Сумарні простої в ЩО_Т парку і кількості постів ЩО_Т

Норма простою в ТР N_{TP} , дні/1000 км				
0,1	0,2	0,3	0,4	0,48
Розрахункове число постів ЩО _Т , $X_{ЩОТ}$				
0,457	0,446	0,436	0,427	0,419
Прийняте число постів ЩО _Т				
1				

Результати розрахунку кількості постів ПР представлені в табл.6.

Таблиця 6 – Річні витрати роботи і кількість постів ПР

	Норма простою в ПР N_{PP} , днів/1000 км				
	0,10	0,20	0,30	0,40	0,48
	Річний об'єм роботи ПР по кожній марці автомобілів t_{PPj}^P , в залежності від норми простою в ПР, люд.-год				
Scania P1114 GA 6×4 NZ 340	3370,34	3343,88	3317,84	3292,20	3271,97
Scania P1114 GA 4×2 NA 340	1685,46	1672,23	1659,2	1646,38	1636,26
Scania P1114 CB 6×4 HZ 340	7152,45	6952,35	6763,13	6583,94	6447,29
Scania P1114 GA 8×4 HZ 340	10454,77	10162,77	9886,65	9625,13	9425,67
Весь парк	Сумарні річні об'єми робіт ПР парку t_{PP}^r , люд.-год.				
	22663,02	22131,23	21626,82	21147,65	20781,18
	Розрахункове число постів ПР X_{PP}				
	5,37	5,25	5,13	5,01	4,93
	Прийняте число постів ПР				
6					

УДК 621.793

**ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ
ВІДНОВЛЕННЯ ПЕРВИННОГО ВАЛУ РОЗПОДІЛЬНОЇ КОРОБКИ
ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ ЕЛЕКТРОХІМІЧНИМ МЕТОДОМ**

Лисенко С.В., к.т.н., доц., Лимарчук М.В.

Центральноукраїнський національний технічний університет

Аналіз напрямів модернізації техніки в Україні і за кордоном, опитування експертів та думок вчених і фахівців показують, що найбільш перспективними з них є підвищення продуктивності машин, їх надійності, економічності та комфортності обслуговування. Вважаємо, що підвищення надійності модернізованих машин має відбутися за рахунок використання більш досконалих конструкцій агрегатів та нових матеріалів, в тому числі при відновленні деталей. Великі можливості підвищення ресурсу відновлених деталей при модернізації деталей машин відкривають технології нанесення зміцнюючих покриттів, у тому числі композиційних, які увійшли до переліку критичних технологій.

Значний інтерес для цих цілей представляють процеси нанесення покриттів із застосуванням нанотехнологій. Перспективним напрямком підвищення зносостійкості відновлених деталей є легування покриттів, отриманих залізненням, і застосування комбінованих технологій з подальшим зміцненням. Одними з найбільш ефективних легуючих елементів є молібден, вольфрам, титан, кобальт та інші. Однак для використання таких технологій на сервісних підприємствах необхідні рекомендації, як за складом електролітів, так і щодо режимів нанесення і зміцнення покриттів. Тому розробка науково-обґрунтованих методів підвищення технічного рівня відновлення і зміцнення зношених деталей машин на основі залізнення є актуальним науково-технічним завданням. Для вирішення даного завдання необхідно проробити наступні питання: проаналізувати проблеми управління технічним рівнем технології відновлення деталей електролітичними покриттями; теоретично обґрунтувати підвищення якості залізнення деталей шляхом їх легування домішками і хіміко-термічною обробкою; розробити програму та методику експериментальних досліджень якості залізних покриттів; проаналізувати стан технології залізнення деталей, що використовуються на підприємствах; дослідити вплив легуючих добавок на фізико-механічні властивості залізних покриттів; дослідити вплив термообробки покриттів на їх фізико-механічні властивості; оптимізувати режими нанесення і зміцнення легованих залізних покриттів; провести експлуатаційні випробування деталей з легованими залізними покриттями. розробити технологічні рекомендації по складу електролітів і щодо режимів нанесення і зміцнення легованих залізних покриттів; визначити економічний ефект від використання зміцнюючих залізних покриттів при ресурсній модернізації деталей машин на сервісних підприємствах. Об'єктом дослідження в цьому випадку представляються технології відновлення та зміцнення деталей машин залізненням.

Одним з варіантів підвищення надійності та коефіцієнта готовності техніки є модернізація машин, що знаходяться в експлуатації. Вченими і спеціалістами науково-дослідних інститутів спільно з заводами виробниками і сервісними підприємствами розроблені основи наукового забезпечення проблеми модернізації машин, у тому числі концепція і практичні рекомендації.

Для реалізації розроблених процесів видана нормативно-технічна документація, а технологічні процеси були впроваджені на різних ремонтних підприємствах для відновлення великої номенклатури деталей машин. Однак в останнє десятиліття обсяги відновлення деталей гальванопокриттями в загальному обсязі різко знизилися. Однією з причин є недостатній технічний рівень технологічних процесів нанесення гальванопокриттів. Великі можливості підвищення ресурсу відновлених деталей при модернізації деталей машин відкривають технології нанесення зміцнюючих покриттів. Перспективним напрямком підвищення зносостійкості відновлених деталей є легування покриттів, отриманих залізненням. Одними з найбільш ефективних легуючих елементів є молібден і вольфрам. Однак такі технології практично не використовуються для відновлення та зміцнення деталей на сервісних підприємствах, зважаючи малодосліджуваність закономірностей впливу легуючих домішок в електроліт на фізико-механічні властивості покриттів. В літературі практично відсутні рекомендації щодо подальшої термічної і термохімічної обробки таких покриттів з метою підвищення ресурсу відновлених деталей. У вивчення цих питань зробили великий внесок Гадалов В. Н., Казанцев С. П. та інші вчені. На основі вивчення стану проблеми сформульовано мету і визначено завдання досліджень, які викладені в загальній характеристиці роботи.

Розроблено науково-методологічні основи оцінки технічного рівня технологічних процесів відновлення деталей і теоретично обґрунтовано застосування легуючих добавок при відновленні деталей залізненням. Для оцінки технічного рівня нових машин, обладнання та технологій розроблено безліч різних підходів і методів.

Більшість моделей, що дозволяють оцінити технічний рівень обладнання або технологічного процесу, засновані на зіставленні одиничних показників зразка (нової технології) і аналога:

$$K_{Ty} = \frac{\sum_{i=1}^n g_i}{n} \quad (1)$$

де K_{Ty} – коефіцієнт технічного рівня; g_i – відносний показник зразка і аналога; n – кількість оціночних показників.

Для оцінки технологічних процесів відновлення деталей використовуються й інші критерії, зокрема енергетичний, запропонований професором Батищевим А.Н.:

$$\varphi_{Ei} = \frac{K_{li} \cdot K_{ri}}{K_{gi}} \rightarrow \min \quad (2)$$

де K_{1i} , K_{ri} – коефіцієнти енергоємності та трудомісткості відновлення деталей і-тим способом; K_{gi} – коефіцієнт довговічності деталі, відновлений і і-тим способом.

Для оцінки ефективності різних варіантів відновлення деталей за рахунок нанесення покриттів з урахуванням витрат, пов'язаних із знешкодженням шкідливих викидів у навколишнє середовище, нами пропонується використовувати приведені витрати. При цьому найбільш доцільний варіант з найменшими приведеними витратами, які включають в себе практично всі значущі витрати на виконання технологічних операцій і забезпечення виробничого процесу з урахуванням захисту навколишнього середовища.

$$P_{PB} = \left(\begin{array}{l} C_{ЗП} + E_{УД.В} \cdot C_E + \\ + \left(\sum \frac{P_B^i}{T_{ОБ.В}^i \cdot C_B} + \frac{P_{ОБ.СУМ}}{\Phi_{ОБ.В} \cdot C_B} + \frac{1}{C_B} \sum \frac{M^i \cdot C_i}{T^i} + \frac{1}{C_B} \sum \frac{C_{PER}^i}{T^i} \right) + \\ + \frac{C_{СТ}}{\Phi_{ОБ.В} \cdot C_B} + \frac{V_n \cdot C_{ЗД} \cdot H_a}{100 \cdot \Phi_{ОБ.В} \cdot C_B} + C_{МЕХ.УД} \end{array} \right) \cdot \frac{1}{K_D} \quad (3)$$

де P_{PB} – приведені витрати на відновлення деталей, грн/шт. (грн/дм²), $C_{ЗП}$ – зарплата робітників, які виконують технологічні операції з нанесення покриттів, грн/шт. (грн/дм²); $E_{УД.В}$ – питомі витрати енергії на нанесення покриттів, кВт·год/шт (кВт·год/дм²); C_E – ціна 1 кВт·год енергії, грн/кВт·год; P_B^i – авансова вартість і-го устаткування і оснащення для нанесення покриттів, в т.ч. для знешкодження стічних вод і викидів в атмосферу, грн; $T_{ПРО.В}^i$ – ресурс і-го обладнання, год; C_B – продуктивність технології нанесення покриттів, шт/год (дм²/год); $P_{ОБ.СУМ}$ – річна вартість обслуговування всього комплексу обладнання з нанесення покриттів і знешкодження стічних вод і викидів в атмосферу, грн/рік; $\Phi_{ПРО.В}$ – дійсний річний фонд часу роботи обладнання, год; M^i – витрата і-го виду матеріалів (включаючи воду, газ) нанесення покриттів, кг; T^i – термін, протягом якого використовується M^i кількість матеріалу, год; C_i – вартість і-го матеріалу, грн/кг; C_{PER}^i – вартість регенерації і-х матеріалів, використовуються при нанесенні покриттів, протягом терміну їх використання, грн; $C_{СТ}$ – річні витрати на знешкодження стічних вод і викидів в атмосферу, грн/рік; V_n – об'єм приміщення, використовуваного для нанесення покриттів, м³; $C_{ЗД}$ – ціна 1 м³ приміщень, грн/м³; H_a – норма амортизаційних відрахувань, %; $C_{МЕХ.УД}$ – питома вартість механічної обробки перед і після нанесення покриття, грн/шт (грн/дм²); K_D – коефіцієнт довговічності (відношення ресурсів відновлених і нової деталей).

Стосовно до оцінки технологічних процесів відновлення деталей гальвано покриттями нами запропонована формула:

$$P_{PB} = \left(\begin{aligned} & C_{ЗП} + E_{УД.В} \cdot Ц_E + \\ & + \left(\sum \frac{P_{Гi}}{T_{ОБ.Гi} \cdot C_{Г}} \right) + \frac{P_{ОБ.СУМ}}{\Phi_{ОБ.В} \cdot C_{Г}} + M_A \cdot Ц_A + \frac{C_{ЕЛ.ОБ}}{\Phi_{ОБ.В} \cdot C_{Г}} + \\ & + \frac{V_B \cdot C_{ВП}}{\Phi_{ОБ.В} \cdot C_{Г}} + \frac{C_{СТ}}{\Phi_{ОБ.В} \cdot C_{Г}} + \frac{V_{П} \cdot Ц_{ЗД} \cdot H_A}{100 \cdot \Phi_{ОБ.В} \cdot C_{Г}} + C_{МЕХ.УД} \end{aligned} \right) \cdot \frac{1}{K_D} \quad (4)$$

де P_{PG} – приведені витрати на нанесення гальванічних покриттів при певній середній товщині покриттів, грн/дм²; $E_{УД.Г}$ – питомі витрати енергії на нанесення гальванічних покриттів при певній середньої товщині, кВт год/дм²; P_{Gi} – балансова вартість і-го устаткування і оснащення для нанесення покриттів, підготовчо-заключних операцій, допоміжного обладнання, в т.ч. і знешкодження стічних вод і викидів в атмосферу, грн; $T_{ПРО.Gi}$ – ресурс і-го обладнання, год; $Z_{Г}$ – продуктивність технологічної лінії нанесення покриттів, дм²/год; M_A – питома витрата анодів на нанесення гальванічних покриттів, кг/дм²; C_A – ціна анодів з урахуванням їх підготовки до роботи, грн/кг; $Z_{ЕЛ.i}$ – вартість приготування електроліту і-й ванни, входить до складу технологічної лінії, грн; $T_{ЭЛi}$ – термін служби електроліту і-й ванни, год; $Z_{ЕЛ.ПРО}$ – річна вартість робіт з контролю, фільтрації коригування електролітів у ваннах, що входять всклад технологічної лінії, грн/рік; V_B – річна витрата промивної води при реалізації технологічного процесу нанесення гальванічних покриттів, м³/рік; $Z_{ВП}$ – вартість промивної води, грн/м³.

Електролітичне осадження металів може розглядатися як своєрідний спосіб отримання високоміцного стану металів шляхом формування високодисперсних нерівноважних структур, насичених дефектами і гранично зміцнених. Мікротвердість таких структур досягає 6,0...6,5 ГПа, а величина блоків мозаїки зменшується до 100... 120 Å.

Для отримання міцних і зносостійких залізних покриттів доцільно використовувати хлористий електроліт, що забезпечує високу універсальність і хороші техніко-економічні показники процесу. Найкраща якість і висока швидкість осадження електролітичного заліза отримані при використанні для електролізу асиметричного струму.

При гальванічному осадженні заліза та сплавів на його основі структура опадів має характерне шарувату будову, у свою чергу обложені шари складаються з субзерен, розміри яких коливаються в межах від 500 до 2000 Å, конфігурація яких відповідає конфігурації шарів.

Оцінку технічного рівня технологічних процесів відновлення деталей проводили за одиничними показниками і розробленим критерієм. Осадження легованих покриттів на основі заліза проводилося з хлористих електролітів. Склад електроліту: хлористе залізо 350...400 г/л, соляна кислота 0,7...1,8 г/л. Режими нанесення: катодна щільність струму 20...40 А/дм², катодно-анодний показник 1,5...6, температура електроліту 293...313 К, кислотність рН 0,8...1,0. Склад домішок в електроліт подано в таблиці 1.

Таблиця 1 – Склад домішок в електроліт

Покриття (сплав)	Добавка
Залізо-фосфор	гіпофосфат-натрію
Залізо-вольфрам	вольфрамо-кислий натрій лимонна кислота
Залізо-молібден	молібдат аммонію лимонна кислота
Залізо-бор	борна кислота
Залізо-титан	титан луго-кислий
Залізо-кобальт	кобальт хлористий
Залізо-алюмінієвий	хлористий алюміній хлористий калій
Залізо-ванадій	метаванадат аммонія

Кислотність електроліту контролювали за допомогою приладу рН-340. Концентрація заліза підтримувалася за рахунок розчинення анодів, виготовлених з маловуглецевої сталі, а концентрація інших елементів – за рахунок періодичного введення в електроліт відповідних розчинів. Масу осадженого металу визначали на аналітичних вагах ВЛА-200 з точністю 0,1 мг. Живлення лабораторної установки здійснювали асиметричним змінним струмом промислової частоти з двома назустріч включеними діодами. Нанесення покриттів проводили на плоскі та циліндричні зразки. Перед покриттям зразки ретельно промивали у бензині, ацетоні. Після зважування їх знежирюють віденським вапном, промивали у воді і піддавали анодному травленню у 30 % розчині сірчаної кислоти з додаванням 15...20 кг/м³ сірчаноокислого заліза. Час травлення – 1...2 хвилини при щільності струму – 30...70 А/дм². Після промивання проточною водою зразки завішували в робочу ванну і електричні параметри (щільність струму і показник асиметрії) доводили до номінальних протягом 4...5 хвилин. Термообробку зразків з покриттям виробляли в муфельній печі. Регулювання та підтримування заданої температури термообробки проводили за допомогою електронного автоматичного потенціометра ЗДП-12 і платиновородієвої термопари ПР з точністю ± 5 °С. Для проведення ціанування електроосадження сплавів застосовували складу пасти (% мас.): $K_4Fe(CN)_6$ – 70; сажа – 20; $CaCO_3$ – 5; Na_2CO_3 – 5.

Механічну обробку дослідних деталей проводили на обладнанні і режимах серійного виробництва. Визначення мікротвердості покриттів проводили на приладі ПМТ-3 при навантаженні на індентор 0,1 Н. Дослідження мікроструктури сплавів проводили за допомогою металографічного мікроскопа МИМ-8М на поперечних шліфах. Фазово-структурні зміни в осадок сплаву досліджували методом структурного аналізу на установці УРС-60. Для дослідження структури були обрані залізо-молібденові, залізо-вольфрамові, залізо-титанові і залізо-фосфорні покриття. Для вивчення впливу температури і тривалості насичення на товщину дифузійних шарів при ціануванні покриттів

використовували пасту на основі сажі з додаванням оптимальної кількості жовтої кров'яної солі, соди і крейди. Насичення проводили при температурах 813...973 К, тривалість процесу становила 1...5 год. Після насичення зразки охолоджували у воді. На ціанірованих зразках готували мікрошліфи, на яких за допомогою мікроскопа МИМ-8 з окуляр-мікрометром вимірювали також загальну товщину ціанованного шару і глибину карбонітридної зони в цьому шарі. Для дослідження внутрішніх напружень в електролітичних осадах використаний метод розтягування-стиснення стрічкового катода. Міцність зчеплення оцінювали за ступенем відшаровування покриття в місці вигину. Зчіплюваність сплаву оцінювали як відношення зусилля нормального відриву до площі поперечного перерізу. Випробування зразків на втомну міцність проводили на машині типу УКІ-10М. Для порівняльних випробувань сталевих зразків приймалася база 5-106 циклів. Основним критерієм для визначення межі міцності і побудови кривих було повне руйнування зразка.

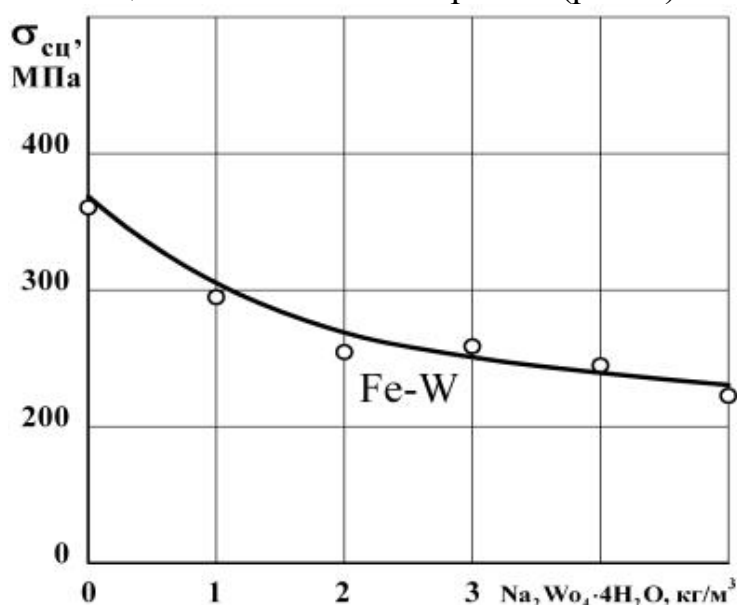
Для ударних випробувань нітроцементованих та інших зміцнених шарів на поверхні деталей був розроблений спеціальний зразок квадратного перерізу без надрізу, розміром 1,5x1,5 мм, довжиною 20...30 мм і застосована схема випробування з одностороннім кріпленням зразка. Випробування проводили на сконструйованому копрі з маятником. По кожному зразку наносили по 6 ударів. Для вивчення працездатності деталей з легованими залізними покриттями нами були проведені стендові випробування дизельних і карбюраторних двигунів на обкатувально-гальмівному стенді. На дизель СМД-14 були встановлені відновлені валики коромисел клапанів (поз. НСМД-0644-1) з різними покриттями (експериментальні валики). Осадження сплавів велося на оптимальних режимах. Випробування проводили на стенді КИ-3824. Тривалість випробувань склала 800 годин. Аналогічні випробування проведені для двигуну ЗИЛ-130. На них установлювали зміцнені штовхачі і штоки клапанів розподільні вали, шатуни.

Розроблені нові технологічні прийоми нанесення гальванічних покриттів, підвищують їх якість, у тому числі шляхом введення в електроліт легуючих добавок. Так зі збільшенням концентрації хлориду заліза в електроліті з 200 до 600 кг/м³ мікротвердість покриття знижується майже на 2000 МПа, а добавки в цей електроліт невеликих кількостей молібдену, вольфраму та фосфору сприяє збільшення мікротвердості на 2500...3000 МПа. При збільшенні вмісту молібдену, вольфраму і фосфору мікротвердість покриттів проходить через максимум, досягаючи рівня 8000...8300 МПа. У порівнянні з електролітичним залізом мікротвердість сплавів на його основі, збільшується в середньому на 2000...3000 МПа. Зміна коефіцієнта асиметрії струму при електролізі в межах від 1 до 5 чинить значний вплив на мікротвердість досліджених двокомпонентних сплавів. При низьких значеннях показника асиметрії ($\beta = 1,3...1,5$) мікротвердість сплаву відносно невелика (~ 3500 МПа), опади мало напруженими, міцно зчеплені з основою. При збільшенні значення показника асиметрії мікротвердість сплавів підвищується, однак зростають і внутрішні напруження розтягування в осажденному металі. Структура всіх сплавів характеризується при цьому дрібнозернистістю і значним спотворенням

кристалічної решітки заліза. Залежність мікротвердості Fe-P покриттів від параметрів електролізу має вигляд:

$$H_{\mu(Fe-P)} = 2836 - 30.34 \cdot C_p^2 - 3 \cdot 10^{-3} \cdot D_k^2 - 72.8 \cdot \beta^2 - 0.54 \cdot C_{Fe} + 480.8 \cdot C_p + 1013.44 \cdot \beta + 2.03 \cdot D_k \cdot C_p + 0.06 \cdot C_p \cdot C_{Fe} \quad (5)$$

Найвищий рівень внутрішніх напружень, що досягає в залізо-фосфорних сплавах 350 МПа, має місце в перших шарах електролітичних осадів. При товщині осаду у 10 мкм напруги знижуються до 250 МПа, а при 20 мкм – до 180 МПа. При подальшому збільшенні товщини осаду рівень внутрішніх напружень залишається постійним. Підвищення щільності струму при електроосадженні двокомпонентних покриттів призводить до збільшення напруженості осаджень, підвищення температури електроліту призводить до зворотного ефекту. Основними причинами, що викликають внутрішні напруги в покриттях, можуть бути: а) зміни параметрів кристалічної решітки; б) форма росту осаду, характер і однорідність структури; в) характер, щільність і стійкість структурних недосконалостей; г) включення і домішки. Ці причини взаємопов'язані і зумовлюються природою, властивостями завантажених металів, складом електроліту та умов електролізу. При електроосадженні сплавів заліза на асиметричному струмі міцність зчеплення покриттів з основним металом залежить перш за все від показника асиметрії, чим нижча величина цього показника, тим міцніший зв'язок покриття з основою. Для підвищення міцності зчеплення осадження покриттів починається при показнику асиметрії 1,2...1,3. Це забезпечує отримання максимальної міцності зчеплення, що досягає 300...350 МПа. Через 10...15 хвилин після початку електролізу показник асиметрії і щільність струму доводять до номінальних значень. Початок процесу при показнику асиметрії більше двох різко знижує зчеплення покриттів зі сталлю, що може спричинити за собою їх відшаровування в експлуатаційних умовах. Нами отримано залежності впливу легуючих добавок на міцність зчеплення покриттів (рис. 1).



Рисунк 1 – Залежність міцності зчеплення електролітичних сплавів від концентрації легуючих добавок

Встановлено, що при підвищенні концентрації легуючого компонента, що збільшує поляризацію катода, знижує міцність зчеплення покриттів з основним металом. Цей зв'язок визначається тим, що підвищення поляризації катода призводить до осадження покриттів, що мають дрібнодисперсну структуру, що забезпечує підвищену твердість і крихкість шару, прилеглого до основного металу.

Порівняльні дослідження зносостійкості залізних покриттів, отриманих на постійному і асиметричному струмі, показали, що покриття, осаджені при нестационарних умовах електролізу, мають більш високу зносостійкість. Зміна показника асиметрії від 3 до 6 дозволило знизити знос досліджуваних покриттів. Основна роль в цьому відводиться процесу формування високодисперсної структури покриттів з підвищеною твердістю.

За даними проведених досліджень найбільшу зносостійкість мають покриття при наступному змісті легуючих елементів: для сплаву Fe-Mo – 1 % Mo; для сплаву Fe-W – 2 % W; для сплаву Fe-P – 2,5 % P (рис. 2).

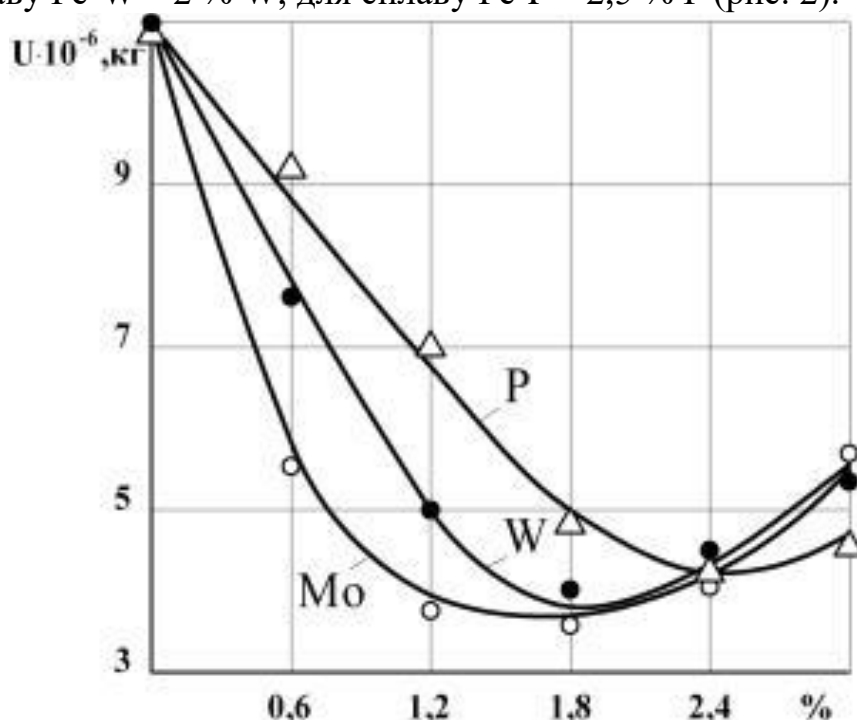


Рисунок 2 – Залежність зносу від змісту сплавів легуючих елементів

Залежність зношування двохкомпонентних покриттів від параметрів електролізу мають вигляд:

$$I_{Fe-P} = 16.5 + 53 \cdot C_p^2 + 2.1 \cdot 10^{-3} \cdot D_k^2 + 135 \cdot \beta^2 - 0.84 \cdot C_p - 0.12 \cdot D_k - 1.78 \cdot \beta + 11.8 \cdot 10^{-3} \cdot \beta \cdot C_p \quad (6)$$

$$I_{Fe-W} = 27.17 - D_k^2 \cdot 10^{-4} + 0.75 \cdot C_w^2 + 0.37 \cdot \beta^2 - 5.5 \cdot C_w - 4.6 \cdot \beta + 0.14 \cdot \beta \cdot C_w - 23 \cdot 10^{-3} \cdot C_k^2 \quad (7)$$

$$I_{Fe-Mo} = 25.6 + 130 \cdot 10^{-3} \cdot \beta^2 + 13.23 \cdot C_{Mo}^2 + 0.14 \cdot 10^{-3} \cdot D_k^2 - 3.17 \rho H^2 - 0.51 \cdot C_k + 0.65 \cdot C_{Mo} \cdot \beta - 0.05 \cdot D_k \cdot C_{Mo} - 2 \cdot \beta - 27.2 \cdot C_{Mo} \quad (8)$$

Таблиця 2 – Оптимальні режими і властивості легованих сплавів залізних покриттів

Покриття	Склад електроліту	Режим нанесення			Швидкість осадження, мм/год	Властивості покриттів	
		Температура електроліту, К	Щільність струму, А/дм ²	Катодно-анодний показник		Зчеплюваність, МПа	Мікротвердість, МПа
Залізо-фосфор	Хлористе залізо 350г/л; соляна кислота 0,7 г/л; гіпофосфат натрію 8г/л.	313	40	5	0,3	300	7500
Залізо-вольфрам	Хлористе залізо 350г/л; соляна кислота 1,0 г/л; лимонна кислота 12 г/л; вольфрамо-кислий натрій 8г/л.	313	40	5	0,3	300	8200
Залізо-молібден	Хлористе залізо 350г/л; соляна кислота 1,5 г/л; лимонна кислота 12 г/л; молібдат-амонія 8г/л.	313	40	5	0,35	300	8300
Залізо-бор	Хлористе залізо 350г/л; соляна кислота 1,0 г/л; борна кислота 50г/л.	313	40	5	0,35	300	9000
Залізо-титан	Хлористе залізо 350г/л; соляна кислота 1,0 г/л; титан щавелево-кислий 2.0г/л.	313	40	5	0,3	300	8200
Залізо-кобальт	Хлористе залізо 350г/л; соляна кислота 1,5 г/л; кобальт-хлористий 40г/л.	313	50	6	0,4	350	8500
Залізо-алюміній	Хлористе залізо 350г/л; соляна кислота 1,0 г/л; хлористий алюміній 350г/л; хлористий калій 90г/л.	313	40	6	0,35	350	8000
Залізо-ванадій	Хлористе залізо 400г/л; соляна кислота 1,8 г/л; метаванадій амонія 25г/л.	313	50	5	0,3	300	8500

Для остаточної рекомендації щодо вибору найбільш зносостійких покриттів нами проведені порівняльні дослідження їх зносостійкості. Більшість відповідальних деталей машин виготовляється із сталі 45 з наступною термообробкою, тому нами в якості еталона при порівняльних випробуваннях матеріалів на зносостійкість була обрана сталь 45. Матеріали досліджувалися в парах тертя з чавуном і бронзою. Результати представлені на рис. 3.

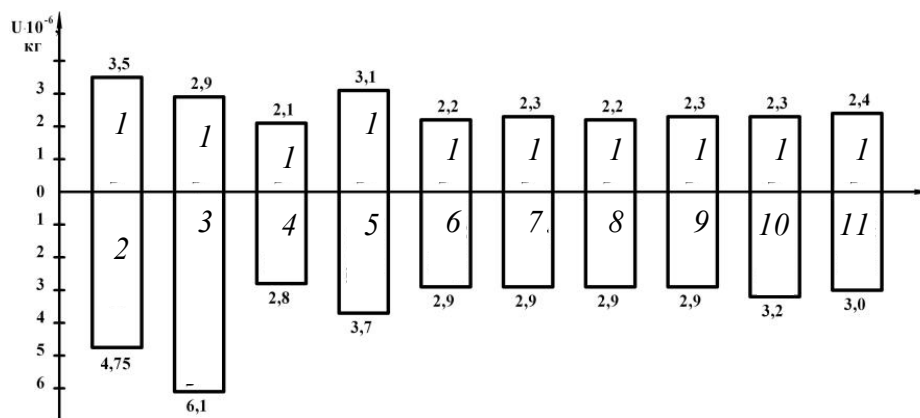


Рисунок 3 – Результати порівняльних випробувань покриттів на зносостійкість: 1 – чавун; 2 – сталь 45; 3 – чисте електролітичне залізо; 4 – залізо молібден; 5 – залізо фосфор; 6 – залізо-вольфрам; 7 – залізо бор; 8 – залізо титан; 9 – залізо кобальт; 10 – залізо-алюміній; 11 – залізо-ванадій

В результаті проведених експериментів виявлено, що найменший знос і кращу припрацьовуваність мали сплави Fe-Mo, потім сталь 45, загартована за допомогою нагрівання СВЧ з подальшим низькотемпературним відпусткою і електролітичне залізо. При випробуванні в парі з чавуном знос всіх покриттів був нижче, ніж в парі з бронзою. Зносостійкість електроосажденного легованого заліза сталі 45 складала: для сплаву Fe-Mo – 170 % при роботі в парі з чавуном і 156 % – в парі з бронзою; для сплаву Fe-W – 165 % при роботі в парі з чавуном і 153 % – в парі з бронзою; для сплаву Fe-P – 121 % при роботі в парі з чавуном і 112 % – в парі з бронзою. Отримані дані вказують на доцільність легування електролітичного заліза молібденом, оскільки воно при граничному терті має недостатньо високі міцнісні показники. На нашу думку, при граничному терті збільшується інтенсивність утворення окисних плівок при високій швидкості їх руйнування. Це підтверджується тим, що при найменших значеннях температури і коефіцієнта тертя електролітичне залізо має найбільший знос.

Були проведені порівняльні ударні випробування зразків. Досліджувалася ударна в'язкість зразків зі сталі 40X з железомолібденовими покриттями і зміцнені ціануванням. Результати ударних випробувань показали, що покриття зразків легуваними сплавами практично не призводить до підвищення роботи зламу зразків, їх ціанування цю роботу знижує. Ударна в'язкість зразків з легуючими покриттями практично не змінилася у порівнянні із зразками із сталі 40X після гарту. Результати порівняльних стендових досліджень агрегатів з експериментальними деталями приведені в таблиці 3.

Таблиця 2.3 – Зношування деталей з'єднання "вал-втулка" (після 80 мот-год)

Покриття	Зношування деталей, мм	
	Вал	Втулка
Серійні деталі	0,0065	0,0057
Залізо-молібден	0,0056	0,0054
Залізо-молібден+ціанування	0,0048	0,0056

Експлуатаційні випробування агрегатів з експериментальними деталями, відновленими залізо-молібденовим покриттям були проведені та представлені на рис 4.

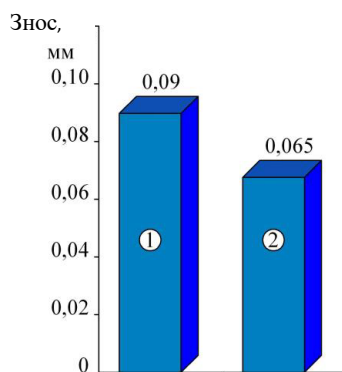


Рисунок 4 – Зношування валу після експлуатації (1500 мото-год): 1 – серійні деталі; 2 – з залізо-молібденовим покриттям.

Експлуатаційній перевірці були піддані також відновлені залізо-молібденові покриття штовхачі і штоки клапанів, розподільчий вал двигунів автомобілів КамАЗ-4310 (табл. 4).

Таблиця 4 – Результати експериментальних досліджень

Деталь	Знос, мкм	
	Серійні	Експериментальні
Штовхач клапана	30,0	19,0
Шток клапана, двигуна	28,0	18,0
Розподільчий вал	14,0	9,0
Нижня головка шатуна	13,0	8,0
Первинний вал КПП	19	16
Вторинний вал КПП	21	17

Висновки:

– в якості зміцнюючих технологій при ресурсній модернізації техніки значні можливості має легування залізних покриттів різними добавками і їх подальша хіміко-термічна обробка. Однак, як показали результати моніторингу, проведеного за певними методиками оцінки стану технологічних процесів, в даний час на ремонтних підприємствах використовуються в основному прості електроліти для нанесення залізних покриттів. Їх можливості по підвищенню зносостійкості відновлюваних деталей обмежені.

– запропоновано оцінювати технічний рівень технологій відновлення деталей гальванопокриттями з комплексного показника, що враховує їх довговічність і витрати виробництва, що включають витрати на забезпечення екологічної безпеки.

– теоретично описано вплив легуючих добавок в електроліт і режимів електролізу на фізико-механічні властивості покриттів. Легування залізних покриттів невеликою кількістю молібдену, вольфраму, фосфору та інших елементів сприяє подрібненню блокової структури і підвищують мікротвердості осаджень до 8000...8300 МПа, проти 5000 МПа у чистого заліза, що позитивно відображається на зносостійкість покриття.

УДК 629.331

ВДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ПАЛИВНОЇ АПАРАТУРИ ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Голуб Д.В., к.т.н., доц., Полюхович В.М.

Центральноукраїнський національний технічний університет

Сучасні ринкові відносини пред'являють високі вимоги до ефективності використання автомобільного транспорту, який бере участь у діяльності різних галузей промисловості, автотранспортні витрати включаються в вартість готової продукції. Зниження цих витрат, головним чином, за рахунок зменшення собівартості транспортних послуг безпосередньо впливає на економічні показники багатьох підприємств. Домогтися підвищення ефективності використання автомобільного транспорту можна за рахунок зниження витрат на пально-мастильні матеріали, які в окремих випадках можуть досягати 60% у структурі собівартості транспортних послуг.

Як правило, значний вплив на показники паливної економічності автомобілів здійснюють умови експлуатації, які включають в себе різні групи факторів, у тому числі дорожні умови експлуатації. У цій групі умов експлуатації одним із значущих за мірою впливу на зміну витрати палива автомобілів є такий фактор як тип і стан дорожнього покриття. Численні дослідження і досвід експлуатації показують, що витрата палива автомобілів збільшується на дорогах з перехідним і нижчими типами покриттів в порівнянні з дорогами з удосконаленими покриттями.

Як правило, для автомобілів різних марок і моделей ступінь зміни показників паливної економічності на дорогах IV–V категорій різна, що пояснюється їх конструктивними особливостями, однак, діюча в даний час методика нормування витрат палива недостатньо повно враховує різноманітність дорожніх умов експлуатації і різноманітні конструктивні рішення транспортних засобів. У результаті на практиці нормоване значення витрат палива може виявитися заниженим, так і завищеними, що негативно позначається на ефективності використання автомобільного транспорту. Раніше для вирішення завдань підвищення ефективності використання автомобілів в різних умовах експлуатації використовувалися як класична теорія автомобіля, так і теорія пристосованості автомобілів.

Основні наукові принципи роботи: механізм формування витрат палива автомобілі в залежно від типу і стану дорожнього покриття, заснований на принципах просторово-часової концепції; показники стану дорожнього покриття і ступеня завантаження транспортного засобу, наведені до універсальної 12-бальної шкали суворості, що дозволяє враховувати спільний вплив різних за своєю природою факторів умов експлуатації; показники пристосованості автомобілів до дорожнього покриття по витраті палива, що представляють собою величину зміни витрати палива в суворих умовах експлуатації в порівнянні зі стандартними умовами; визначено, що спільний вплив стану дорожнього покриття і ступеня завантаження автомобілів на

витрату палива описується двофакторною математичною моделлю пристосованості; виявлено розходження в рівнях пристосованості автомобілів до зміни стану дорожнього покриття, що свідчить про необхідність диференційованого коригування норм витрат палива при експлуатації автотранспортних засобів на дорогах IV–V категорій.

На першому етапі була розроблена загальна методика досліджень, об'єднує в собі як аналітичні роботи. Цільовою функцією дослідження є мінімізація витрат на паливо при експлуатації автомобілів на дорогах IV–V категорій. На наступному етапі дослідження з використанням положень просторово-тимчасової концепції була розроблена схема, що відображає механізм формування витрат палива автомобілів з різним завантаженням в залежності від типу і стану дорожнього покриття (рис. 1). Як видно з представленого малюнка, при експлуатації автомобілів на дорогах IV–V категорії витрата палива являє собою сукупність різних показників, в яку входять номінальна витрата палива, обумовлена конструктивними особливостями автомобіля і стандартними умовами експлуатації, а також додаткові витрати палива, які обумовлені зміною стану дорожнього покриття, збільшенням ступеня завантаження транспортного засобу, пристосованістю автомобіля до зміни дорожнього покриття і ступеня завантаження транспортного засобу. Іншими словами, збільшення витрати палива автомобіля пояснюється відхиленням умов експлуатації від стандартних значень, причому ступінь цього збільшення залежить від рівня пристосованості транспортного засобу.



Рисунок 1 – Механізм формування витрати палива автомобілів з різним завантаженням в залежності від типу і стану дорожнього покриття

Представлену на рис. 1 схему можна описати неявною залежністю:

$$Q = f(q_n, S_f, \Delta f, S_\gamma, \gamma), \quad (1)$$

де q_n – номінальне значення витрати палива; S_f – показник пристосованості автомобілів до зміни дорожнього покриття; Δf – показник, що характеризує тип і стан дорожнього покриття; S_γ – показник пристосованості автомобілів до зміни ступеня завантаження транспортного засобу; γ – показник, що характеризує ступінь завантаження транспортного засобу.

Враховуючи певні відмінності у значеннях коефіцієнта опору коченню для різних автомобілів на дорогах одного типу, запропоновано характеризувати тип і стан дорожнього покриття показником Δf , який являє собою величину збільшення коефіцієнта опору коченню на дорогах з різним покриттям і визначається за формулою:

$$\Delta f = f_\phi - f_0 \quad (2)$$

де f_ϕ – фактичне значення коефіцієнта опору коченню; f_0 – значення коефіцієнта опору коченню у стандартних умовах (мінімально можливе значення для певного автомобіля).

Очевидно, що в стандартних умовах (на прямій горизонтальній асфальтобетонній дорозі з відсутністю нерівностей) значення показника Δf буде дорівнювати нулю, тоді як в умовах, відмінних від стандартних, його значення буде збільшуватись. Визначити фактичне значення показника Δf можна експериментальним шляхом або з використанням відомих з теорії автомобіля залежностей. Для практичних розрахунків можна скористатися середніми значеннями коефіцієнта опору коченню, одержаними для різних доріг, які

представлені в спеціальних таблицях в науково-технічній літературі. Для можливості спільного обліку різних за своєю природою факторів умов експлуатації, їх порівняння і аналізу необхідно, щоб вони мали однакову розмірність і були приведені до єдиної шкали, яка, в свою чергу, повинна володіти універсальністю застосування. Таким критерієм відповідає 12-бальна шкала суворості, розроблена і використовується в роботі. З метою приведення показника Δf до універсальної шкалою суворості в рамках даної роботи був запропонований індекс стану дорожнього покриття h_f , значення якого змінюються від 0 R до 12 R, де R – безрозмірна одиниця вимірювання суворості (бал).

Значення індексу $h_f = 0$ R відповідає мінімальній суворості розглянутого фактору, тоді як $h_f = 12$ R – відповідає максимальній суворості. Для того щоб перевести значення показника Δf в безрозмірні бали суворості, пропонується використовувати такий вираз:

$$h_f = \frac{12 \cdot (\Delta f - \Delta f_{\min})}{\Delta f_{\max} - \Delta f_{\min}}, \quad (3)$$

де Δf – фактичне значення збільшення коефіцієнта опору коченню; Δf_{\min} – мінімально можливе значення збільшення коефіцієнта опору коченню; Δf_{\max} – максимально можливе значення збільшення коефіцієнта опору коченню.

Аналіз раніше виконаних досліджень в області визначення значень коефіцієнта опору коченню на дорогах з різним покриттям показав, що значення показника Δf змінюються в межах від 0 до 0,344. Відповідно рівняння (3) приймає вигляд:

$$h_f = 34,88 \cdot \Delta f, \quad (4)$$

Для оцінки суворості транспортних умов пропонується використовувати індекс суворості ступеня завантаження транспортного засобу h_γ , значення якого можна визначити за формулою:

$$h_f = 12 \cdot \gamma, \quad (5)$$

де γ – коефіцієнт використання вантажопідйомності. В ході подальших аналітичних досліджень було визначено, що на дорогах IV–V категорій значення індексу суворості h_f змінюються в межах від 0,07 до 1,25 R, тоді як значення індексу суворості h_γ .

В ході подальших аналітичних досліджень було визначено, що на дорогах IV – V категорій значення індексу суворості h_f змінюється в межах від 0,07 до 1,25 R, тоді як значення індексу суворості h_γ змінюється в діапазоні від 0 R (відсутність завантаження транспортного засобу) до 12 R (максимальне завантаження транспортного засобу). Для зручності практичного використання у відповідності з раніше виконаними роботами в області визначення суворості факторів умов експлуатації діапазон значень індексів h_f та h_γ були розділені на чотири типи інтервалу якості: помірний, помірно-суровий, суровий і дуже суровий табл. 1.

Таблиця 1 – Інтервали якості стану дорожнього покриття і степені завантаження транспортного засобу

Найменування інтервалу	Діапазон вимірювань значення показника Δf	Діапазон вимірювань значень індекса h_f , R	Діапазон вимірювань значень показника γ	Діапазон вимірювань значень індекса h_γ , R
Помірний	0,002-0,010	0,07-0,36	0,01-0,25	0,12-3,0
Помірно-суровий	0,011-0,019	0,37-0,66	0,26-0,50	3,12-6,0
Суровий	0,020-0,027	0,67-0,96	0,51-0,75	6,12-9,0
Дуже суровий	0,028-0,036	0,97-1,25	0,76-1,0	9,12-12,0

Наступний етап досліджень включав в себе розробку показників пристосованості автомобілів до зміни факторів умов експлуатації. Пристосованість являє собою властивість будь-якого автомобіля зберігати значення показників якості на номінальному рівні при відхиленні умов експлуатації від стандартних. Виходячи з цього визначення, можна зробити висновок, що пристосованість автомобіля починає проявляти себе при відхиленні показників факторів умов експлуатації від їх стандартних значень. Для оцінки впливу конструктивних особливостей автомобіля на зміну витрати палива автомобіля в спорядженому стані при русі по дорогах з покриттями

різного типу пропонується використовувати параметр чутливості S_f , який показує, на скільки зміниться витрата палива автомобіля в л/100 км при зміні показника приросту коефіцієнта опору коченню Δf на 0,001. Оскільки пристосованість автомобіля бере участь у формуванні лише додаткової витрати палива, то визначити фактичне значення параметра чутливості S_f можна наступним чином:

$$S_f = \frac{\Delta Q_f}{\Delta f \cdot 10^3} = \frac{q_{so} \cdot m_a \cdot g \cdot \Delta f}{10^3 \cdot \Delta f \cdot \eta_{mp}} = \frac{9,8 \cdot 10^{-3} \cdot q_{so} \cdot m_a}{\eta_{mp}}, \quad (6)$$

де ΔQ_f – додаткова витрата палива, обумовлена зміною стану дорожнього покриття, л/100 км; q_{so} – питома витрата палива, л/100 Нкм; m_a – маса автомобіля в спорядженому стані, кг; g – прискорення вільного падіння, 9,8 м/с²; η_{mp} – ККД трансмісії автомобіля.

Таким чином, значення параметра чутливості до автомобіля зміни стану дорожнього покриття S_f залежать від маси автомобіля в спорядженому стані, ККД трансмісії і величини питомої витрати палива q_{so} , яка в свою чергу залежить від типу використовуваного двигуна і застосовуваного палива. В ході аналітичних досліджень було визначено, що питома витрата палива q_{so} змінюється в межах від $7,6 \cdot 10^{-3}$ до $9,6 \cdot 10^{-3}$ л/100км для автомобілів з бензиновими двигунами і від $5,1 \cdot 10^{-3}$ до $5,7 \cdot 10^{-3}$ л/100 км для автомобілів з дизельними двигунами. Аналогічним чином були розроблені параметр чутливості автомобіля S_γ до зміни ступеня завантаження транспортного засобу по витраті палива і параметр чутливості автомобіля $S_{f\gamma}$ до сукупного зміни дорожнього покриття і ступеня завантаження транспортного засобу по витраті палива. Значення параметра чутливості S_γ можна визначити за формулою:

$$S_f = \frac{\Delta Q_f}{\gamma} = \frac{q_{so} \cdot m_a \cdot \gamma \cdot g \cdot f_a}{\gamma \cdot \eta_{mp}} = \frac{9,8 \cdot 10^{-3} \cdot q_{so} \cdot q_n \cdot f_a}{\eta_{mp}} \quad (7)$$

де ΔQ_γ – додаткова витрата палива, обумовлена зміною ступеня завантаження автомобіля, л/100 км; q_n – номінальна вантажопідйомність транспортного засобу, кг; f_a – коефіцієнт опору коченню автомобіля в стандартних умовах. Параметр чутливості S_γ показує, наскільки зміниться витрата палива автомобіля в л/100 км при повному завантаженні автомобіля, коли коефіцієнт використання вантажопідйомності γ дорівнює 1. Значення параметра чутливості $S_{f\gamma}$ визначаються наступним чином:

$$S_f = \frac{\Delta Q_f}{\Delta f \cdot \gamma \cdot 10^3} = \frac{q_{so} \cdot q_n \cdot \gamma \cdot g \cdot \Delta f}{10^3 \cdot \Delta f \cdot \gamma \cdot \eta_{mp}} = \frac{9,8 \cdot 10^{-3} \cdot q_{so} \cdot m_a}{\eta_{mp}} \quad (8)$$

За своїм фізичним змістом параметр чутливості $S_{f\gamma}$ показує, наскільки зміниться витрата палива автомобіля в л/100 км при одночасній зміні приросту коефіцієнта опору коченню на 0,001 і коефіцієнта використання вантажопідйомності на 1. Чим більше значення поданих параметрів чутливості, тим інтенсивніше буде змінюватися витрата палива автомобіля при відхиленні умов експлуатації від стандартних.

Для можливості оцінки рівня пристосованості автомобілів до зміни дорожнього покриття по витраті палива було запропоновано використовувати коефіцієнти пристосованості K_f і $K_{f\gamma}$. При цьому коефіцієнт K_f використовується

для оцінки пристосованості автомобілів в спорядженому стані, тоді як коефіцієнт K_{fy} використовується для визначення рівня пристосованості автомобілів з повним завантаженням.

Значення коефіцієнтів пристосованості K_f і K_{fy} можна визначити за формулами:

$$K_f = \frac{q_0}{q_\phi}; \quad (9)$$

$$K_{fy} = \frac{q_{0n}}{q_{\phi n}}, \quad (10)$$

де q_0 , q_{0n} – витрата палива автомобілів відповідно в спорядженому стані і з повним завантаженням в стандартних умовах, л/100 км; q_ϕ , $q_{\phi n}$ – витрата палива автомобілів відповідно в спорядженому стані і з повним завантаженням при максимальному значенні показника приросту коефіцієнта опору коченню на дорогах IV-V категорії.

Теоретично значення коефіцієнтів пристосованості K_f і K_{fy} змінюються в межах від 0 до 1. Чим ближче значення коефіцієнтів до нуля, тим нижче рівень пристосованості автомобіля, і навпаки, чим ближче значення коефіцієнтів до 1, тим рівень пристосованості вище.

У відповідності з виконаними раніше дослідженнями діапазони значень коефіцієнтів пристосованості K_f і K_{fy} були розбиті на три рівних інтервалу, що відповідає трьом рівням пристосованості автомобілів: низький, середній і високий (табл. 2 і 3). Розподіл автомобілів за тим або іншим рівнем пристосованості пояснюється їх конструктивними особливостями.

Таблиця 2 – Інтервали пристосованості автомобілів в спорядженому стані до зміни дорожнього покриття по витраті палива

Рівні пристосовуваності	Діапазон значень коефіцієнта пристосовуваності K_f	Середнє значення	Типові автомобілі
Низький	0,44 – 0,56	0,5	КамАЗ-65111,
Середній	0,56 – 0,68	0,62	КамАЗ-6520
Високий	0,69 – 0,8	0,74	МАЗ-5551, ГАЗ - 3302

Таблиця 3 – Інтервали пристосованості автомобілів з повним завантаженням до зміни дорожнього покриття по витраті палива

Рівні пристосовуваності	Діапазон значень коефіцієнта пристосовуваності K_{fy}	Середнє значення	Типові автомобілі
Низький	0,35 – 0,54	0,45	КамАЗ-65111,
Середній	0,55 – 0,74	0,64	КамАЗ-6520
Високий	0,75 – 0,95	0,85	МАЗ-5551, ГАЗ - 3302

Відповідність результатів експериментальних досліджень нормального закону розподілу перевірялося за допомогою критеріїв Колмогорова-Смірнова і Шапіро-Уилка. За експериментальними даними був побудований графік залежності витрати палива досліджуваних автомобілів від значень показника збільшення коефіцієнта опору коченню, який представлений на рис.2.

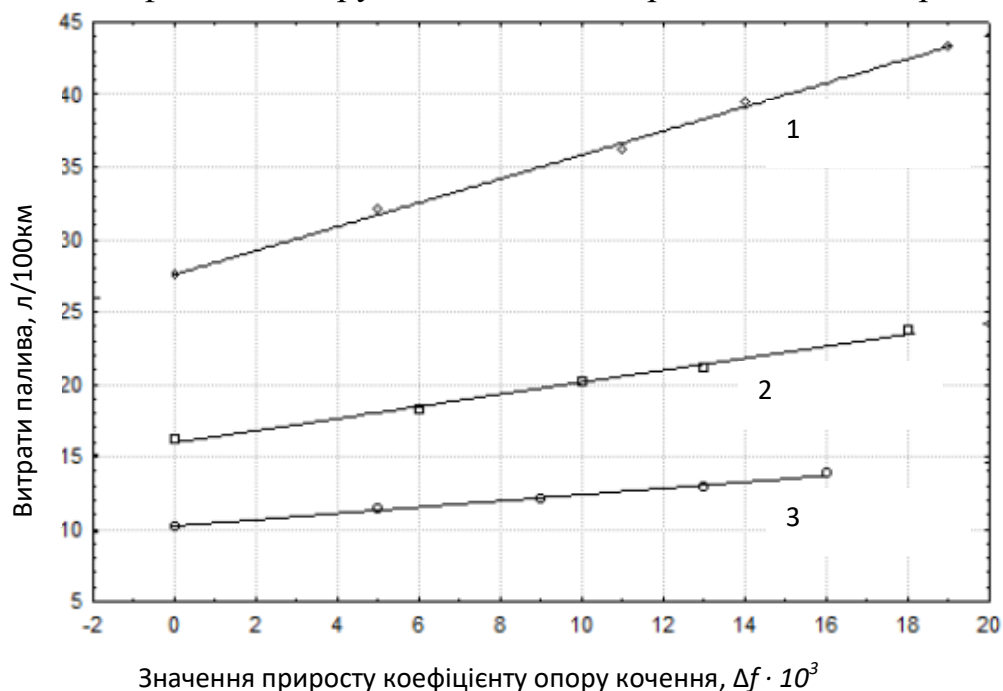


Рисунок 2 – Залежність витрати палива автомобілів в спорядженому стані від показника приросту коефіцієнта опору кочення: 1 – КамАЗ 6520-19, 2 – КамАЗ-43255, ГАЗ -3302

Кут нахилу прямих на графіку по відношенню до осі x відображає пристосованість автомобілів до зміни дорожнього покриття. Чим більше кут нахилу прямої, тим гірше пристосованість автомобіля. Як видно з рис. 2.3, найбільшою пристосованістю до зміни стану дорожнього покриття по витраті палива має автомобіль ГАЗ-3302, а найменшою КамАЗ-6520-19, що в основному пояснюється їх різними масами в спорядженому стані і типом приводу трансмісії. Значення витрати палива при $\Delta f=0$ є оптимальним значенням витрати палива в стандартних умовах. Аналіз експериментальних даних дозволив підтвердити гіпотезу про вигляд і математичної моделі пристосованості, що описує спільний вплив показника приросту коефіцієнта опору коченню і коефіцієнта використання вантажопідйомності на витрату палива автомобілів. Параметри математичних моделей і значення статистичних характеристик, що використовувалися при аналізі, для досліджуваних автомобілів наведено в табл. 4 і 5.

Таблиця 4 – Параметри математичної моделі витрати палива

Параметри	Чисельні значення параметрів математичної моделі для автомобілів		
	ГАЗ-3302	КамАЗ-43255	КамАЗ-6520-19
Оптимальна витрата палива $q(V)$, л/100 км	10,20	16,20	27,50
Параметри чутливості S_f , л/100 км	0,202	0,430	0,816
Параметри чутливості S_v , л/100 км	1,659	2,645	7,560
Параметри чутливості S_{fj} , л/100 км	0,155	0,421	1,260

Таблиця 5 – Значення статистичних характеристик запропонованої математичної моделі

Статистичні характеристики	Чисельні значення характеристик математичної моделі для автомобілів		
	ГАЗ-3302	КамАЗ-43255	КамАЗ-6520-19
Коефіцієнт детермінації	0,96	0,98	0,98
Коефіцієнт множинної кореляції	0,98	0,99	0,99
Розрахункове значення критерію Фішера $F_{спост}$	25,62	66,08	174,94
Середня помилка апроксимації, %	2,40	2,0	1,27

Адекватність запропонованої математичної моделі перевірялася на підставі порівняння розрахованих значень критерію Фішера F з табличними, а також за величиною середньої помилки апроксимації. Проведений аналіз показав, що запропонована математична модель адекватна, отже, підтверджується гіпотеза про те, що залежність витрати палива автомобілів від показника приросту коефіцієнта опору коченню і коефіцієнта використання вантажопідйомності описується двофакторною лінійною математичною моделлю пристосованості.

УДК 629.331

ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І ПОТОЧНОГО РЕМОНТУ АВТОМОБІЛІВ

Голуб Д.В., к.т.н., доц., Рябокучма Є.О., Іванов М.О.

Центральноукраїнський національний технічний університет

Аналіз методів обслуговування і ремонту автомобілів показав, що ступінь їх використання в АТП різний і це зумовлюється рядом об'єктивних і суб'єктивних факторів. До перших належать структура і чисельність рухомого складу, стан виробничо-технічної бази (ВТБ), кваліфікація ремонтно-обслуговуючого персоналу та ін., а до других – ставлення до методів ТО і ПР з боку керівництва АТП і т. д. Головне ж полягає в тому, що зберігається основний недолік попередніх систем – технічна політика на автомобільному транспорті будується на застарілій системі обслуговування і ремонту за напрацюванням автомобілів із зазначенням певного переліку робіт під час ТО-1 і ТО-2 і при недосконалих методиках класифікації умов експлуатації та коригування нормативів на технічні обслуговування. Особливо це стосується питань діагностики.

Враховуючи значний розвиток у країні протягом майже трьох останніх десятиріч теоретичних досліджень з діагностики і активне впровадження в АТП практичних розробок діагностичного устаткування, можна було очікувати прояву нової тенденції і в основоположному документі для працівників автотранспорту. Проте питання діагностики в «Положенні» дістали декларативне вираження, зокрема не було подано конкретних нормативів періодичності і працездатностей діагностування. Крім того, в ньому зазначено, що контроль (діагностування) є технологічним елементом технічного обслуговування і ремонту рухомого складу. На думку авторів, діагностування є важливим елементом усієї системи управління технічним станом автомобілів.

Ще одним недоліком існуючих методів ТО і ремонту згідно з «Положенням» є використання середньостатистичних норм пробігів і працездатностей на кожний конкретний автомобіль. Передбачені для компенсації даного недоліку коефіцієнти не можуть повністю розв'язати цього питання, оскільки ними не враховується вся різноманітність умов експлуатації, та й самі умови експлуатації для багатьох автомобілів не лишаються сталими іноді навіть протягом одного робочого дня. На технічний стан автомобілів можуть істотно впливати якість запасних частин та інших експлуатаційних матеріалів, кваліфікація і практичні навички водіїв, обсяг виконаної транспортної роботи та інші фактори, не враховані коефіцієнтами.

У різних АТП застосовують три тактики технічного обслуговування і ремонту рухомого складу: за напрацюванням, за станом і мішану, що поєднує в собі елементи перших двох, які базуються на принципово відмінних ідеологіях - середньостатистичній і діагностичній. Перша наближена. Вона придатна для планування і зовсім не прийнятна для кожного автомобіля зокрема. Друга точніша. Вона базується на індивідуальному підході до транспортних засобів. За її даними можна мати будь-які середньостатистичні показники, а тому

діагностична ідеологія більш загальна і інформативніша. Вона відрізняється від середньостатистичної і структурним змістом. Замість традиційних технічних обслуговувань ЩО, ТО-1, ТО-2 та ПР, кожне з яких базується в різних співвідношеннях на обов'язкових, контрольно-діагностичних, регулювальних і ремонтних операціях, введено три види інтегральних обслуговувань, які включають у себе всі обов'язкові роботи, контрольно-діагностичні і всі роботи по усуненню виявлених несправностей.

Обидві ідеології мають позитивні і негативні особливості. Середньостатистична простіша за формою, але через значні затрати на підтримання автомобілів у працездатному стані її застосовують тільки для спеціальних машин, окремих вузлів та механізмів, від яких і залежить безпека руху. При застосуванні цієї ідеології значна частина ресурсу агрегатів не використовується. Якість виконуваних робіт внаслідок незадовільного контролю низька. Збільшується витрата запчастин, палива та інших матеріалів.

Мінімізація трудових і матеріальних затрат при заданому (розрахунковому) рівні експлуатаційної надійності рухомого складу забезпечується тільки за умови реалізації на практиці суворо індивідуального підходу до кожного автомобіля, його агрегатів під час визначення фактичного технічного стану і виконання ремонтних робіт в міру потреби.

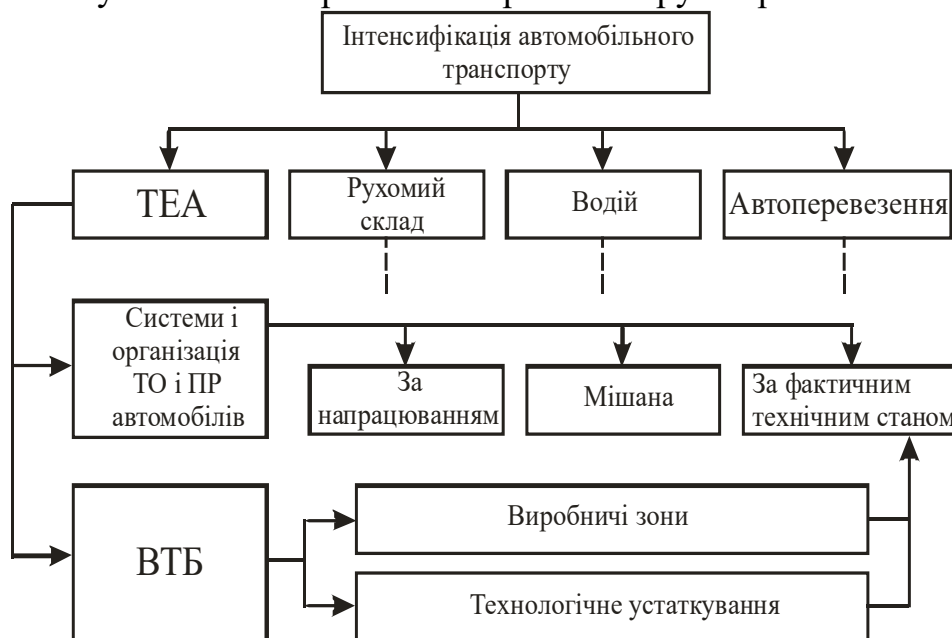


Рисунок 1 – Фрагмент схеми інтенсифікації автомобільного транспорту за управлінням технічного стану рухомого складу

На рис. 1 наведено фрагмент схеми основних напрямів інтенсифікації автомобільного транспорту і способів їх реалізації. Важливу роль відведено вдосконаленню технічної експлуатації автомобілів (ТЕА), до якої належать: система та організація ТО і ремонту, ВТБ, ефективність роботи персоналу, система постачання і резервування, рухомий склад і умови експлуатації.

Технічне обслуговування і ремонт автомобілів в АТП мають виконуватись за умови організації замкнутої системи управління (регулювання) із зворотним зв'язком, що складається з об'єкта управління, датчика, органу

управління та виконавчого органу. Якщо в даній системі здійснюється лише одна функція - контроль (об'єкт - датчик - керуючий орган) або управління (керуючий орган - виконавчий орган - об'єкт), то система буде розімкнута, що характерно для багатьох АТП, які не мають відповідної ВТБ і не забезпечені необхідною інформацією про технічний стан автомобілів.

На відміну від розглянутої раніше система обслуговування і ремонту автомобілів залежно від фактичного стану розподіляється на три види робіт (рис.2): обов'язкові профілактичні роботи (ОР), контрольно-діагностичні роботи і прогнозування ресурсу працездатності (Д) й усунення несправностей (УН) [7]. ОР та Д - планові, УН - профілактичні. Обов'язкові роботи (кріпильні, мастильні, заправні та очисні) поділяються на ОР-1 (залежно від обсягу ТО-1) та ОР-2 (залежно від обсягу ТО-2), діагностичні - на Д-1 та Д-2.

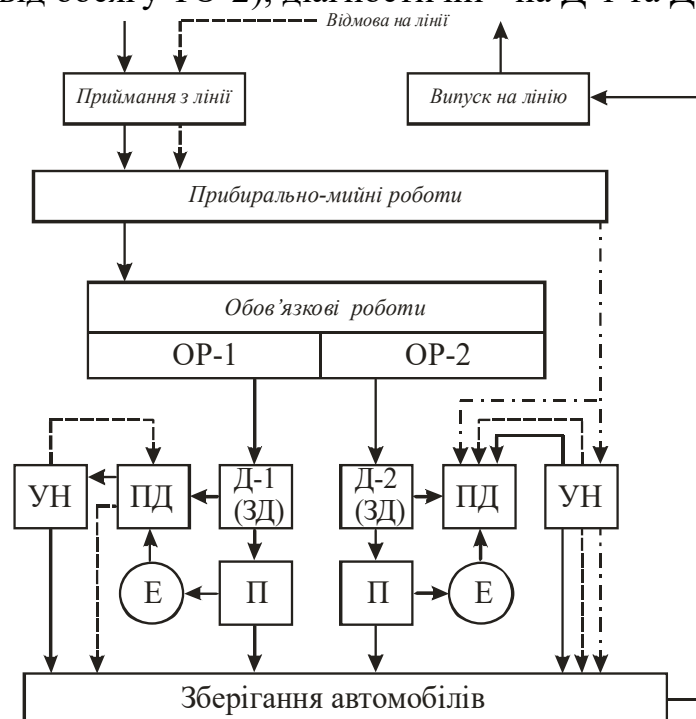


Рисунок 2 – Система ТО і ПР автомобілів залежно від технічного стану (система ОР-Д - УН)

Суцільною лінією позначено основний технологічний маршрут, штриховою - можливий технологічний маршрут.

До контрольно-діагностичних належать такі роботи: загальне діагностування (ЗД) – оцінка працездатності автомобіля (агрегату, системи); поглиблене діагностування (ПД) – виявлення і локалізація дефектів, що спричинили непрацездатний стан об'єкта діагностування; прогнозування (П) залишкового ресурсу працездатного стану за узагальнюючим діагностичним параметром.

Під час Д-1 виконується ЗД систем, агрегатів та приладів, які впливають на безпеку руху; під час Д-2 – ЗД всіх систем та агрегатів автомобіля, що визначають його працездатність. Залежно від результатів ЗД під час Д-1 та Д-2 провадиться П або ПД тієї системи, яка перебуває в непрацездатному стані.

Крім того, в разі потреби поза планом виконують; D_p – заявочне ПД системи (агрегату і т.п.), в якій сталася відмова під час експлуатації; D_k – вибіркове контрольне ЗД системи (агрегату) після УН. До УН належать регулювання, заміни та інші заходи, виконувані для - відновлення працездатності об'єкта (автомобіля, агрегату, системи тощо).

Технологічний процес в разі організації системи обслуговування і ремонту залежно від технічного стану (системи ОР - Д - УН) будується так (рис. 2). Автомобіль, який надходить на планове обслуговування, піддають ОР та ЗД (Д-1 або Д-2). Якщо результат ЗД позитивний, тобто автомобіль працездатний, виконують П, щоб встановити, чи збережуть усі узагальнюючі параметри допустимі значення до наступного планового ЗД. В разі позитивного прогнозу автомобіль ставлять на стоянку, а в разі негативного диспетчер виробництва планує ПД і УН для даного автомобіля т найближчий зручний день, до якого триває експлуатація автомобіля (Е).

Якщо під час ЗД виявлено непрацездатний стан бодай за одним параметром, виконують ПД систем (агрегатів, приладів), параметри яких вийшли за допустимі межі, встановлюють відповідне завдання і автомобіль переводять у зону УН (якщо дефект не впливає на безпеку руху, автомобіль може працювати до моменту постановки його на УН). Якщо необхідне значення параметра працездатності не гарантується технологією виконання УН, то після завершення УН автомобіль знову надходить у зону діагностики для контрольного діагностування, а в окремих випадках і для остаточного регулювання.

У випадку відмови на лінії автомобіль в разі потреби ставлять у зону діагностики, де поглибленим діагностуванням уточнюють причину відмови, після чого автомобіль переміщують у зону УН для виконання ремонту. Відремонтований автомобіль може бути повернутий у зону Д для контрольного діагностування Дк.

Іноді одночасно з УН виконують операції ОР, а разом з Дк - операції ЗД. Якщо зона діагностики має резерв робочого часу, окремі операції УН можна виконувати безпосередньо на постах цієї зони (наприклад, регулювання гальмових механізмів, систем живлення і запалювання, кутів установа фар). Не допускається виконувати в зоні діагностики операції УН, пов'язані з тривалими простоями несправних автомобілів.

УДК 629.331

ВДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ТО ХОДОВОЇ ЧАСТИНИ АВТОБУСІВ

Аулін В.В., д.т.н., проф., Пархотюк М.О.

Центральноукраїнський національний технічний університет

Однією з головних стратегій розвитку автомобілебудування є підвищення вимог до безпеки руху засобів транспорту з використанням досягнень вітчизняної і світової науки. Для її реалізації під час експлуатації автобусів необхідно проводити обслуговування, нормувати і прогнозувати їхній ресурс. Це дає можливість підвищити ефективність експлуатації і зменшити собівартість технічного обслуговування.

Великі складності виникають при дослідженні процесу зношування шин. Інтенсивність зношування і технічний стан шин на 80...90% залежить від умов експлуатації, вплив яких дуже складно оцінити.

На думку провідних вчених, необхідно розробляти засоби для технічного обслуговування, що дозволять підвищити ефективність використання ресурсу автобусів. Також виникає необхідність прогнозувати та забезпечувати заданий рівень технічного стану елементів ходової частини.

Вирішення проблеми ефективного використання ресурсу шин автобусів вимагає сформуванню єдиного підходу до їхнього обслуговування за фактичним технічним станом. Встановлення залежності залишкової висоти рисунка протектора від пробігу дасть розробити новий підхід до управління ресурсом шин шляхом контролю процесу їх зношування. Це дозволить збільшити пробіги автобусів, підвищити безпеку їхнього руху, зменшити простої та собівартість перевезень.

Інтенсивність зношування шин має сезонний характер і знижується на 25-30% восени та взимку, оскільки кліматичні умови впливають на величину дотичних напружень, при яких починається проковзування елементів протектора, змінюються фізико-механічні властивості гуми, в процесі експлуатації шин зі зниженим тиском на 20...50% скорочується їх ресурс на 15...20%. Крім того, якщо до 20% збільшується навантаження на шину, то на 30% збільшується її знос.

Залежно від завантаження та розподілу ваги за осями, як зазначає фірма Michelin, перевантаження шини автобуса на 10% призводить до скорочення її ресурсу на таку ж величину, перевантаження на 50% – на 60%; невідрегульовані кути установки коліс, невідповідний вибір шин і відхилення тиску повітря в шинах від нормативного призводить до збільшення витрат палива на 15%.

Виявлено недосліджену раніше форму зносу – оперізуючий, віддалений від плечової зони на 35-40 мм знос шин (5-10%). Такий знос спостерігається на шинах марки Michelin XZY-2 керованих коліс автобусів MA3-206 здебільшого з підвищеною жорсткістю боковини. Аналізом встановлено:

– розподіл форми зносу шин (рис. 1, а) шляхом постійного контролю залишкової висоти рисунка протектора, види їх ушкоджень (рис. 1, б);

– шини марки Michelin XDY-3 і Michelin XZY-2, або відновлені на каркасах фірм Michelin, Bridgestone, Goodyear забезпечують більшу стійкість до зовнішніх чинників (2-3% – списання через ушкодження і неможливість подальшого відновлення шин вантажних автомобілів);

– шини марки Continental HDC-1 при експлуатації мають невеликі локальні розриви і руйнування каркасу при незначному перевищенні навантаження (фіксувалися при пробігу 14 тис. км); 7% – фактичний ресурс шин збігався з нормативним;

– шини марки Belshina ID-304 достатньо якісні, природний знос спостерігався у 85% досліджених шин, у 2-5% – передчасний знос;

– шини марки КАМА ID-304 мають низьку опірність зовнішнім пошкодженням (порізи, розриви, вириви ламелей протектора. Спостерігалися відмови внаслідок порушень технології виготовлення – непровари, обрив кільця).

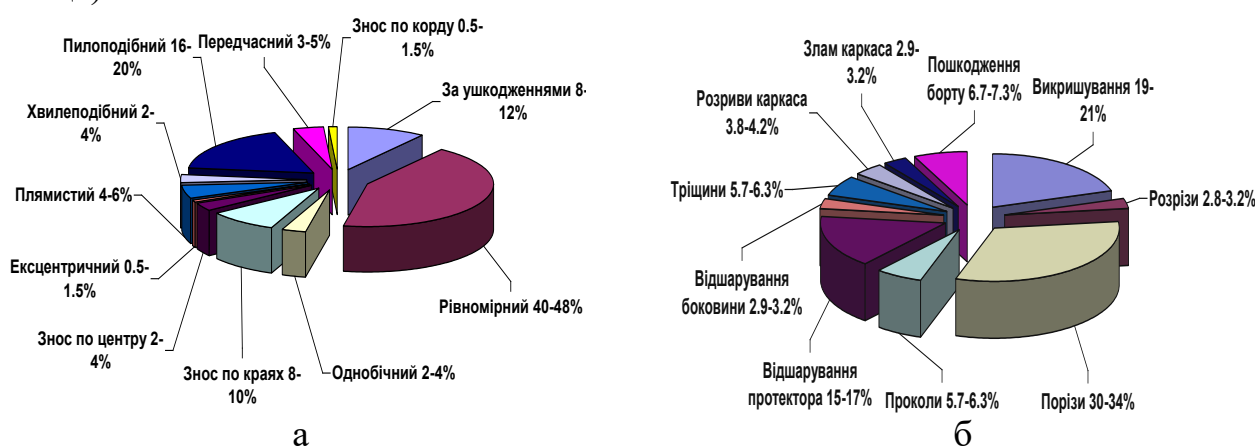


Рисунок 1 – Розподіли: а – форми зносу; б – види ушкоджень

Моделювання динамічних процесів в шині й підвісці дозволило виявити, що:

а) динамічна складова навантаження на шину виникає при подоланні вертикальних перешкод, різкому гальмуванні й наборі швидкості; її величина залежить від швидкості руху, висоти перешкоди і демпфуючих властивостей функціональних елементів підвіски, що досягає й перевищує величину статичного навантаження;

б) збільшення навантаження на шину і тривалість перехідних процесів залежить від характеристик функціональних елементів підвіски, форми контактуючих поверхонь і призводить до збільшення контактних і дотичних напруг, проковзування, що безпосередньо впливає на інтенсивність зношування та її розрахунок;

в) динамічна складова залежить від якості дорожнього покриття і категорії експлуатації та введена в розрахунок нормативного ресурсу статистичним коефіцієнтом впливу;

г) перевантаження шин від паспортних значень внаслідок дії динамічних процесів враховується при призначенні нормативного ресурсу відповідним

коефіцієнтом коригування, що враховує усереднену величину перевантаження та його тривалість.

Розроблено комплекс засобів для призначення нормативного ресурсу шин. Перша складова комплексу – призначення нормативного ресурсу шин за системою коригуючих коефіцієнтів. Пропонується розраховувати ресурс (N) шин:

$$L = L_{\text{норм}} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \cdot k_7, \text{ тис. км}; \quad (1)$$

де $N_{\text{норм}}$ – норма середнього ресурсу шин (згідно з даними виробника шин або автопідприємства), тис. км; k_1 – коефіцієнт, що залежить від дорожньо-кліматичних умов і враховує тип дорожнього покриття, поздовжній похил дороги і ступінь хімічного забруднення; k_2 – коефіцієнт, що враховує пробіг вантажного автомобіля в особливих умовах (будівельні майданчики, кар’єрні розробки); k_3 – коефіцієнт, що залежить від режиму роботи колеса; k_4 – коефіцієнт, що залежить від швидкісного перевантаження шин вантажних автомобілів; k_5 – коефіцієнт, що залежить від відхилення внутрішнього тиску в шинах від нормативних значень; k_6 – коефіцієнт, що залежить від співвідношення пробігу у межах міста до загального, що дозволяє врахувати інтенсивність зношування за рахунок прискорень і гальмувань; k_7 – коефіцієнт, що залежить від коефіцієнта використання вантажності k_6 відносно оптимальної вантажності автомобілів з урахуванням динамічної складової.

Коефіцієнти коригування вибираються за спеціально розробленими таблицями, що базуються на експериментальних дослідженнях зношування шин автобусів та експертному методі, і обчислюються шляхом визначення частки від поділу фактичного пробігу на базовий середній:

$$k_i = \frac{L_{\text{факт}j}}{L_{\text{норм}j}}, \quad (2)$$

де k_i – коефіцієнт коригування ($i = 1, 2, \dots, 7$); $L_{\text{факт}}$, $L_{\text{норм}}$ – відповідно фактичний і нормативний пробіг шин автобуса, тис. км ($j = 1, 2, \dots, n$).

Програмне забезпечення системи управління ресурсом шин базується на створенні й використанні баз даних:

- нормативи ресурсу шин за даними виробників і державними рекомендаціями;
- базові й уточнені коефіцієнти коригування;
- статистичні дані ресурсу;
- результати постійного контролю залишкової висоти рисунка протектора, на підставі яких робиться висновок про форму й інтенсивність зношування, що пов'язані з технічним станом елементів ходової частини вантажних автомобілів.

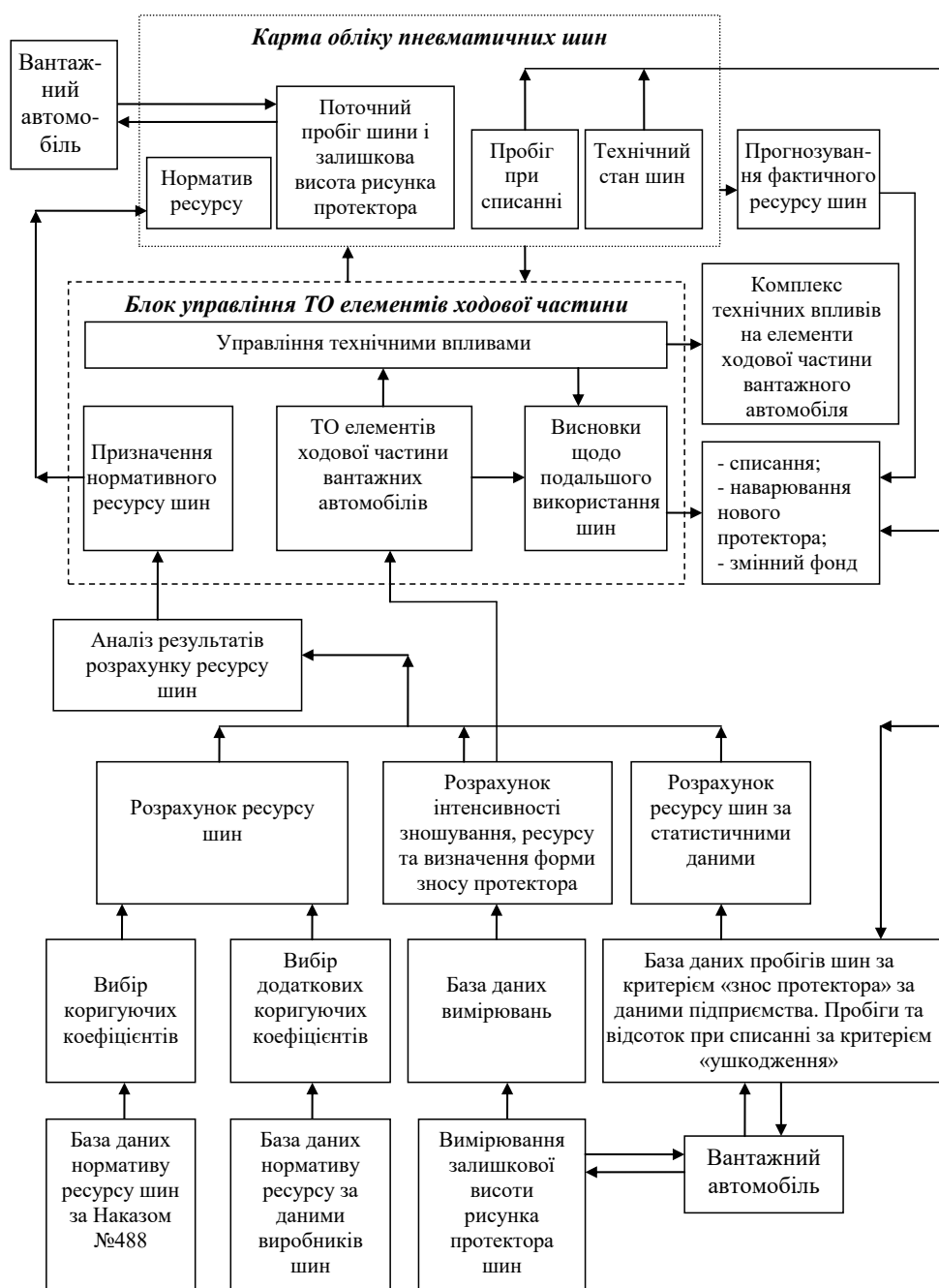


Рисунок 2 – Система управління ресурсом шин автобусів

Отже, управління ресурсом шин засобів транспорту забезпечує:

- визначення нормативного ресурсу шин на базі експериментальних даних контролю залишкової висоти рисунка протектора;
- прогнозування γ -відсоткового ресурсу шин за статистичними даними обґрунтованої вибірки та даними постійного контролю процесу їх зношування з визначенням інтенсивності;
- збільшення ресурсу шин за рахунок удосконалення системи ТО елементів ходової частини за фактичним технічним станом;
- зменшення відсотка дострокових відмов шин за критерієм «пошкодження» за рахунок виключення їх з експлуатації при досягненні зони критичного зносу;

- ефективного використання ресурсу шин за рахунок постійного контролю залишкової висоти рисунка протектора.

Таким чином, у науковому розділі магістерської роботи вирішено актуальне завдання – управління ресурсом шин автобусів шляхом удосконалення постійного контролю залишкової висоти рисунка протектора, прогнозування терміну їх заміни та коригування їх нормативного ресурсу залежно від умов експлуатації, що дозволить підвищити ефективність використання ресурсу шин. В результаті виконаної роботи отримані наступні основні результати:

- Аналіз експлуатації шин автобусів показав актуальність досліджень, тому що їх фактичний ресурс суттєво відрізняється від нормативного, оскільки інтенсивність зношування протектора на 90% залежить від умов експлуатації. Визначено, що при розрахунку ресурсу шин недостатньо враховуються фактичні експлуатаційні чинники через недосконалість розрахункових методик і системи ТО елементів ходової частини вантажних автомобілів.

- Проаналізовано основні експлуатаційні чинники, що впливають на ресурс шин. Визначено, що найбільш значимими є експлуатаційні чинники: особливі умови експлуатації, дорожньо-кліматичні умови, використання вантажності автомобілів, їх експлуатація в містах і населених пунктах.

- На основі комплексного аналізу запропоновано загальний підхід щодо послідовності проведення аналітичних, статистичних та експериментальних досліджень фактичного ресурсу шин і процесу зношування їх протектора, встановлено їхній зв'язок із ТО за фактичним технічним станом елементів ходової частини. Узагальнений підхід забезпечує ефективне використання ресурсу шин автобусів.

- Визначено інтенсивність зношування шин автобусів: при припрацюванні – на перших 1,5-2,0 тис. км становить до 1,0 мм/1000 км; до 10,0 тис. км – 0,15-0,2 мм/1000 км; на етапі сталого зношування – 0,08-0,1 мм/1000 км; в зоні критичного зносу – 0,08-0,2 мм/1000 км (для шин керованих коліс) і 0,04-0,25 мм/1000 км (для шин ведучих коліс).

- Запропоновано методика дослідження фактичного ресурсу шин з урахуванням контролю процесу зношування протектора. Експериментальним дослідженням процесу зношування встановлено, що більше 40% шин зношуються рівномірно під час експлуатації, 20% – мають однобічний або пилкоподібний знос. Встановлено зв'язок форми зносу шин із несправностями елементів ходової частини автобусів.

- Удосконалено методика визначення нормативного ресурсу шин на підставі системи коригуючих коефіцієнтів, яка враховує: режим роботи колеса; режим швидкісного навантаження; відхилення від нормативного внутрішнього тиску в шині; використання пасажиромісткості.

УДК 629.331

ВДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ТО МЕХАНІЗМУ КЕРУВАННЯ АВТОМОБІЛІВ

Лисенко С.В., к.т.н., доц., Огієвич М.В.

Центральноукраїнський національний технічний університет

Для механічної системи автомобіля в цілому припускаємо, що рух відбувається тільки в площині x_0y_0 .

Рівняння руху центру мас автомобіля, в осях тригранника $Sx_0y_0z_0$ запишемо у вигляді

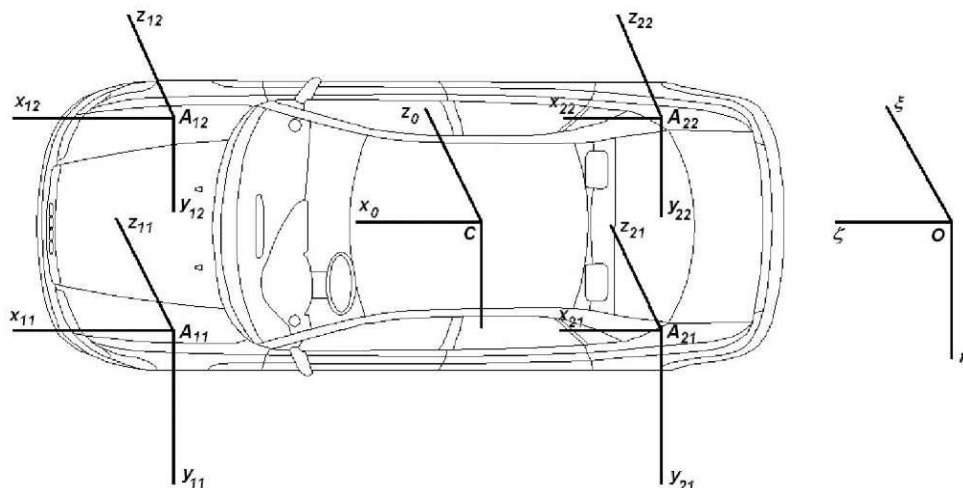


Рисунок 1 – Системи координат різних локальних областей автомобілів

$$M \frac{dV_x}{dT} = \sum_{i,j=1}^2 P_{ijx} + MV_y \Omega_z + F_{ax}, \quad (1)$$

$$M \frac{dV_y}{dT} = \sum_{i,j=1}^2 P_{ijy} + MV_x \Omega_z + F_{ay}, \quad (2)$$

$$M \frac{dV_z}{dT} = \sum_{i,j=1}^2 N_{ij} - Mg. \quad (3)$$

Тут T – час, M – повна маса автомобіля з колесами, (V_x, V_y, V_z) – проекції на осі $Sx_0y_0z_0$ відповідно векторів абсолютної швидкості точки C , Ω_z – проекція на вертикальну вісь абсолютною кутовою швидкості тригранника $Sx_0y_0z_0$, Mg – сила тяжіння, $(P_{ijx}, P_{ijy}, N_{ij})$ – проекції контактної сили і нормальна реакція, $MV_y \Omega_z, -MV_x \Omega_z, 0$ – проекції сил інерції, (F_{ax}, F_{ay}) – проекції аеродинамічної сили.

Рівняння зміни кінетичного моменту автомобіля в цілому відносно точки C в проекціях на осі тригранника $Sx_0y_0z_0$ при відсутності відриву коліс від дороги мають вигляд:

$$I_x \frac{d\Omega_x}{dT} = [(N_{11} - N_{21}) - (N_{12} - N_{22})]B - \left(\sum_{i,j=1}^2 P_{ijy} \right)Z - \sum_{j=1}^2 I_{1j} [\dot{\Omega}_{1j} \sin \Theta + \dot{\Omega}_{1j} \dot{\Theta} \cos \Theta - \Omega_{1j} \Omega_z \cos \Theta] \quad (4)$$

$$I_y \frac{d\Omega_y}{dT} = [(N_{21} - N_{22}) \cdot A_2 - (N_{12} - N_{22})] \cdot A_1 - \left(\sum_{i,j=1}^2 P_{ijx} \right)Z - \sum_{j=1}^2 I_{1j} [\dot{\Omega}_{1j} \cos \Theta - \dot{\Omega}_{1j} \dot{\Theta} \sin \Theta + \Omega_{1j} \Omega_z \sin \Theta] - \sum_{j=1}^2 I_{2j} \dot{\Omega}_{2j}, \quad (5)$$

$$I_z \frac{d\Omega_z}{dT} = [(P_{12x} + P_{22x}) - (P_{11x} - P_{21x})]B + (P_{11y} + P_{12y})A_1 - (P_{21y} + P_{22y})A_2 \quad (6)$$

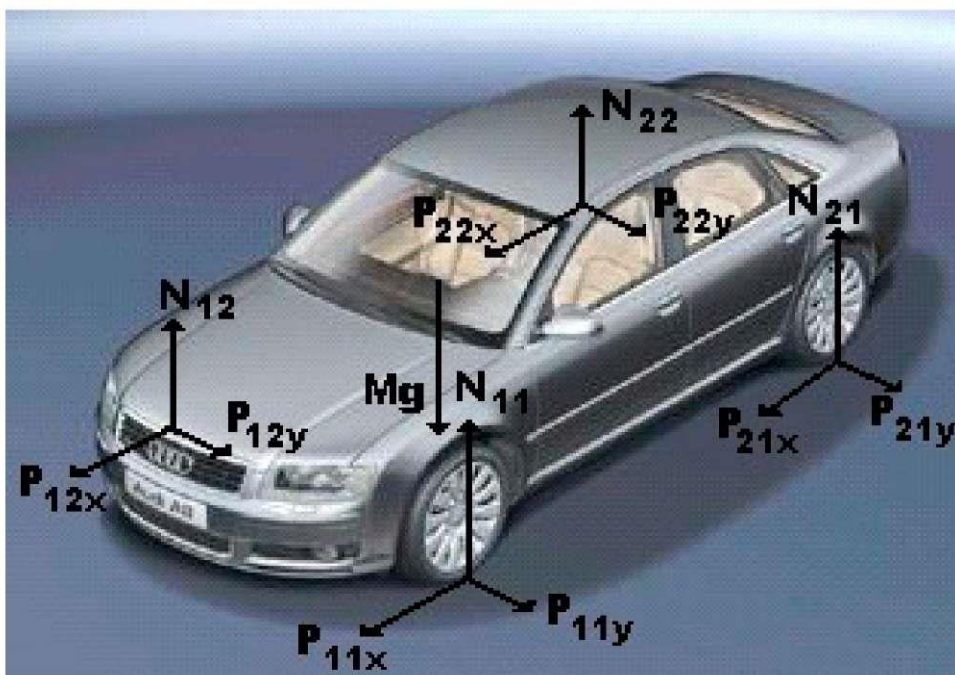


Рисунок 2 – Сили діючі на автомобіль

Тут враховувалося, що $\vec{k}_{ij} = (I_{ij}\Omega_{ij} \sin \Theta, I_{ij}\Omega_{ij} \cos \Theta, 0)^T$ – кінетичний момент колеса.

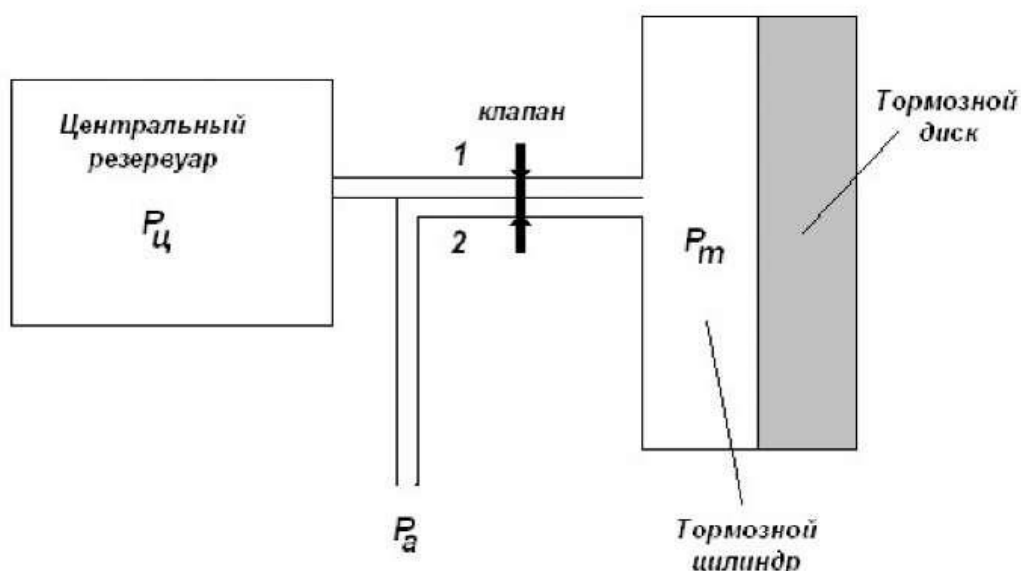
Враховується, що швидкість зміни кінетичного моменту колеса дорівнює:

$$\frac{d\vec{k}_{ij}}{dt} = \begin{pmatrix} I_{ij}\dot{\Omega}_{ij} \sin \Theta + I_{ij}\dot{\Omega}_{ij} \dot{\Theta} \cos \Theta - I_{ij}\Omega_{ij}\Omega_z \cos \Theta \\ I_{ij}\dot{\Omega}_{ij} \cos \Theta + I_{ij}\Omega_{ij} \dot{\Theta} \sin \Theta - I_{ij}\Omega_{ij}\Omega_z \sin \Theta \\ 0 \end{pmatrix} \quad (7)$$

і нехтує зміною розвалу коліс.

Зміною кінетичного моменту в результаті руху центру мас колеса при повороті навколо осі будемо нехтувати внаслідок його меншості.

Пневматична гальмівна система, (показана на рисунку 2.7) має резервуари двох типів : центральний резервуар і робочі гальмівні циліндри, до кожного робочого циліндра веде два трубопроводи: один (1) веде з центрального резервуару в гальмівний циліндр, а інший (2) з гальмівного циліндра в атмосферу. Розглянемо систему, в якій встановлений один клапан, який відкриває і закриває поперемінно кожен трубопровід. (Коли 1 відкритий - 2 закритий (заповнення) і коли 1 закритий - 2 відкритий (випуск)).



Рисунк 3 – Модель гальмівної системи

Передбачається, що момент гальмівних сил пропорційний тиску в гальмівному циліндрі і спрямований проти кутової швидкості обертання колеса

$$L_{ij} = -K_L P_{m_{ij}} \text{sign} \Omega_{ij}. \quad (8)$$

Використовуємо наближену модель зміни тиску в гальмівному циліндрі у вигляді динамічної ланки першого порядку.

$$\begin{cases} T_{e_{in}} \frac{dP_{m_{ij}}}{dT} + P_{m_{ij}} = P_{\text{ц}} (T + \Delta t_b) \\ T_{e_{in}} \frac{dP_{m_{ij}}}{dT} + P_{m_{ij}} = P_a \end{cases} \quad (9)$$

де $P_{m_{ij}}$ – тиск на кінці трубопроводу, а T_e – постійна часу трубопроводу і Δt_b – запізнювання в часі внаслідок руху поршня.

Динамічні рівняння:

$$\begin{aligned}
 M \frac{dV_x}{dT} &= \sum_{i,j=1}^2 P_{ijx} + MV_y \Omega_z + F_{ax} \\
 M \frac{dV_y}{dT} &= \sum_{i,j=1}^2 P_{ijy} + MV_x \Omega_z + F_{ay}
 \end{aligned} \tag{10}$$

$$M \frac{dV_z}{dT} = \sum_{i,j=1}^2 N_{ijz} - Mg$$

$$\begin{aligned}
 I_x \frac{d\Omega_x}{dT} &= [(N_{11} + N_{21}) - (N_{12} + N_{22})]B - \left(\sum_{i,j=1}^2 P_{ijy} \right)Z - \\
 &- \sum_{j=1}^2 I_{1jy} \left[\dot{\Omega}_{1jx} \sin \Theta_{1j} + \Omega_{1jx} \cos \Theta_{1j} - \Omega_{1jx} \Omega_z \cos \Theta_{1j} \right] \\
 I_y \frac{d\Omega_y}{dT} &= [(N_{21} + N_{22})A_2 - (N_{11} + N_{12})]A_1 - \left(\sum_{i,j=1}^2 P_{ijx} \right)Z -
 \end{aligned} \tag{11}$$

$$\begin{aligned}
 &- \sum_{j=1}^2 I_{1jy} \left[\dot{\Omega}_{1jy} \cos \Theta_{1j} - \Omega_{1jy} \dot{\Theta}_{1j} \sin \Theta_{1j} + \Omega_{1jy} \Omega_z \sin \Theta_{1j} \right] - \sum_{j=1}^2 I_{2jy} \dot{\Omega}_{2jy} \\
 I_z \frac{d\Omega_z}{dT} &= [(P_{12r} + P_{22r}) - (P_{11x} + P_{21x})]B + (P_{11y} + P_{12y})A_1 - (P_{21y} + P_{22y})A_2
 \end{aligned}$$

Кінематичні рівняння:

$$\begin{aligned}
 \frac{dX}{dT} &= V_x \cos \psi - V_y \sin \psi \\
 \frac{dY}{dT} &= V_x \sin \psi + V_y \cos \psi \\
 \frac{dZ}{dT} &= V_z \\
 \frac{d\psi}{dT} &= \Omega_z
 \end{aligned} \tag{12}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{d\gamma}{dT} &= \Omega_x \\
 \frac{d\vartheta}{dT} &= \Omega_y
 \end{aligned} \tag{13}$$

$$\begin{aligned}
 P_{11x_0} &= P_{11x} \cos \Theta_{11} - P_{11y} \sin \Theta_{11}, \\
 P_{11y_0} &= P_{11x} \sin \Theta_{11} + P_{11y} \cos \Theta_{11}, \\
 P_{12x_0} &= P_{12x} \cos \Theta_{12} - P_{12y} \sin \Theta_{12}, \\
 P_{12y_0} &= P_{12x} \sin \Theta_{12} + P_{12y} \cos \Theta_{12},
 \end{aligned} \tag{14}$$

$$P_{21x_0} = P_{21x}, P_{21y_0} = P_{21y}, P_{22x_0} = P_{22x}, P_{22y_0} = P_{22y}$$

Вертикальні коливання:

$$m_A \frac{d^2 z_{Aij}}{dT^2} = N_{ij} + C_{jz} \Delta z_{ij} + R_j \frac{d\Delta z_{ij}}{dT} \tag{15}$$

Рівняння обертального руху колеса:

$$I_j \frac{d\Omega_{ijy}}{dT} = -P_{ijx} (R - \check{\zeta}_{ij}) + L_{ij} \tag{16}$$

Рух контактної елементу:

$$\begin{aligned}
 M_c \frac{d}{dt} (V_x + \Omega_{ij} R + \check{\xi}_{ij}) &= -C_x \frac{d\check{\xi}_{ij}}{dT} - K_x \check{\xi}_{ij} + P_{ijx} \\
 M_c \frac{d}{dt} (V_g + \check{\eta}_{ij}) &= -C_y \frac{d\check{\eta}_{ij}}{dT} - K_g \check{\eta}_{ij} + P_{ijy} \\
 0 &= -C_z \frac{d\check{\zeta}_{ij}}{dT} - K_z \check{\zeta}_{ij} + N_{ij}
 \end{aligned} \tag{17}$$

Контактна сила:

$$\begin{aligned}
 P_{xij} &= -v N_{ij} \frac{s_{xij}}{s_{ij}} \varphi(s_{ij}), \\
 P_{yij} &= -v N_{ij} \frac{s_{yij}}{s_{ij}} \varphi(s_{ij}), \\
 s_{xij} &= \frac{V_x - \Omega_{yij} R + \check{\xi}_{ij}}{V_x} \\
 s_{yij} &= \frac{V_{Ayij} + \check{\eta}_{ij}}{V_{Axij}} \\
 s_{ij} &= \sqrt{s_{xij}^2 + s_{yij}^2}
 \end{aligned} \tag{18}$$

Модель гальмівної системи:

$$L_{ij} = -K_L P_{mij} \text{sign} \Omega_{ij} \tag{19}$$

$$\begin{cases} T_{e_{in}} \frac{dP_{mij}}{dT} + P_{mij} = P_u (T + \Delta t_b) \\ T_{e_{out}} \frac{dP_{mij}}{dT} + P_{mij} = P_a \end{cases} \tag{20}$$

Повна система рівнянь складається з 32 диференціальних рівнянь, які описують: динамічну і кінематичну поведінку корпусу, деформацію шин, обертання коліс і зміну тиску в моделі гальма.

УДК 629.331

ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ ТРАНСМІСІЇ

Аулін В.В., д.т.н., проф., Кондратьєв С.С., ст. гр. АТ-18МЗ
Центральноукраїнський національний технічний університет

Забезпечення надійності і безпечної експлуатації транспортно-технологічних машин є актуальним науково-технічним напрямком в розвитку сучасного машинобудування. У конструкціях транспортно-технологічних машин широко застосовуються карданні передачі, що включають карданні шарніри нерівних кутових швидкостей, які в силу багатьох конструктивних і експлуатаційних факторів часто виходять з ладу.

Статистика і характер відмов карданних передач з шарнірами нерівних кутових швидкостей в експлуатації виявили найбільш слабка ланка, а саме карданні шарніри з голчастими тілами кочення. Аналіз результатів експлуатаційних і стендових випробувань зазначених шарнірів виявив наявність секторного зносу робочих поверхонь хрестовини карданного шарніра, обумовленого кінематикою зворотно-обертального відносного руху третьових поверхонь. Тому в підшипникових вузлах карданних шарнірів нерівних кутових швидкостей реалізується лише 30...60% їх потенційного ресурсу за критерієм зносу, а значить розробка заходів, спрямованих на довикористання цього потенційного ресурсу, є перспективним напрямком.

Відомі методики проектування карданних передач до теперішнього часу не враховували суттєві конструктивно-режимні фактори, що впливають у підсумку на точність розрахунків при проектуванні, такі як співвідношення параметрів довжини, кута зламу карданного валу та його кута закручування при роботі під дією навантажувальних моментів і не дозволяли дослідити рівну міцність конструкції карданної передачі в цілому. Патентні дослідження показують, що вдосконалення конструкцій карданних передач і способів їх технічного обслуговування інтенсивно триває.

При цьому мета дослідження – Виявлення можливості підвищення надійності елементів трансмісії із забезпеченням безпечної експлуатації карданних передач вдосконаленням конструкції і методів проектування карданних передач з шарнірами нерівних кутових швидкостей, а також способу їх технічного обслуговування. Для досягнення мети були поставлені наступні завдання дослідження:

1. Удосконалити методику розрахунку і оптимізації конструктивно-режимних параметрів карданних передач з шарнірами нерівних кутових швидкостей за рахунок обліку неврахованих факторів, а саме кута закручування карданного валу в поєднанні зі змінним кутом зламу карданної передачі, змінною довжиною, що передаються обертаючим моментом та частотою обертання карданного валу в умовах ступеневої навантаження змінним гальмівним моментом.

- 2 Провести дослідження по виявленню впливу довжини карданної передачі, кута зламу карданної передачі, гальмівного моменту, частоти

обертання карданної передачі на кут закручування валу карданної передачі з отриманням відповідних регресійних моделей для введення їх в вдосконалену методику розрахунку карданних передач.

3. На основі експериментально-теоретичних досліджень вивести залежності для визначення коефіцієнта корисної дії карданної передачі, як критерію оптимізації її конструктивно-режимних параметрів.

4. Розробити комплекс програм для розрахунку і оптимізації конструктивно-режимних параметрів карданних передач.

5. Оптимізувати конструктивно-режимні параметри серійних карданних передач виходячи з принципу дотримання рівної міцності конструкції.

6. Розробити практичні пропозиції щодо вдосконалення конструкцій карданних передач і їх елементів, а також способів їх технічного обслуговування.

7. Провести прогностичні розрахунки довговічності і граничного ресурсу пропонованих нових конструктивних рішень карданних передач і способу їх технічного обслуговування.

Для визначення основних розмірів карданного валу необхідно визначити максимальну частоту обертання карданного валу, що відповідає максимальній швидкості обертання карданного валу, вибрати розміри перерізів труб по ГОСТ 5005-82, які перевіряють максимальним крутним моментом. Розрахувати критичну частоту обертання карданного валу. У розрахунку на жорсткість кут закручування карданного валу визначити за формулою:

$$\theta = \frac{T \cdot l_n \cdot 180 \cdot k_d}{J_p \cdot G \cdot \pi}, \quad (1)$$

де G – модуль пружності при крученні, що дорівнює $8,5 \cdot 10^{10}$ Па; J_p – полярний момент інерції перерізу карданного валу при крученні, м^4 ; k_d – поправочний коефіцієнт, що дорівнює 0,96 за результатами експлуатації. Згідно ГОСТ 21425-75 проводиться розрахунок шліцьових з'єднань. Визначити розміри перерізів приварний вилки карданного валу за формулами:

$$d = \frac{D}{2}, \quad (2)$$

$$a = D + b, \quad (3)$$

де D – діаметр отвору під підшипник, м. Визначити силу, що діє на вилки карданного валу за формулою:

$$F = \frac{T}{H - b}, \quad (4)$$

де T – обертаючий момент, що діє на вилку карданного валу, Н·м; H – ширина вилки карданного валу, м. Визначити напруження вигину вилки карданного валу можна за формулою:

$$\sigma_{32.6} = \frac{F \cdot l_1}{W_{32}}, \quad (5)$$

де W_{32} – момент опору небезпечного перерізу при згині який визначається за формулою:

$$W_{3z} = \frac{a \cdot b^2}{12}, \quad (6)$$

Визначити допустиме напруження на згин вилки за формулою:

$$\sigma_{зги} = \frac{\sigma_T}{s}, \quad (7)$$

де σ_m – межа плинності матеріалу, [МПа]; s – коефіцієнт запасу міцності, дорівнює 1,4.

Визначити напруження кручення вилки карданної передачі по формулою:

$$\tau_{кр_е} = \frac{F \cdot l_2}{W_{кр}}, \quad (8)$$

де $W_{кр}$ – момент опору небезпечного перерізу при крученні, який визначається за формулою:

$$W_{кр} = \alpha_k \cdot \alpha \cdot b^2, \quad (9)$$

де α_k – коефіцієнт, що залежить від співвідношення a/b довжин сторін перерізу. Визначити допустиме напруження на кручення вилки карданної передачі за формулою:

$$\tau_{кр_е} = \frac{\sigma_6}{2}, \quad (10)$$

Визначити еквівалентну напруження по третій теорії міцності за формулою:

$$\sigma_{екв} = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2}. \quad (11)$$

Визначити напруження зминання вилки карданного валу за формулою:

$$\sigma_{см} = \frac{2 \cdot F}{\pi \cdot D \cdot b}, \quad (12)$$

Визначити напруження зрізу вилки карданного валу за формулою:

$$\tau_{ср} = \frac{F}{a \cdot b}, \quad (13)$$

Визначити напруження згину шипа хрестовини за формулою:

$$\sigma_{зг.ш} = \frac{F_u \cdot h}{W_{3z}}, \quad (14)$$

де d_0 – діаметр отвору в шпильці хрестовини карданного шарніра для мастила, дорівнює $0,3 \cdot d_{ш}$, м; h – плече сили, що визначається виходячи з того, що сила прикладена в середині голки карданного підшипника, рівне $0,4375 \cdot d_{ш}$, м.

Визначити момент опору перерізу шипа хрестовини за формулою

$$W_{3z} = 0,12 \cdot l_V^3 - 0,1 \cdot d_0^3. \quad (15)$$

Визначити дотичні напруження зрізу за формулою:

$$\tau_{ср} = \frac{5,333 \cdot F_u}{3,46 \cdot l_V^2 - \pi d_0^2}. \quad (16)$$

Визначити допустиме напруження на зріз шипу хрестовини за формулою:

$$[\tau_{ср}] = \frac{\sigma_6}{2}. \quad (17)$$

Розрахункові значення напруження згину і зрізу шипа хрестовини не повинні перевищувати граничних значень, для вибраного матеріалу шипа:

$$\sigma_{зг.ш} \leq [\sigma_{зг.ш}], \tau_{ср} \leq [\tau_{ср}]. \quad (18)$$

Далі проводимо розрахунок очікуваного кута перекосу тіл кочення в зоні навантаження, попередньо обчислюючи розрахункове навантаження на найбільш навантажене тіло кочення в зоні контакту, з урахуванням впливу відцентрової сили, проводимо перевірочний розрахунок довговічності карданного шарніра з урахуванням впливу мастила.

Запропонована методика проведення експериментальних досліджень, наведена конструкція випробувального обладнання рис. 1, система автоматизованого керування гідравлічного пристрою рис. 2).



Рисунок 1 – Стенд для випробування карданних передач: 1 – електродвигун; 2 – коробка передач; 3 – карданна передача; 4 – основна рама; 5 – роздавальний редуктор; 6 – поздовжня рама; 7 – гідронасос; 8 – бак; 9 – дросель; 10, 13 – манометри; 11 – запобіжний клапан; 12 – охолоджувач; 14 – щит управління; 15, 16 – підведення електроенергії, води; 17 – гідравлічні шланги

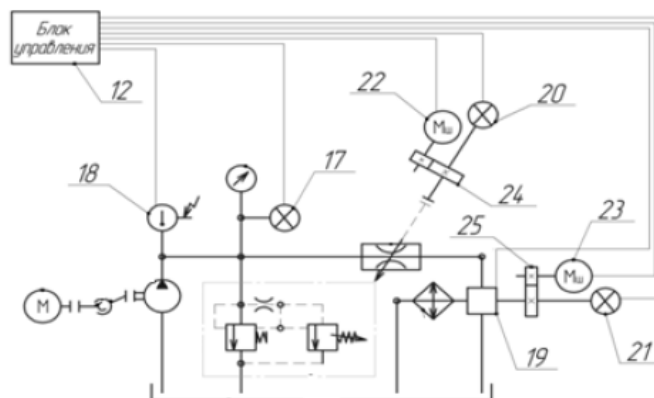


Рисунок 2 – Система автоматизованого керування гідравлічним пристроєм: 12 – блок управління; 17 – датчик тиску; 18 – датчик температури; 19 – термоклапан; 20, 21 – датчики положення; 22, 23 – крокові двигуни; 24, 25 – редуктора

При плануванні досліджень використаний план факторного експерименту $N = 4^{4-1}$. Факторами, якого є: довжина карданної передачі (L , мм), кут зламу карданної передачі (γ , град); частота обертання двигуна (n , xv^{-1}); гальмівний момент (T , МПа). В якості цільової функції спочатку приймаємо величину кута закручування карданного валу (θ , град).

Обробка отриманих експериментальних даних проводилася за допомогою програмного продукту, для отримання рівняння лінійної множинної регресії за визначенням кута закручування карданного валу, наведеного нижче:

$$\theta = -7,4983 - 0,0448 L + 0,0030 \gamma + 0,0001 n + 4,0404 T \quad (19)$$

В результаті виконаних розрахунків і проведених досліджень середня похибка апроксимації склала 8.21560%.

При постановці експерименту використовувався план факторного експерименту $N = 4^{4-1}$. Факторами, якого є: довжина карданної передачі (L, мм), кут зламу карданної передачі (γ , град.); частота обертання двигуна (n_i , xv^{-1}); гальмівний момент (T, Нм).

Далі, в результаті обробки цих експериментальних даних, аналогічно отримано рівняння множинної лінійної регресії для коефіцієнта корисної дії карданної передачі η :

$$\eta = -0,9719 - 0,0005 L + 0,0002 \gamma + 0,0003 n + 0,8304 T \quad (20)$$

В результаті виконаних розрахунків і проведених досліджень середня похибка апроксимації склала 8.65368%, що говорить про добре підібраних моделях рівняння.

Достовірність результатів забезпечена плануванням і обробкою експериментальних даних та їх регресійним аналізом, що підтверджує адекватність отриманих регресійних моделей і відносну похибка апроксимації не перевищує 9%.

Методика оптимізації параметрів конструкції хрестовини карданного шарніра зі змінними шипами включала в себе наступні етапи:

- оцінка характеристик моделі серійної хрестовини карданного шарніра (рис. 3, а) та вдосконаленої хрестовини карданного шарніра зі змінними шипами (рис. 3, б) при навантаженні номінальним обертовим моментом 170Н·м (3,269 кН);

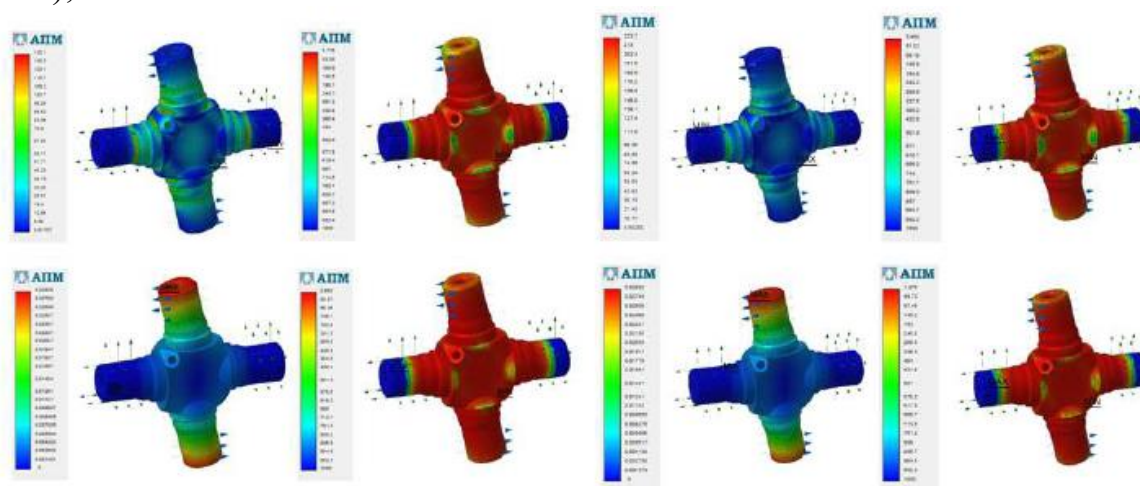


Рисунок 3 – Кінцевоелементний аналіз хрестовини карданних шарнірів

Розроблений алгоритм проектування та оцінки характеристик міцності карданних шарнірів з використанням скінченно-елементного аналізу, що включає в себе етапи.

- розробка параметричної трьохмірної моделі конструкції карданного шарніра;

- розробка бази даних розмірів та параметрів карданного шарніра для параметричної трьохмірної моделі;

- скінченно-елементний аналіз конструкцій, що включає в себе задані діючі зовнішні навантаження.

Задача створення карданного шарніра, що забезпечує відсутність перекосу тіл кочення 4 голчастого підшипника і виключення взаємного тертя тіл кочення, досягається використанням сепаратора 4 у вигляді розрізного стопорного кільця, і глухих конічних заглиблень на внутрішній торцевій поверхні корпусу голчастого підшипника рис.4.

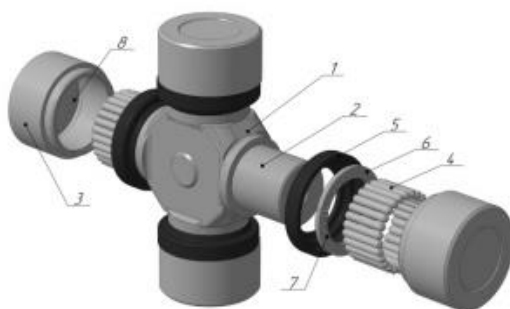


Рисунок 4 – Карданний з сепаратором

Задача розробки конструкції карданного шарніра підвищеної довговічності, що забезпечує можливість заміни частин карданного шарніра без демонтажу всієї карданної передачі, вирішується використанням замінних ступінчастих шипів 2 хрестовини 1, які виконані замінними з перетином меншого ступеня у вигляді багатогранника і встановлених меншим діаметром у відповідні глухі отвори, виконані в хрестовині до упору по торцевих поверхнях рис. 5.

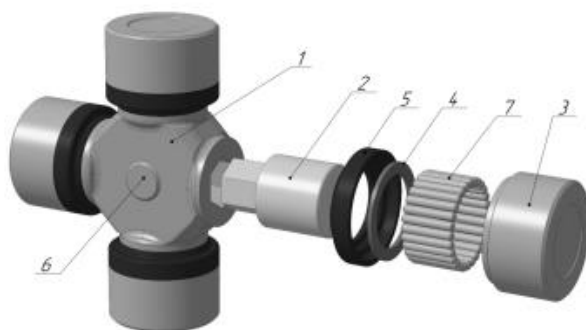


Рисунок 5 – Карданний шарнір з змінними шипами

Для зниження крутильних коливань при нестационарних моментах в період розгону і гальмування, розроблена конструкція карданної передачі рис.6.

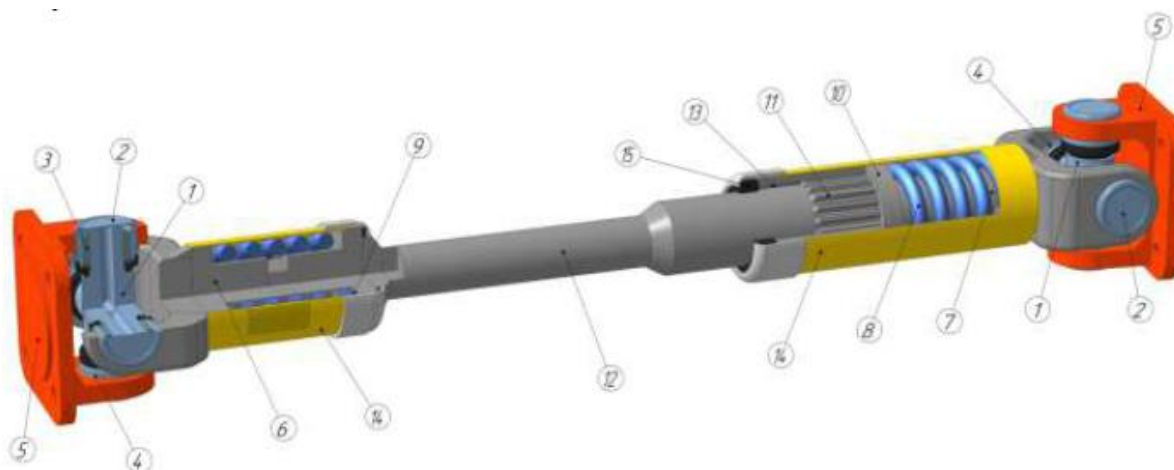


Рисунок 6 – Карданна передача підвищеної надійності

Пропонована конструкція додатково дозволяє демпфувати крутильні коливання при нестационарних навантаженнях в період розгону і гальмування при одночасному зменшенні трудомісткості її технічного обслуговування, підвищення рівнів ремонтпридатності і довговічності.

НАУКОВО-ІНФОРМАЦІЙНЕ ІНТЕРНЕТ ВИДАННЯ

**ЗБІРНИК НАУКОВИХ
МАТЕРІАЛІВ
МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ ІНТЕРНЕТ-
КОНФЕРЕНЦІЇ
"Інноваційні технології розвитку та ефективності
функціонування автомобільного транспорту"
(14-15 листопада 2019 року)**

Відповідальний за випуск:

В.В. Аулін – д.т.н., професор кафедри експлуатації і ремонту машин.

Редактор – В.В. Аулін.

*Дизайн і верстка – Гриньків А.В., к.т.н, старший науковий співробітник
кафедри експлуатації і ремонту машин*

Телефон:

(0522) 390-473

e-mail:

AulinVV@gmail.com

Контактні особи

Аулін В.В. (095) 055 74 11

Гриньків А.В. (098) 373 22 39

Web: <http://erm.kntu.kr.ua/KONFERENSIJA.html>

*Адреса колегії – 25006, Україна, м.Кропивницький, пр. Університетський, 8
Центральноукраїнський національний технічний університет,
Кафедра експлуатації і ремонту машин*