



Збірник матеріалів Міжнародної
науково-практичної інтернет-
конференції, 18 – 19 листопада
2020 р.

"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 МАТЕРІАЛІВ

Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції

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



Кропивницький
18-19 листопада 2020 року

УДК:656.02, 656.05, 656.07

Інноваційні технології розвитку та ефективності функціонування автомобільного транспорту : Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф., 18-19 листоп. 2020 р., м. Кропивницький : зб. матер. / М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. експлуатації та рем. машин. – Кропивницький : ЦНТУ, 2018. – 221 с.

Мета конференції: висвітлення найважливіших актуальних проблем підвищення ефективності та надійності 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, академік НААНУ, ректор Центральноукраїнського національного технічного університету, 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;

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

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, Польша;

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;

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

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

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

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

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

Лобашов Олексій Олегович, д.т.н., професор, завідувач кафедри транспортних систем і логістики, Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова

Диха Олександр Володимирович, д.т.н., професор, завідувач кафедри трибології, автомобілів та матеріалознавства, 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;

Криштопа Святослав Ігорович, д.т.н., професор, завідувач кафедри автомобільного транспорту, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна;

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

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

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

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

Мороз Микола Миколайович, д.т.н., професор, завідувач кафедри транспортних технологій, Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, м.Кременчук, Україна;

Алфьоров Олексій Ігорович, д.т.н., доцент, професор кафедри надійності, міцності, будівництва та технічного сервісу машин ім. В. Я. Аніловича, Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка, м.Харків, Україна;

Кристопчук 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;

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.

Члени робочої групи оргкомітету

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. старший науковий співробітник кафедри експлуатації та ремонту машин, Центральноукраїнський національний технічний університет, м.Кропивницький, Україна;

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

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

Жилова Інна Володимирівна 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

✓ ДВОХМАСОВИЙ МАХОВИК: ПРИЗНАЧЕННЯ, ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ	
Магопець М.С.ст., Магопець С.О. к.т.н., доц.	8
✓ СТАН ПРОБЛЕМ ЩОДО ВПРОВАДЖЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ І ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ ТА МЕТОДИ ЇХ ВИРІШЕННЯ В ГЛОБАЛЬНОМУ МАСШТАБІ	
Івашко В.С., д.т.н., проф., Аулін В.В., д.т.н., проф., Гриньків А.В., к.т.н., Лисенко С.В., к.т.н., доц., Голуб Д.В. к.т.н., доц., Головатий А.О., асп.	13
✓ ВПЛИВ РЕЖИМІВ ТЕРМОРАДІАЦІЙНОГО НАГРІВАННЯ НА СТУПІНЬ АДГЕЗІЇ ПОКРИТТІВ ПРИ ФАРБУВАННІ АВТОМОБІЛІВ	
Зубалій О.В., маг. Дубовик В.О., канд. техн. наук, доц.	19
✓ ВДОСКОНАЛЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ ПАЛИВНОЇ АПАРАТУРИ ДИЗЕЛЯ АВТОМОБІЛЯ ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЇ	
Аулін В.В., д.т.н., проф., Гриньків А.В., к.т.н., с.н.с, Гороховський С.Р., ст., Бобков В.Д., ст.	23
✓ ЗНОСОСТІЙКІ ПОКРИТТЯ НА ОСНОВІ КОБАЛЬТУ	
Куликівський В.Л. к.т.н., Мельник В.Л., ст., Голошук В.О., ст., Ворошилов Г.М., ст., Гончарук В.А., ст., Мандра В.В., ст., Гордієнко В.С., ст.	40
✓ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОВОГО СТАНУ ДЕТАЛЕЙ ПОРШНЕВОГО КОМПРЕСОРА ТРАНСПОРТНИХ МАШИН ТА МЕХАНІЗМІВ	
Кабашкін І., PhD, проф., Аулін В.В., д.т.н., проф., Кузик О.В., к.т.н., доц., Коваленко В.О., ст., Петровський М.Ю., ст., Лукашук І.П., ст.	44
✓ АНТИФРИКЦІЙНИЙ ФТОРОПЛАСТОВИЙ МАТЕРІАЛ ДЛЯ ВУЗЛІВ ТЕРТЯ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ	
Диха О. В., д.т.н., проф., Свідерський В. П., к.т.н., доц., Даніленко І. А., к. фіз.-мат. н., с.н.с., Кириченко Л. М., н.с.	56
✓ ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДІВ ЗОВНІШНЬОГО РИХТУВАННЯ КУЗОВІВ АВТОМОБІЛІВ ЗА ДОПОМОГОЮ МАГНІТНО-ІМПУЛЬСНОЇ ОБРОБКИ	
Граковські О., PhD, проф., Аулін В.В., д.т.н., проф., Гриньків А.В., к.т.н., Пяткевич Я.Б., ст., Бобков В.Д., ст., Резніченко В.Ю., ст.	62
✓ ФОРМУВАННЯ СХЕМИ ІНФОРМАЦІЙНОГО ОБМІНУ МІЖ ЕЛЕМЕНТАМИ СИСТЕМИ ТЕПЛОВОЇ ПІДГОТОВКИ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ, ПРАЦЮЮЧОГО НА ЗРІДЖЕНОМУ ГАЗОВОМУ ПАЛИВІ	
Грицук І. В. д.т.н., проф., Погорлецький Д. С. ст. викл., Симоненко Р. В. к.т.н., доц., Білай А. В. ст. викл.	73
✓ ТЕРМОНАПРУЖЕНИЙ СТАН ЗНОСОСТІЙКОГО ШАРУ ДЕТАЛІ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ ПРИ ЕЛЕКТРОКОНТАКТНІЙ НАПЛАВЦІ	

Аулін В.В., д.т.н., проф., Лисенко С.В., к.т.н., доц., Жилова І.В., асп., Вербицький асп., Постовалов С.І., ст., Півняк Є.А., ст.	79
✓ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОПИТУ НА АДРЕСНУ ДОСТАВКУ ТОВАРІВ У МІСТІ ЧЕНСТОХОВА	
Дяченко О.О. ст., Галкін А.С. к.т.н., доц.	95
✓ ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ ТА КЕРОВАНОСТІ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ ШЛЯХОМ УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ПІДВІСКИ	
Аулін В.В., д.т.н., проф., Гриньків А.В. к.т.н., Чернай А.Є. асп., Уманенко О.О., ст., Монолій А.О., ст., Притула С.І. ст.	97
✓ ВЫПУСКНАЯ РАБОТА В РАМКАХ ПОДГОТОВКИ БАКАЛАВРА ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ «ТРАНСПОРТНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»	
Горяинов А.Н. к.т.н., доц.	116
✓ МЕТОД УПРАВЛІННЯ ТЕХНІЧНИМ СТАНОМ РУХОМОГО СКЛАДУ ПРИ ОПЕРАТИВНОМУ (ПОТОЧНОМУ) ТА ДОВГОСТРОКОВОМУ ПЛАНУВАННІ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ	
Аулін В.В., д.т.н., проф., Лисенко С.В., к.т.н., доц., Гриньків А.В., к.т.н., Чуж Д.О., ст., Тирса Я.В., ст., Сидоренко І.В., ст.	125
✓ АНАЛІЗ ФАКТОРІВ НА ВИКИДИ ОКСИДІВ АЗОТУ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА ДЛЯ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ	
Колодницька Р.В. к.т.н., доц.	142
✓ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ЕЛЕМЕНТИ ЕКСПЕРТНИХ СИСТЕМ В ГАЛУЗІ ТРАНСПОРТУ І ВИРОБНИЦТВА	
Аулін В.В., д.т.н., проф., Гриньків А.В., к.т.н., Лівіцький О.М., здоб., Кернус Р.О., ст.	150
✓ ВПЛИВ ФУЛЕРЕНОВМІСНИХ ОЛИВ НА ФРИКЦІЙНУ ВЗАЄМОДІЮ МЕТАЛЕВИХ ТРИБОСПРЯЖЕНЬ	
Деркач О.Д., к.т.н., доц., Кабат О.С., к.т.н., доц., Владімеров О.О., маг.	162
✓ РОЛЬ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ У ТРАНСПОРТНИХ І ВИРОБНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВАХ ТА ЇХ КЛАСИФІКАЦІЯ	
Аулін В.В., д.т.н., проф., Гриньків А.В., к.т.н., Головатий А.О., асп., Лисенко С.В., к.т.н., доц., Лівіцький О.М., здоб.	167
✓ ІНФОРМАЦІЙНЕ забезпечення закономірностей формування транспортних потоків	
Давідіч Н.В. к.т.н., проф.	174
✓ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАЛЕЖНОГО РІВНЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧ ЕЛЕКТРОХІМІЧНИМ ЇХ ПРИПРАЦЮВАННЯМ	
Аулін В.В., д.т.н., проф., Лисенко С.В., к.т.н., доц., Чернай А.Є., асп., Данілов О.О. ст., Галінський Є.С. ст.	177
✓ УМОВИ ЗБЕРІГАННЯ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ	
Савченко В.М. к.т.н. Лопатинець Д.І.	188

✓ СУТНІСТЬ, ХАРАКТЕРНІ РИСИ ТА СПЕЦИФІКА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ І ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ	
Аулін В.В., д.т.н., проф., Гриньків А.В., к.т.н., Лисенко С.В., к.т.н., доц., Голуб Д.В. к.т.н., доц., Головатий А.О., асп.	191
✓ КОНЦЕПЦІЯ ФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ МІСЬКАНИЦІВ	
Меленчук Т.М. д.т.н., проф. Кирилюк Є.В.	195
✓ АНАЛІЗ СУКУПНОСТІ ПОКАЗНИКІВ СТІЙКОГО РОЗВИТКУ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ ТА МЕТОДІВ ЇХ РЕАЛІЗАЦІЇ НА ПРАКТИЦІ	
Аулін В.В., д.т.н., проф., Гриньків А.В., к.т.н., доц., Головатий А.О., асп., Рябцев Н.О., ст.	198
✓ ЗНОСОСТІЙКІСТЬ СТАЛІ 65Г ПРИ АБРАЗИВНОМУ ЗНОШУВАННІ	
Борак К.В. к.т.н., Левківський О.О., Лібиховський В.В., Менчинський Ю.Б., Коцюба І.І., Соболев А.А., Кравченко Ю.О.	204
✓ ДО ПИТАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ РОЗВИТКУ ПАСАЖИРСЬКОЇ МАРШРУТНОЇ СИСТЕМИ МІСТА ДУБНО	
Хітров І.О. к.т.н., доц., Кристопчук М.Є. к.т.н., доц.	207
✓ ВВЕДЕННЯ В УКРАЇНІ ЗАГАЛЬНОЇ ДЕКЛАРАЦІЇ ПРИБУТТЯ	
Сілантьєва Ю.О., к.т.н., доц., Катрушенко Н.А.	215

УДК: 629.3.02

ДВОМАСОВИЙ МАХОВИК: ПРИЗНАЧЕННЯ, ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Магопець М.С.

Магопець С.О., к.т.н., доц.

Центральноукраїнський національний технічний університет

Abstract

The publication is devoted to highlighting the design features of two-mass flywheels and the description of their constituent elements. The operational characteristics of two - mass flywheels are given and the expediency of their use for reduction of dynamic loads in automobile transmissions is substantiated.

Keywords: cars, dual mass flywheel, single mass flywheel, gearbox.

Вступ

Сьогодні близько 80% нових легкових автомобілів оснащених двигунами внутрішнього згорання (ДВЗ) або гібридними силовими установками так званої «паралельної схеми» на базі ДВЗ, мають в конструкції трансмісій двомасові маховики (ДММ).

Аналіз попередніх досліджень

Дослідженню переваг та недоліків конструкції двомасових маховиків, проблематики її вдосконалення, особливостей проектування та шляхів зменшення вартості здебільшого присвячено роботи зарубіжних дослідників [1-6]. У вітчизняних наукових дослідженнях, питання, пов'язані із вивченням особливостей конструкції, експлуатації та покращення експлуатаційних властивостей двомасового маховика здебільшого залишаються не дослідженими.

Постановка проблеми досліджень

Конструктивні зміни елементів трансмісії сучасних автомобілів полягають у перерозподілі функцій між її складовими, а саме: зменшення величин крутильних коливань реалізується не веденим диском муфти зчеплення, а покладено на маховик двигуна. Це призводить до підвищення експлуатаційного навантаження на маховик двигуна, що зменшує показники надійності не тільки трансмісії, а й двигуна. Відтак забезпечення тривалого ресурсу роботи двомасового маховика вимагає ґрунтовного дослідження особливостей його конструкції та принципів функціонування.

Мета та завдання

Метою даного дослідження є визначення особливостей конструкції двомасових маховиків та можливості й доцільності їх заміни в експлуатаційних умовах на одно масові.

Результати вирішення основних завдань проблеми

Конструктивно двомасовий маховик (рис. 1) складається із двох корпусів: перший (поз. А рис. 1) - класичний маховик із зубчатим вінцем, закріплений на колінчастому валу двигуна; другий (поз. В рис. 1) - корпус, що спирається на підшипник ковзання, й з'єднаний із механізмом зчеплення (якщо трансмісія

передбачає механічну коробку передач (МКП) або із гідротрансформатором (в конструкції із автоматичною коробкою передач (АКП)). Всередині корпусів, що допускають вільне відносно один одного зміщення, розташовані пакети пружин [2] С та D (до трьох) різної пружності, розділені пластмасовими сепараторами F, а простір між корпусами заповнений мастилом. Сепаратори, по-перше, не дозволяють пакетам пружин при роботі блокуватися, зчіплюючись один із одним; а по-друге, служать своєрідними напрямними, які дозволяють пружинам вільно переміщатися в робочому режимі по колу всередині маховика [3,4].



Рисунок 1 Конструкція двомасового маховика: А - корпус маховика, закріплений на колінчастому валу двигуна; В - корпус маховика, з'єднаний із механізмом зчеплення або (при наявності АКП) із гідротрансформатором; С - пакет пружин підвищеної жорсткості; D - пакет «м'яких» пружин; Е - планетарна шестерня; F - сепаратор.

При сталих режимах роботи двигуна автомобіля протягом кожного обороту кутова швидкість обертання колінчастого валу не може залишатися незмінною через особливості конструкції поршневих ДВЗ. Нерівномірність крутного моменту накладається на постійний середній момент опору обертання колінчастого валу, який виникає за рахунок постійного навантаження. Через нерівномірності, що діють при постійному навантаженні крутного моменту в пружному колінчастому валу ДВЗ виникають власні крутильні коливання. І за певних умов ці крутильні коливання можуть не тільки порушити умови для оптимальної роботи двигуна, а й навіть більше – привести до повного руйнування двигуна.

Саме тому, одним із основних призначень ДММ є поглинання цих коливань і нівелювання нерівномірності обертання колінчастого валу. За рахунок своєї конструкції ДММ із цим завданням справляється набагато ефективніше ніж класичний одномасовий. Крім цього, сучасні автомобільні ДВЗ характеризуються збільшеними показниками потужності, особливо при

роботі в нижньому діапазоні обертів, що додатково накладає підвищені вимоги до можливостей трансмісії, які повинні передавати підвищений крутний момент. Це, в свою чергу, вимагає посилення характеристик такого механізму трансмісії як зчеплення. При тому, що габарити цього вузла збільшені бути не можуть, виходячи із вимог до компоновальної схеми шасі автомобіля. Очевидно, що завдання щодо підвищення характеристик зчеплення може бути вирішене насамперед за рахунок збільшення потужності силових пружин корзини зчеплення із застосуванням нових матеріалів фрикційних накладок самого веденого диску. Більш потужні пружини (або пружина) підвищують зчіпні властивості дисків зчеплення, а отже забезпечують передачу через трансмісію більшого крутного моменту, який генерується двигуном.

Описане рішення, крім простоти реалізації та позитивного результату, призводить до появи низки негативних явищ, які раніше були неактуальними. Перш за все, це жорсткість (ударність) включення зчеплення. Потужна пружина (пружини) в більшій мірі навантажує агрегати трансмісії та безпосередньо сам двигун, а значить виникає підвищена небезпека появи резонансних коливань, які до цього передавалися насамперед двигунам, тепер же в повній мірі поширюється й на МКП (АКП). Другим негативним явищем є зниження комфортності керування зчепленням. Таким чином, необхідність демпфування стає актуальною вже й для трансмісії автомобілів.

Простий одномасовий маховик не в змозі вирішити цю проблему. У класичній схемі конструкції зчеплення для зниження навантаження на трансмісію використовується гаситель крутильних коливань, конструктивно виконаний у вигляді розміщених в маточині веденого диску зчеплення гвинтових пружин. Разом з тим, потужності цих пружин недостатньо для того, щоб компенсувати нерівномірність крутного моменту сучасного двигуна - надто невелике плече прикладання сили пружності між віссю пружини в демпфері і віссю зчеплення [5]. При використанні ж двомасового маховика замість традиційного одномасового, вирішення цієї проблеми можливе. Причому воно ефективне настільки, що навіть пружини гасителя коливань в маточині веденого диску зчеплення стають не потрібними.

Таким чином, двомасовий маховик забезпечує вирішення проблеми недопущення виникнення резонансних сил, як безпосередньо в ДВЗ, так і в МКП (або АКП) при їх роботі в нижньому діапазоні обертів.

Разом з тим, в експлуатаційних умовах ДММ мають низку недоліків, основними з яких є схильність до швидкого виходу з ладу у разі перегріву та коксування мастильного середовища, що обумовлює втрату рухомості елементів конструкції маховика, й високу вартість самого маховика у разі необхідності його заміни (достатніми показниками ремонтпридатності ДММ на жаль не відрізняються). Конструктивно, існує технічна можливість заміни ДММ на одномасовий маховик, який характеризується високою експлуатаційною надійністю та зниженими показниками вартості. При цьому виникає потреба заміни й комплекту зчеплення (для МКП – корзини, веденого

диску та ін.) [6]. Але навіть із витратами на ці механізми вартість ДММ все одно буде більша в рази.

Проте, вносити зміни в конструкцію трансмісії, й оснащувати її одномасовим маховиком не тільки не доцільно, а й економічно не вигідно. По-перше, при такій заміні суттєво збільшуються навантаження на колінчастий вал двигуна і коробку передач. По-друге, виникає необхідність більш частішої заміни веденого диску зчеплення, так як його демпферні пружини не зможуть витримати діючі навантаження протягом регламентованого експлуатаційного періоду. Це скоротить міжсервісні інтервали й збільшить час перебування автомобіля в ремонті та експлуатаційні витрати. Погіршення демпфуючих характеристик зчеплення не тільки зменшує ресурс двигуна, коробки передач та всіх інших елементів трансмісії сучасного автомобіля, а й підвищує ризик раптового виведення їх з ладу. Отже, заміна одного вузла на інший не може бути здійснена без негативних наслідків для надійності, довговічності і комфорту автомобіля в цілому.

Висновки

Двомасовий маховик завдяки своїм конструктивним особливостям забезпечує більшу комфортність керування автомобілем, ніж одномасовий, а також забезпечує недопущення виникнення резонансних сил, як безпосередньо в ДВЗ, так і в КП.

Література

1. Reik W., Seebacher R., Kooy Ad Dual Mass Flywheel *6th LuK Symposium* 1998. 1998. P. 69-93. URL: https://www.schaeffler.com/remotemedien/media/shared_media/08_media_library/01_publications/schaeffler_2/symposia_1/downloads_11/luK_kolloquium_en.pdf.
2. Govinda, A, Dr. Annamalai, K. Design and Analysis of Arc Springs used in Dual Mass Flywheel. *International Journal of Engineering & Technology Research*. 2014. Vol. 2, №1. P. 35-41. URL: <http://www.iaster.com/uploadfolder/5DesignandAnalysisofArcSpringsusedinDualMassFlywheelVITSMBS/5Design%20and%20Analysis%20of%20Arc%20Springs%20used%20in%20Dual%20Mass%20Flywheel%20VITSMBS%20Copy.pdf>
3. Двухмассовый маховик: конструкция, принцип работы и ресурс. *П'яте колесо* : веб-сайт. URL: <https://5koleso.ru/articles/garazh/dvuhmassovyy-mahovik-konstrukciya-princip-raboty-i-resurs>.
4. Двухмассовый маховик – зачем нужен и почему ломается? ВВМ-Авто: веб-сайт. URL: <https://vvm-auto.ru/publikatsii/1096-dvukhmassovyj-makhovik/> .
5. Как работает двухмассовый маховик. Автоконсалтинг: веб-сайт. URL: <http://autoconsulting.ua/article.php?sid=39020>.
6. Что такое двухмассовый маховик. *Спецтехника* : веб-сайт. URL: <https://mzoc.ru/prochie/chto-takoe-dvuhmassovyj-mahovik.html>.

УДК 004.89:656.13:658.5

**СТАН ПРОБЛЕМ ЩОДО ВПРОВАДЖЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ
ТРАНСПОРТНИХ І ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ ТА МЕТОДИ ЇХ
ВИРІШЕННЯ В ГЛОБАЛЬНОМУ МАСШТАБІ**

Івашко В.С., д.т.н., проф.,

Білоруський національний технічний університет, м.Мінськ

Аулін В.В., д.т.н., проф.,

Гриньків А.В., к.т.н.,

Лисенко С.В., к.т.н., доц.,

Голуб Д.В. к.т.н., доц.,

Головатий А.О., асп.

Центральноукраїнський національний технічний університет

Abstract

Problems that arise during the implementation of intelligent transport and production systems are identified. Based on the experience of leading countries, the main methods of overcoming problems related to intelligent transport systems, their design, operation and implementation are proposed.

Key words: intelligent, transport, production systems, vehicles, infrastructure, policy.

Вступ

Протягом останніх років спостерігається прискорення темпів впровадження Інтелектуальних транспортних (ІТС) і виробничих (ІВС) систем. Все частіше в різних провідних країнах ІТС і ІВС світу сприймають не як технології майбутнього, а як інструментарій для вирішення щоденних транспортних і виробничих проблем та завдань. В стратегіях різних фірм, підприємств і компаній, що впроваджують ІТС і ІВС, регулярно відображаються проблеми, що стосуються перешкод їх глобального впровадження. При цьому принципову важливість має забезпечення належного рівня управління. Відомо, що недоліки управління обумовлюють цілий перелік перешкод щодо впровадження ІТС і ІВС. Щоб розкрити потенціал ІТС і ІВС в повному обсязі конкретні перешкоди усуваються директивними органами. Вданій роботі основна увага приділяється таким аспектам: експлуатаційна сумісність, фрагментованість технічних стандартів, гармонізація заходів політики та стратегічні програми реалізації ІТС і ІВС.

Постановка проблеми

Аналіз наукових джерел щодо проектування, функціонування і вдосконалення інтелектуальних систем свідчить, що при впровадженні ІТС і ІВС доцільним є виділення цілого ряду проблем:

- недостатність політичної волі розуміння в суспільстві;
- недостатність підготовки по питанням ІТС і ІВС;
- недостатній рівень відповідальності та інфраструктури;
- відсутність загально прийнятого визнання ІТС і ІВС;
- недостатність стандартів з експлуатаційної сумісності; відсутність злагодженої політики; захист приватної інформації; неузгодженість знань,

завдань, проблем (ЗЗП); різні темпи реалізації ІТС і ІВС в державному і приватному секторах.

Мета та завдання

Метою роботи є з'ясування основних проблем, що обумовлюють ефективно впровадження інтелектуальних транспортних і виробничих систем та імовірні методи їх вирішення в глобальному масштабі.

Основні завдання:

1. Виявлення та аналіз основних проблем впровадження ІТС і ІВС.
2. Досвід провідних країн у вирішенні цих проблем.

Результати вирішення основних завдань

На сьогодні, під час стандартизації інтелектуальних процесів і систем, основна увага приділяється об'єднанню та розробці експлуатаційно відповідних ІТС і ІВС. З врахуванням глобального поширення ІТС і ІВС велика увага приділяється створюючим однорідним узгодженим стандартам для архітектури, протоколів і форматів передачі даних. Наявність такого набору однорідних узгоджених стандартів забезпечує глобальну гармонізацію заснованих на ІТС і ІВС послуг, виробництв та додатків. У ході роботи над такими стандартами виявлено ключові питання забезпечення їх експлуатаційної сумісності. Системи ІТС і ІВС, які використовуються в різних частинах світу, в основному, є несумісними і фрагментованими (рис.1). ІТС обумовлені ще такими проблемами: експлуатаційну сумісність між системами повинні забезпечити транспортні засоби, використовуючи не тільки в одному, але й в інших регіонах, а також у міжнародному масштабі в цілому [1-5].

У більшості країн діють свої власні норми в зонах безпеки транспортних засобів та охорони навколишнього середовища, які не узгоджені на міжнародному рівні, не дивлячись на високий ступінь глобалізації у секторі автомобілебудування. Для автомобіля, який пройшов сертифікацію і відповідає всім нормативним вимогам в країні походження, необхідно мати дозвіл на продаж в інших країнах, отримання якого вимагає істотних часових і фінансових витрат. В транспортній галузі будуть широко виконуватися різні трансформації у відповідності до споживачів щодо нових технічних рішень та транспортних засобів (ТЗ), що мають більшу економічність, екологічність, а також їх адаптованість до сучасних ІТС і ІВС. Ці ТЗ є більш "розумними", а також до них визначені посилені екологічні норми та вимоги. Виробники зацікавлені, щоб продавати транспортні засоби, спроектовані на базі загальних платформ, на глобальному ринку. При цьому вони розраховують на певну ефективність своїх дій та на можливість уникнути необхідності дотримуватися численних стандартів і норм, що діють в різних країнах. Є необхідність налагодженому реалістичному і інклюзивному механізмі розробки міжнародних правових норм для своєчасного врахування нових технологій, поява яких представляється неминучим щодо прагнення цього промислового сектора до технологічної різноманітності [6-11].

Зазначимо, що на сьогодні цикл проектування і промислової розробки інноваційних технологій є більш коротшим, ніж цикл розробки відповідної політики та національних директив, а тому регулюючі органи повинні

активізувати свої зусилля для отримання максимально можливої віддачі від впровадження технологій ІТС і ІВС. В промисловому секторі значними темпами виконується модернізація та реалізація інноваційних технологій різних напрямків. При цьому основна діяльність по регулюванню проводиться у сфері національних законодавств (за винятком ЄС), тобто відсутня інституційна координація з іншими країнами. Що стосується регіонів, куди входять країни Північної Америки, Європи і Центральної Азії, існує нагальна потреба в узгодженні вимог до ІТС та ІВС між цими країнами. Якщо узгодити стандартами відносини між країнами, то це дасть змогу розвитку ринку наповнюватись сучасними ІТС та ІВС. У випадку відсутності цих заходів фактично важко розвивати промисловий сектор якісним шляхом. Тому на даний час гостро стають завдання зменшити несумісність впроваджень ІТС та ІВС. Процес розробки стандартів загальної архітектури таких систем і відповідних угод між сусідніми країнами пов'язаний з певними труднощами і вимагає великих витрат часу. До моменту появи таких стандартів необхідно регулярно дотримуватись експлуатаційної сумісності за допомогою практик, на основі яких розробляють узгоджені правила в цій області. При цьому більш складними є завдання, яке полягає в тому, щоб проводити таку політику в галузях транспорту і виробництва, яка дозволить відмовитися від традиційних стратегій, заснованих на факторах пропозиції, на користь сучасних, орієнтованих на фактори попиту стратегій щодо забезпечення мобільності, які повинні базуватися на нових інтелектуальних транспортних і комунікаційних технологіях [12-14].

В галузі транспорту в глобальному масштабі є всесвітній конгрес з ІТС являє собою щорічні міжнародні конференції, присвячені питанням ІТС. Організація Всесвітнього конгресу з ІТС – плід співпраці між наступними організаціями: ERTICO, ІТС Америки, ІТС Азійсько-Тихоокеанського регіону та ІТС Австралії. На цьому конгресі збираються міжнародні експерти по ІТС, фахівці в даній області, керівники державного та приватного секторів, представники наукових кіл, дослідники, фахівці, що представляють всі сегменти ІТС та ІВС. Для представлення і обговорення останніх змін в цій галузі, а також шляхи вирішення поточних проблем в справі їх впровадження. Зазначені проблеми відображають вищезгадані потреби в узгодженні політики, стандартизації використовуваних технологій і забезпеченні експлуатаційної сумісності. Представники галузі, які щорічно присутні на Всесвітньому конгресі по ІТС, особливо підкреслюють важливість подолання цих перешкод для того, щоб забезпечити економічний і широкий за географічним охопленням режим застосування програмних реалізацій ІТС, що дасть змогу отримати належну продуктивність та рентабельність від їх використання, а також скоригувати політику в цій галузі [15].

Завдання розвитку ІТС постійно вимагаються і підчас роботи Комітету внутрішнього транспорту (КВТ) Європейської економічної комісії ООН, а також його допоміжних органів з 2003 році. Перший "Круглий стіл" щодо ІТС, який відбувся в 2004 році, був присвячений технологічним питанням. За його підсумками була озвучена необхідність підвищення рівня технічної

гармонізації. ІТС були включені в юридичні документи, а також підлягають постійному обговоренні в КВТ, що дають можливість знімати ряд питань по реалізації ІТС. В рамках Всесвітніх форумів для узгодження правил в галузі транспорту і виробництва функціонує група експертів, яка виносить загальні рекомендації щодо способів включення положень про ІТС і ІВС в їх загальні правила. Робоча група по безпеці дорожнього руху обговорює питання відповідальності та займається адміністративним супроводом та оновленням Конвенції про дорожні знаки і сигнали і Конвенції про дорожній рух (Віденські конвенції). Дана група постійно узгоджує знаки та організовувати співпрацю різних робочих груп. WP.1 – неофіційно робоча група, що займалась автоматизованим водінням, що співпрацює з групою WP.29 з ІТС. Група WP.15 займається транспортуванням небезпечних вантажів. Дана група займається питанням телематики для забезпечення надійності та безпеки процесу транспортування. Сформована робоча група SC.3 займається питаннями внутрішньо-водного транспорту з реалізацією річкових інформаційних систем. Робоча група SC.1 – займається питаннями автомобільного транспорту при впровадженні в якості контролю транспортної роботи тахографу e-CMR4 [16].

До питань цієї групи відносяться і загальноєвропейська угода по дорожній інфраструктурі и СМА. Крім того, обговорення по питанням, що стосуються управління ІТС та включення їх додатків в транспортні системи, ведуться також в наступних форматах:

- в рамках робочої групи WP.24 по інтермодальним перевезенням і логістики;
- в рамках робочої групи WP.30 з митних питань, пов'язаних з транспортом;
- в межах проектів TEA і TEG, щодо вдосконалення інфраструктури.

ІТС і ІВС, засновані на інтелектуальних технологіях, можуть створювати реальні проблеми для планування транспортування і виробництва. Ніхто не може точно прогнозувати прогресивні технологічні досягнення за визначений термін, але відомо, що технологічні досягнення постійно відбуватимуться. Індивідуальні ІТС та ІВС з кожним роком все більше інтегруються, що ускладнює процес планування за рахунок технологічних невизначеностей, а також інституційних неузгоджень. Розроблені рекомендації (ARC-IT) для вирішення ряду проблем, а також більш чіткого планування, підтримки інтеграції та технологічних досягнень з метою вдосконалити систему наземного транспортування з плином часу.

В якості прикладу можна зазначити, що значна кількість штатів та міст в США сформували регіональні системи транспорту. Регіональні ІТС та ІВС в США постійно розвиваються в залежності зі зміною стратегії розвитку регіону. Використовуючи регіональну архітектуру ITS, регіон може планувати застосування технологій та інтеграцію для підтримки більш ефективного планування операцій.

Особливо слід відзначити, що регіональна архітектура забезпечує контекст для проектів ІТС та ІВС, щоб кожен проект міг створити частину передбачуваної транспортної та виробничої системи.

Висновки

Використовуючи цю архітектуру, як інструмент планування, важливим при цьому є кроки, що виконуються кожним проектом і які будуть реально знаходитися на шляху до виконання більших цілей, викладених у довгостроковій транспортній і виробничій перспективі. Таким чином детальна інформація про регіональну архітектуру ІТС і ІВС може бути використана як інструмент підтримки планування транспорту та виробництва в даній країні.

ІТС та ІВС в майбутньому завжди будуть ключовою ланкою при розробці концепцій транспортної та виробничої мобільності. Завдяки використанню додатків ІТС і ІВС транспорт та виробництво стануть більш ефективними, безпечними і екологічними. На даний час технічні рішення швидше реалізуються ніж здійснюються інституційні та юридичні зміни, що дуже важливі при широкому використанні цих рішень. Слід зазначити, що це відбудеться лише в тому випадку, якщо відповідні технічні рішення і послуги будуть успішно інтегровані в належні стратегічні рамки і узгоджену на міжнародному рівні. І хоча на технічному рівні вже досягнуті значні успіхи, багато в чому завдяки діяльності групи WP.29, країни як і раніше не ведуть між собою діалогу з питань політичних та інституційних змін. Комітет з внутрішнього транспорту, потребує обговорення діалогу з питань політики.

Література

1. Hahanov V.I., Guz O.A., Ziarmand A.N., Ngene Christopher Umerah, Arefjev A. Cloud Traffic Control System. *Proc. of IEEE East-West Design and Test Symposium*. 2013. P.72-76.
2. Hahanov V., Gharibi W., Baghdadi Ammar Awni Abbas, Chumachenko S., Guz O., Litvinova E. Cloud traffic monitoring and control. *Proceedings of the IEEE: 2013: 7th International conference on intelligent data acquisition and advanced computing systems (IDAACS)*. 2013. P. 244-248.
3. Pandit A.A., Talreja J., Mundra A.K. RFID Tracking System for Vehicles (RTSV). *First International Conference on Computational Intelligence, Communication Systems and Networks*. 2009. P.160-165.
4. Jiang Lin-ying, Wang Shuai, Zhang Heng, Tan Han-qing. Improved Design of Vehicle Management System Based on RFID. *Intelligent System Design and Engineering Application (ISDEA): International Conference 2010*. Vol. 1. P. 844-847.
5. Аулін В.В., Гриньків А.В., Головатий А.О., Лисенко С.В., Голуб Д.В., Кузик О.В., Тихий А.А. Методологічні основи проектування та функціонування інтелектуальних транспортних і виробничих систем. Монографія під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. – Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2020. С.428.
6. Аулін В.В., Гриньків А.В., Головатий А.О. Кіберфізичний підхід при створенні, функціонуванні та удосконаленні транспортно-виробничих систем. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. 2020. Вип. 3(34). С.331-343.
7. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Лівіцький О.М., Головатий А.О. Дьяченко В.О. Принципи побудови та функціонування кіберфізичної системи технічного сервісу автотранспортної та мобільної

сільськогосподарської техніки. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів Technical service of agriculture, forestry and transport systems №22' 2020. С. 162-174.

8. Аулін В.В., Гриньків А.В. Кіберфізичний підхід в дослідження стану технічних систем. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції "Підвищення надійності машин і обладнання. Increase of Machine and Equipment Reliability", 15-17 квітня 2020 р. – Кропивницький : ЦНТУ, 2020. – С.168-169.

9. Аулін В.В., Гриньків А.В., Головатий А.О. Рівні завдань та структура функціонування системи технічного сервісу транспортних машин. Інноваційні технології розвитку машинобудування та ефективного функціонування транспортних систем: матеріали II Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції 25-27 березня 2020 р. Рівне : НУВГП, 2020. С. 123-125.

10. Аулін В.В., Голуб Д.В. Оцінка ймовірності безвідмовної роботи транспортних систем з мажоритарними схемами резервування. Інноваційні технології розвитку машинобудування та ефективного функціонування транспортних систем: матеріали I Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції, 21-23 травня 2019 р. - Рівне : НУВГП, 2019. – С.77-78.

11. Aulin V., Pavlenko O., Velikodnyu D., Kalinichenko O., Hrinkiv A., Diychenko V., Dzyura V. Methodological approach to estimation of efficiency of the facing of the stock complex of transport and logistic centers in Ukraine. ICCPT 2019: Current Problems of Transport: Proceedings of the 1st International Scientific Conference, May 28-29, 2019, Ternopil, Ukraine. – С.120-134.

12. Аулін В.В., Гриньків А.В., Головатий А.О., Лисенко С.В., Голуб Д.В., Кузик О.В., Тихий А.А. Методологічні основи проектування та функціонування інтелектуальних транспортних і виробничих систем. Монографія під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. – Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2020.

13. Аулін В.В., Голуб Д.В. Реалізація фізико-інформаційного підходу дослідження проблеми підвищення надійності та ефективності функціонування транспортних систем. Вестник ХНАДУ, вып. 81, 2018. С.21-28.

14. Aulin V., Lysenko S.V., Hrinkiv A.V., Chernai A.E., Zhylova I.V. New approach to elucidating the physical nature of the processes that occur in the friction zone of mates of machine parts. Problems of Tribology, V. 25, No 4/98-2020, P. 13-19.

15. Derkach O., Kobets A., Aulin V. Kabat O., Makarenko D., Hryniv A., Shchus B. Investigation of the influence of fulleren-containing oils on tribotechnical characteristics. Proceedings VIII international scientific congress Agricultural machinery, 24.06-27.06.2020. Varna, Bulgaria, 2020., Year IV, Vol. 1/7, June. P. 18-21.

16. Аулін В.В., Гриньків А.В. Теоретичне обґрунтування якісного і кількісного приросту надійності електронних систем транспортних машин. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції "Підвищення надійності машин і обладнання. Increase of Machine and Equipment Reliability", 15-17 квітня 2020 р. – Кропивницький: ЦНТУ, 2020. С 129-131

УДК 667.636.22

ВПЛИВ РЕЖИМІВ ТЕРМОРАДІАЦІЙНОГО НАГРІВАННЯ НА СТУПІНЬ АДГЕЗІЇ ПОКРИТТІВ ПРИ ФАРБУВАННІ АВТОМОБІЛІВ

Зубалій О.В., маг.

Дубовик В.О., канд. техн. наук, доц.

Центральноукраїнський національний технічний університет

Abstract

The effect of thermoradiation heating regimes during curing of paint and varnish coatings from powder paints of different colors on the degree of adhesion of these coatings was investigated in the work.

As a result, rational modes of curing of powder paints of different colors were obtained by thermoradiation heating of the sample surface.

These studies show that the degree of adhesion during thermal radiation curing is significantly influenced by the curing time.

Keywords: corrosion, adhesion, paint coatings, powder paints, thermal radiation heating.

Вступ

У зв'язку з ускладненням конструкції і форми окремих частин автомобілів, а також зі збільшенням корозійної активності навколишнього середовища збільшується число зон з підвищеною інтенсивністю кородування. Крім того, постійно зменшується товщина сталюого прокату з якого виготовляються деталі.

Довговічність і міцність старих моделей автомобілів досягались в основному за рахунок використання у якості матеріалу сталюих листів відносно великої товщини, що при сучасних об'ємах виробництва стає практично неможливим. Тому велику актуальність отримали питання захисту від корозії [1 - 3].

Аналіз попередніх досліджень

Суттєвий вклад у вивченні питань захисту від корозії деталей автотранспортної і мобільної сільськогосподарської техніки внесли такі вчені, як А.М. Селіванов, І.М. Фішман, Б.С. Свирщевський, М.М. Маламед. Подальший розвиток дослідження по захисту від корозії отримали у роботах А.Е. Северного, В.В. Горло, Є.А. Пучина, А.Н. Новікова, О.М. Терновського, В.М. Курочкина. Основним видом захисту від корозії ці вчені називали лакофарбові покриття (ЛФП) [4 - 6].

Але існуючі технології фарбування машин мають ряд недоліків. Серед них – це застосування органічних розчинників та інших шкідливих і вогнебезпечних речовин. До того ж коефіцієнт корисного використання рідких лакофарбових матеріалів (ЛФМ) складає від 40 до 60%, а для отримання товстошарових покриттів необхідно наносити декілька шарів.

Вказані недоліки рідких органорозчинних ЛФМ стимулюють пошук та розробку нових технологій і композицій, які відповідають сучасним вимогам екологічності та економічної доцільності.

Постановка проблеми

До нових перспективних видів ЛФМ відносяться порошкові фарби. Цей тип ЛФМ з'явився у 70-х роках 20 сторіччя так-як виникла необхідність вирішення екологічних і економічних проблем, а також підвищення якості захисту деталей [7]. В останні роки, за кордоном, спостерігається стійка тенденція зростання їх виробництва у порівнянні з рідкими («класичними») ЛФМ. Це пояснюється відсутністю у фарбах органічних розчинників та інших летких речовин, безвідходністю виробництва, відносною простотою технологічного процесу, зниженням ступеню небезпеки виробництва (пожежо і вибухобезпека) та добрим експлуатаційними властивостями.

На сьогодні розроблено багато різних складів порошкових фарб, але ці ЛФМ ще не достатньо широко використовуються при ремонтному фарбуванні деталей автомобілів. Це пов'язано з необхідністю застосування спеціального обладнання для отримання покриттів. Крім того не повністю досліджені технологічні режими нанесення і сушіння ЛФМ на основі порошкових фарб.

Тому питання застосування порошкових фарб для отримання ЛФП при ремонті деталей автомобілів є актуальним і потребує дослідження.

Мета та завдання

Метою роботи є дослідження впливу режимів терморадіаційного нагрівання при затвердінні ЛФП з порошкових фарб різного кольору на ступінь адгезії цих покриттів.

Завданням є отримати раціональні режими затвердіння порошкових фарб різних кольорів при терморадіаційному нагріванні.

Результати вирішення основних завдань

Для нагрівання порошкових ЛФМ, при їх затвердінні, застосовуються ті ж способи нагрівання, як і для рідких ЛФМ, а саме: конвективний і терморадіаційний. В умовах приватних авторемонтних підприємств і СТО частіше використовується терморадіаційний спосіб сушіння ЛФП. Це пояснюється відносно невисокою вартістю обладнання, яке використовується для затвердіння ЛФП.

Виходячи з цього, для дослідження адгезії ЛФП використовували зразки висушені терморадіаційним способом. У відповідності до методики [8] в даній серії експериментів як нагрівальний елемент застосовувалися лампи інфрачервоного випромінювання. Застосування інфрачервоного випромінювання в якості способу затвердіння покриттів з порошкової фарби обумовлено необхідністю зниження температури нагріву підкладки.

Експеримент з терморадіаційним затвердінням проводили при встановлені джерела інфрачервоного випромінювання (лампи ІЧДЗЧВ 230-250-3 «Іскра») на відстані 150 мм від поверхні затвердіння, час затвердіння 30 хв.

Надалі час затвердіння збільшували, не змінюючи при цьому відстань між випромінювачем і поверхнею яка піддавалась затвердінню.

Випробування проводилися на зразках пофарбованих червоною фарбою для усунення можливості зміни ступеня адгезії при застосуванні різних кольорів покриттів. Для порівняльної оцінки ступеню адгезії від часу затвердіння проводили аналогічні дослідження із зразками, які були пофарбовані у білий колір. Аналогічні дослідження провели і для інших кольорів порошкових фарб.

Адгезію визначали відповідно до ГОСТу 15140-78 «Матеріали лакофарбові. Методи визначення адгезії», за допомогою універсального приладу «Pig-Universal» (рис. 1).



Рисунок 1 Прилад «Pig-Universal» для визначення адгезії ЛФП

Для визначення адгезії використовували метод ґратчастих надрізів. Суть методу полягає у нанесенні на ЛФП ґратчастих надрізів і візуальній оцінці стану покриття за чотирибальною шкалою.

В результаті проведення досліджень отримали залежність ступеню адгезії покриттів червоного кольору від часу терморадіаційного затвердіння (рис. 2).

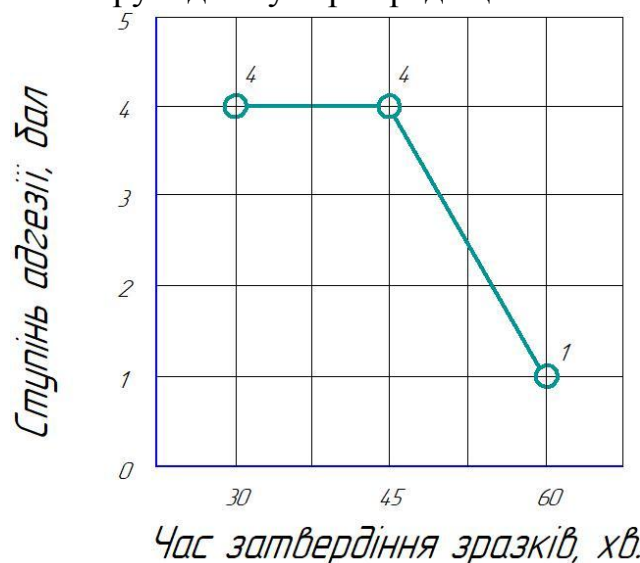


Рисунок 2 Залежність ступеню адгезії покриттів червоного кольору від часу терморадіаційного затвердіння

Наведені дані вказують на те, що при збільшенні часу затвердіння ступінь адгезії збільшується і на певних зразках (інтервал затвердіння від 45 до 60 хв.) може знаходитись в проміжку між ступенями адгезії в 3 і 4 бали.

Співставлення результатів дослідів, які проводили із зразками червоного кольору показує, що зі збільшенням часу терморадіаційного затвердіння ступінь адгезії зразків підвищується від ступеня адгезії в 4 бали до найвищого ступеня адгезії (1 бал).

Різницю в ступенях адгезії можна пояснити недостатньою температурою затвердіння покриттів на межі розділу шару лакофарбового матеріалу і підкладки при затвердінні протягом 40 і 50 хвилин, що призводить до неповного протікання процесу затвердіння лакофарбового покриття і відповідно до низького ступеня адгезії (4 бали). Ступінь адгезії зразка (1 бал) який затверджували протягом 60 хвилин свідчить про повноту протікання процесу затвердіння.

При зміні кольору покриття залежність зміни ступеня адгезії від часу затвердіння зберігається. Для підтвердження цього були проведені аналогічні дослідження для зразків пофарбованих у білий (рис. 3) та інші кольори.

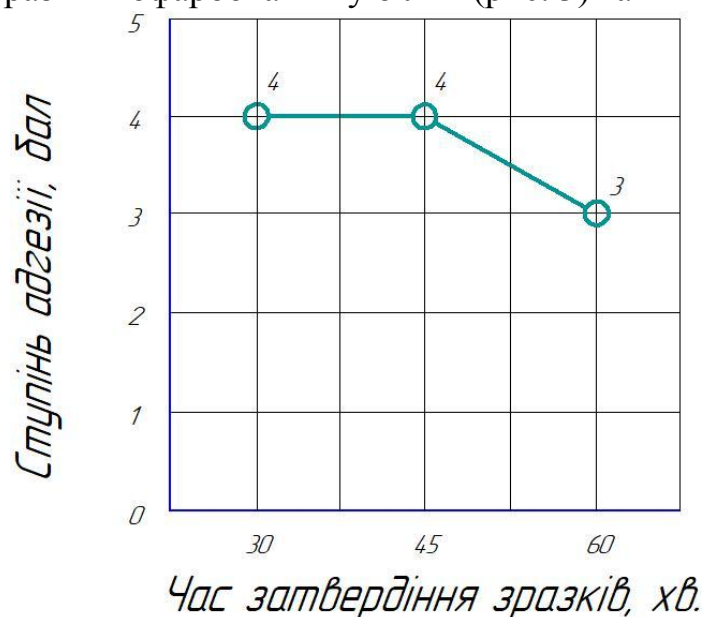


Рисунок 2 Залежність ступеню адгезії покриттів білого кольору від часу терморадіаційного затвердіння

Виходячи з проведених досліджень отримано раціональні режими затвердіння ЛФП (табл. 1).

Таблиця 1 Раціональні режими затвердіння ЛФП різних кольорів при застосуванні лампи ІЧДЗЧВ 230-250-3 «Іскра».

Колір покриття	Відстань до випромінювача, мм	Час витримки під випромінювачем, хв.
1	2	3
Чорний	150	40
Сірий	145	45
Червоний	130	50

Продовження таблиці 1

1	2	3
Синій	90	60
Зелений	80	60
Білий	70	60

Висновки

В результаті було отримано раціональні режими затвердіння порошкових фарб різних кольорів при терморадіаційному нагріванні поверхні зразків. Наведені дослідження показують, що на ступінь адгезії при терморадіаційному затвердінні суттєвий вплив має час затвердіння.

Література

1. Бодров А.С. Лакокрасочные материалы применяемые для окраски кузовов автомобилей// А.С. Бодров// Известия ОрёлГТУ. Транспорт и строительство, 2004 г, №3-4. С. 117-120.

2. Лакокрасочные покрытия. Технология и оборудование: Справочник. М.: Химия, 1992. 415 с.

3. Бранихин Г.А., Громаковский А.А. Покраска автомобиля и кузовные работы. - Изд-во «Питер», 2009, 192 с.

4. Курочкин В.Н. Хранение техники на машинных дворах. - М.: Россельхозиздат, 1985.

5. Северный А.Э. Сохраняемость и защита от коррозии сельскохозяйственной техники. -М.: ГОСНИТИ, 1993.

6. Северный А.Э., Пучин Е.А., Мельников А.А. Современный машинный двор хозяйства. -М.: ГОСНИТИ, 1991.

7. Богомолова Е.П. Мировое производство порошковых лакокрасочных материалов. /Лакокрас. материалы и их применение. - 1993. -№3. - С.70.

8. Рабинович Г.Д., Слободкин Л.С. Терморадіаційна і конвективна сушка лакокрасочних покриттів. Минск: Паука і техніка, 1986. 172с.

УДК 629.424.3

ВДОСКОНАЛЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ ПАЛИВНОЇ АПАРАТУРИ ДИЗЕЛЯ АВТОМОБІЛЯ ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЇ

**Аулін В.В., д.т.н., проф.,
Гриньків А.В., к.т.н., с.н.с.,
Гороховський С.Р., ст.,
Бобков В.Д., ст.**

Центральноукраїнський національний технічний університет

Abstract

The scheme of the mechanism of formation of fuel consumption of cars with different loading depending on type and a condition of a road surface is developed. The intervals of quality of a condition of a road surface and degree of loading of the car are defined. The estimation of indicators of adaptation of the car to change of factors of operating conditions, and also parameters of sensitivity is given. A two-factor mathematical model of car fuel consumption from the rate of increase of the rolling resistance coefficient and the load capacity utilization factor is proposed.

Key words: fuel consumption, car, road surface, load degree, sensitivity parameter, fitness factor, mathematical model.

Вступ

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. Вперше про пристосованість як об'єктивній властивості стосовно автомобілів згадується в роботі Д. П. Веліканова. Надалі різними вченими були розроблені та розширені основні положення теорії пристосованості, які і лягли в основу даної роботи. Пояснюється це тим, що в попередніх дослідженнях питання пристосованості автомобілів до дорожніх умов експлуатації по витраті палива вивчені недостатньо, що свідчить про необхідності проведення додаткових досліджень у цій області, які дозволили б встановити закономірності зміни показників паливної економічності автомобілів на дорогах IV–V категорії з урахуванням типу і стану дорожнього покриття, ступеня завантаження транспортного засобу і рівня пристосованості транспортних засобів до цих чинників. Підвищення ефективності використання автомобілів за рахунок об'єктивного нормування витрат палива на основі виявлення закономірностей зміни показників паливної економічності автотранспортних засобів залежно від типу і стану дорожнього покриття. Об'єктом дослідження є процес зміни витрати палива в залежності від типу і стану дорожнього покриття, а предметом дослідження — процес стосовно ряду автомобілів конкретних марок і моделей. Методологічною основою дослідження є теорія автомобілів, теорія двигунів, просторово-тимчасова концепція формування показників якості і ефективності транспортних засобів, теорія ймовірності, математична статистика. Основні наукові принципи роботи: механізм формування витрат палива автомобілі в залежності 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.

Аналіз попередніх досліджень

Аналіз раніше виконаних досліджень, присвячених визначенню залежностей зміни показників паливної економічності автомобілів в різних

дорожніх умовах. Даному питанню було присвячено велику кількість робіт, які виконувалися в різних наукових та навчальних закладах України та інших країн. В процесі аналізу цих робіт були зроблені наступні висновки. Дорожні умови експлуатації автомобілів включають в себе безліч факторів, що характеризуються різними показниками, однак одними з найбільш важливих з них з точки зору впливу на витрату палива автомобілів є тип і стан дорожнього покриття (Н. Я. Говорущенко, М. С. Висоцький), які можна охарактеризувати коефіцієнтом дорожнього опору або в окремих випадках коефіцієнтом опору коченню.

У той же час до цих пір не розроблено однакової методики, яка б дозволяла визначити значення коефіцієнта опору коченню на дорогах з покриттями різного типу. Частково це пов'язано з значним різноманіттям матеріалів, що використовуються при будівництві доріг I–V категорій. Кожен з цих матеріалів володіє своїми певними властивостями, які так чи інакше необхідно враховувати при розрахунку величини коефіцієнта опору коченню.

Тому на практиці найчастіше використовують середні значення коефіцієнта опору коченню, отримані дослідним шляхом при випробуваннях різних шин автомобілів на дорогах з різним покриттям. Крім цього досі немає такого показника, який би дозволив об'єктивно оцінити ступінь відмінності фактичних дорожніх умов експлуатації від стандартних, яку прийнято характеризувати показниками суворості, дозволяють порівнювати між собою фактори умов експлуатації, мають різну розмірність.

Багато вчених відзначають, що між витратою палива і коефіцієнтом опору кочення існує лінійна залежність. Залежність витрати палива від ступеня завантаження транспортного засобу також можна описати лінійною моделлю. В той же час процес зміни витрати палива автомобілів при одночасній зміні стану дорожнього покриття і ступеня завантаження транспортного засобу залишається маловивченим, тоді як виявлення залежності такого роду є необхідною умовою для об'єктивного нормування витрат палива.

Постановка проблеми

Існуючі в даний час методики визначення витрати палива автомобілів не враховують рівень пристосованості автомобілів до зміни типу і стану дорожнього покриття, в той час як численні дослідження показали, що автотранспортні засоби, як правило, володіють різною пристосованістю до факторів умов експлуатації.

Відсутність показника пристосованості автомобілів до зміни стану дорожнього покриття є одним з перешкод на шляху до об'єктивного нормування витрат палива при експлуатації автомобілів на дорогах IV–V категорій, що в свою чергу негативно впливає на ефективність використання автомобільного транспорту.

Як правило, для визначення показників пристосованості можна використовувати як експериментальні, так і аналітичні методи, причому

останні є більш переважними, оскільки відпадає необхідність в проведенні дорогих і тривалих експериментах.

Мета та завдання

Метою даної роботи є вдосконалення ефективності обслуговування паливної апаратури дизеля автомобіля під час його експлуатації.

Для реалізації мети роботи розв'язувались наступні завдання:

1. Аналітичні дослідження паливної пристосованості автомобіля.
2. Розробка методики диференціального коригування норм витрат палива.

Результати вирішення основних завдань

На першому етапі була розроблена загальна методика, яка об'єднує в собі аналітичні дослідження. 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 представленої блок-схеми, 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 витрат палива автомобіля пояснюється відхиленням умов експлуатації від стандартних значень, причому ступінь цього збільшення залежить від рівня пристосованості транспортного засобу.

Представлену 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).



Рисунок 1 Схема механізму формування витрати палива автомобілів з різним завантаженням в залежності від типу і стану дорожнього покриття

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 урахування 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. 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 суворості: помірний, помірно-суровий, суровий і дуже суровий табл. 1.

Таблиця 1 Інтервали якості стану дорожнього покриття і ступеня завантаження транспортного засобу

Найменування інтервалу	Діапазон вимірювань значення показника Δf	Діапазон вимірювань значень індексу h_f, R	Діапазон вимірювань значень показника γ	Діапазон вимірювань значень індексу 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 запропоновано 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:

$$S_\gamma = \frac{\Delta Q_\gamma}{\gamma} = \frac{q_{so} \cdot m_a \cdot \gamma \cdot g \cdot f_a}{\gamma \cdot \eta_{mp}} = \frac{9,8 \cdot 10^{-3} \cdot q_{so} \cdot q_n \cdot f_a}{\eta_{mp}}. \quad (7)$$

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_{fy} 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 та K_{fy} . 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 та 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.

На основі аналізу виконаних досліджень висунута робоча гіпотеза про те, що залежність витрат палива автомобіля від показника приросту коефіцієнта опору коченню і коефіцієнта використання вантажопідйомності описується двофакторною математичною моделлю пристосованості:

$$q = q(V) + S_f \cdot \Delta f \cdot 10^3 + S_\gamma \cdot \gamma + S_{fy} \cdot \Delta f \cdot \gamma \cdot 10^3 \quad (11)$$

де $q(v)$ – оптимальна витрата палива автомобіля в спорядженому стані в стандартних умовах, що представляє собою функцію від швидкості руху, л/100км.

Розглядалися також питання, що стосуються проведення експериментальних досліджень. Зокрема, був розроблений план експерименту, який включає в себе опис обладнання і контрольовано-вимірювальних приладів, необхідних для проведення випробувань, описані стандартні умови проведення

випробувань та методика проведення експериментальних досліджень, порядок визначення похибок результатів вимірювань, а також методика оцінки адекватності запропонованих моделей. Експериментальні дослідження проводилися у відповідності з вимогами ДСТУ. Винятком були вимірювальні дорожні ділянки і завантаження транспортного засобу.

У ході проведення експерименту вибиралися дорожні ділянки з покриттями різного типу, завантаження транспортних засобів змінювалася у всьому діапазоні вантажопідйомності рухомого складу. Випробування проводилися методом активного експерименту, мінімальне необхідна кількість повторних вимірів визначалася виходячи з рівня довірчої ймовірності $\alpha = 0,85$, що відповідає вимогам, до інженерних експериментів, що не впливають на безпеку дорожнього руху. Виміри витрати палива досліджуваних автомобілів КамАЗ 43255 і КамАЗ-6520-19 проводилися за допомогою штатних датчиків транспортних засобів, показання яких зчитувалися з електронного блоку управління з діагностичним інтерфейсом за допомогою спеціалізованих адаптерів і спеціального діагностичного програмного забезпечення. Обробка експериментальних даних та їх подальший аналіз проводився за допомогою пакетів прикладних програм на ПК.

За результатами аналітичних досліджень були визначені чисельні значення параметрів чутливості S_f , S_γ і $S_{f\gamma}$ для автомобілів різних марок і моделей з використанням інформації, представленої в нормативно-технічній документації. У процесі аналізу розрахованих значень параметрів чутливості S_f , S_γ і $S_{f\gamma}$ була визначена необхідність диференційованого коригування норм витрат палива при експлуатації автомобілів на дорогах IV-V категорій. Отримані значення параметрів чутливості для автомобілів різних марок і моделей відрізняються в кілька разів: значення параметра чутливості S_f при рівні довірчої ймовірності $\alpha = 0,95$ змінюються в діапазоні від 0,130 до 1,134 л/100 км; значення параметра чутливості S_γ при тому ж рівні довірчої ймовірності змінюються в межах від 0 до 11,576 л/100 км; значення параметра чутливості $S_{f\gamma}$ змінюються в діапазоні від 0 до 1,796л/100 км при рівні довірчої ймовірності $\alpha = 0,95$. Далі були розраховані чисельні значення коефіцієнтів пристосованості K_f і $K_{f\gamma}$ для автомобілів різних марок і моделей. Щільність розподілу значень коефіцієнтів пристосованості K_f і $K_{f\gamma}$ представлена на рис. 2. Як видно з рис. 2, щільність розподілу значень коефіцієнтів пристосованості K_f і $K_{f\gamma}$ відповідає нормальному закону розподілу, при цьому середнє значення коефіцієнта пристосованості $K_f = 0,63$, а середнє значення коефіцієнта пристосованості $K_{f\gamma} = 0,64$. При рівні довірчої ймовірності $\alpha = 0,997$ значення коефіцієнта пристосованості K_f змінюються в діапазоні від 0,44 до 0,80, при тому ж рівні довірчої ймовірності значення коефіцієнта пристосованості $K_{f\gamma}$ змінюються в діапазоні від 0,35 до 0,93.

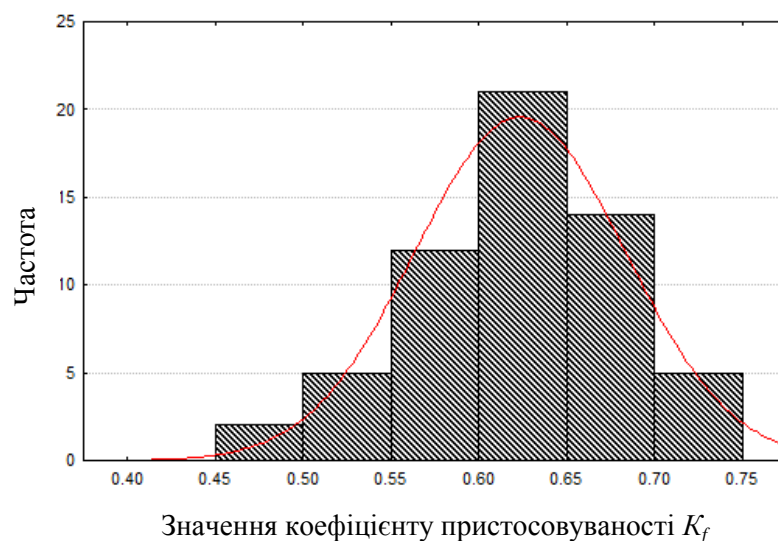
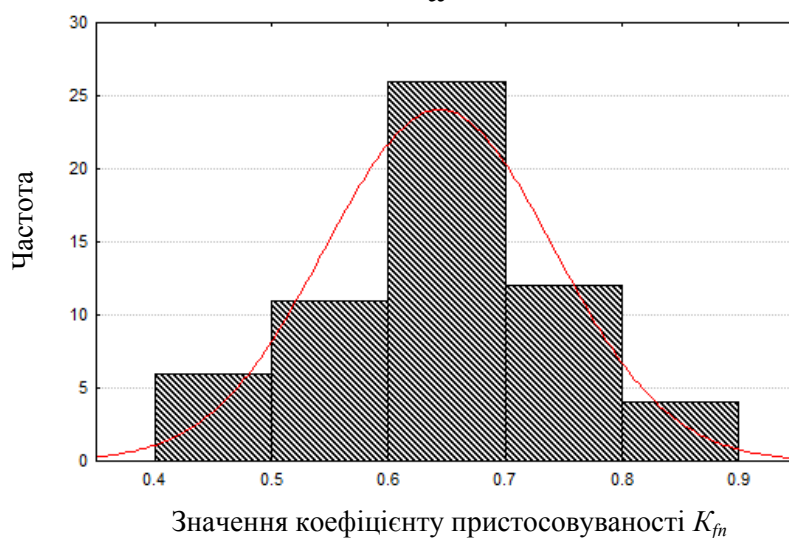

а

б

Рисунок 2 Щільність розподілу значень коефіцієнтів пристосовуваності K_f і K_{fm} : а – критерій Колмогорова-Смирнова $d=0,09$; Критерій Шапиро-Уилка $W=0,96$; б – критерій Колмогорова-Смирнова $d=0,06$; Критерій Шапиро-Уилка $W=0,97$

У відповідності з виконаними дослідженнями діапазони значень коефіцієнтів пристосованості K_f і K_{fm} 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	0,50	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_{fj}	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.3.

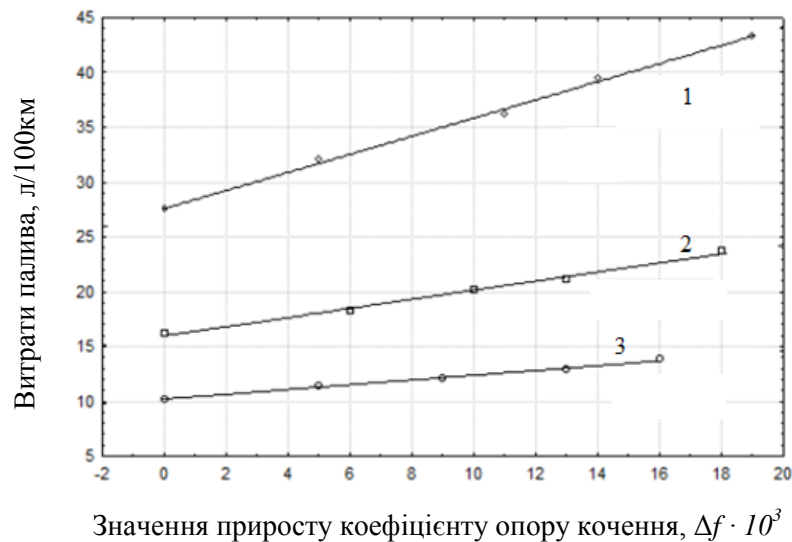


Рисунок 3 Залежність витрати палива автомобілів в спорядженому стані від показника приросту коефіцієнта опору кочення: 1 – КамАЗ 6520-19, 2 – КамАЗ – 43255, 3 – ГАЗ -3302

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

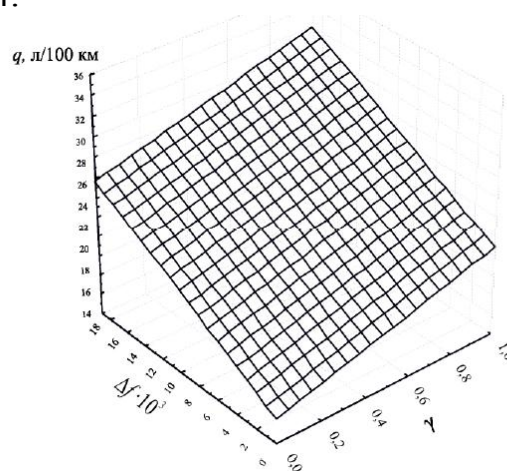
Параметри	Чисельні значення параметрів математичної моделі для автомобілів		
	ГАЗ-3302	КамАЗ-43255	КамАЗ-6520-19
Оптимальна витрата палива $q(v)$, л/100 км	10,20	16,20	27,50
Параметри чутливості S_f , л/100 км	0,202	0,430	0,816
Параметри чутливості S_γ , л/100 км	1,659	2,645	7,560
Параметри чутливості $S_{f\gamma}$, 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 є адекватною. 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.

Графік спільного впливу збільшення коефіцієнта опору коченню і коефіцієнта використання вантажопідйомності на витрату палива автомобілів представлений на рис. 4.

**Рисунок 4 Залежність витрати палива автомобіля КамАЗ-43255 від показника приросту коефіцієнта опору кочення Δf та коефіцієнту використання вантажопідйомності γ**

З представленою графіка видно, що витрата палива автомобіля залежить від величин приросту коефіцієнта опору коченню і коефіцієнта використання вантажопідйомності, причому їх одночасна зміна викликає більш інтенсивне збільшення витрати палива.

На базі проведених досліджень в роботі запропонована методика диференційованого коригування норм витрат палива. Вона включає в себе порядок визначення рівня пристосованості автомобілів до зміни дорожнього покриття, розрахунок експлуатаційних норм витрат палива при експлуатації автомобілів на горизонтальних ділянках доріг IV-V категорії, а також середні значення диференційованих поправочних коефіцієнтів до базової і транспортної норм витрати палива.

Значення диференційованих поправочних коефіцієнтів до базової і транспортної норм витрати палива визначалися за формулами:

$$D = \frac{Q - H_s}{H_s} \cdot 100\%, \quad (12)$$

$$D = \frac{Q - (H_s + H_w \cdot W)}{H_s + H_w \cdot W} \cdot 100\% \quad (13)$$

де Q – фактична витрата палива, л/100 км; H_s – базова норма витрати палива на пробіг автомобіля в спорядженому стані, л/100 км; H_w – норма витрати палива на транспортну роботу, л/100ткм; W – обсяг виконаної транспортної роботи, т-км.

По представленим формулами були розраховані середні значення поправочних коефіцієнтів до базової і транспортної норм витрати палива, які представлені в табл. 6 і 7.

Таблиця 6 Значення поправочних коефіцієнтів для базової витрати палива

Рівень пристосованості	Значення поправочного коефіцієнта за інтервалами суворості стану дорожнього покриття, %			
	Помірний	Помірно-суворий	Суворий	Дуже суворий
Низький	12	37	61	79
Середній	7	22	36	47
Високий	4	13	22	28

Таблиця 7 Значення поправочних коефіцієнтів для транспортної норми витрати палива

Інтервал суворості по степені завантаження ТЗ	Значення поправочного коефіцієнта за інтервалами суворості стану дорожнього покриття, %			
	Помірний	Помірно-суворий	Суворий	Дуже суворий
Помірний	13	40	67	86
Помірно-суворий	16	50	83	107
Суворий	19	59	97	126
Дуже суворий	21	66	110	143

Економічний ефект від впровадження результатів дослідження визначався за формулою:

$$E = \frac{N_a \cdot C_m \cdot Q_m}{10^4} \cdot \sum_{i=1}^n [N_{dni} \cdot l_{cci} \cdot (D_n - D_{diff})] \quad (14)$$

де N_a – обліковий склад автомобілів в парку, од.; C_m – ціна одного літра палива, грн; Q_m – норма витрати палива, л/100 км; N_{dni} – кількість робочих днів у розрахунковому місяці, дн.; l_{cci} – середньодобовий пробіг автомобіля в розрахунковому місяці, км; D_n – поправочний коефіцієнт до норми витрати палива, встановлений методичними рекомендаціями або на підприємстві, %; D_{diff} – диференційований поправочний коефіцієнт до норми витрати палива, %.

Впровадження результатів дослідження дало економічний ефект в розмірі від 86 до 147 грн./авт.день (в цінах на дизельне паливо за 2019 р.) для автомобілів з низьким рівнем пристосованості в помірно-суворому інтервалі умов експлуатації. Економічний ефект утвориться за рахунок об'єктивного нормування витрат палива, яке дає можливість виявити нецільове витрачання ПММ, викликане незадовільним технічним станом транспортних засобів, некваліфікованим водінням або розкраданням палива.

Висновки

1. Вирішене завдання підвищення ефективності використання автомобілів на дорогах IV-V категорій за рахунок об'єктивного нормування витрат палива на основі виявлення закономірностей зміни показників паливної економічності автотransпортних засобів з різним ступенем завантаження в залежності від типу і стану дорожнього покриття.

2. Розкритий механізм формування витрат палива автомобілів з різним ступенем завантаження на дорогах IV-V категорії на основі просторово-часової концепції, враховує відхилення умов експлуатації від стандартних значень і рівень пристосованості автомобілів до них.

3. Розроблений показник стану дорожнього покриття, приведений до універсальної 12-бальною шкалою суворості, яка дозволяє враховувати і порівнювати між собою різні за своєю природою фактори. Значення індексу h_f змінюються в діапазоні від 0 до 12 R , де R – універсальна безрозмірна одиниця суворості. Також розроблено показник ступеня завантаження транспортного засобу h_γ , значення якого змінюються в діапазоні від 0 до 1,4, що відповідає зміні коефіцієнта використання вантажопідйомності в діапазоні від 0 до 1,4. Розроблені параметри чутливості автомобілів до зміни стану дорожнього покриття, до зміни ступеня завантаження транспортного засобу і до сукупного зміни стану дорожнього покриття і ступеня завантаження транспортного засобу. Значна варіація значень отриманих параметрів чутливості свідчить про необхідність диференційованого коригування норм витрат палива.

Література

1. Hahanov V.I., Guz O.A., Ziarmand A.N., Ngene Christopher Umerah, Arefjev A. Cloud Traffic Control System. Proc. of IEEE East-West Design and Test Symposium. 2013. P.72-76.
2. Hahanov V., Gharibi W., Baghdadi Ammar Awni Abbas, Chumachenko S., Guz O., Litvinova E. Cloud traffic monitoring and control. Proceedings of the IEEE:

2013: 7th International conference on intelligent data acquisition and advanced computing systems (IDAACS). 2013. P. 244-248.

3. Кудрявцева А. С. Киберфизическая система как развитие автоматизации на всех этапах жизненного цикла деятельности предприятия на основе внедрения цифровых технологий. Системный анализ в проектировании и управлении. 2019. № 1. С. 312-320.

4. Pandit A.A., Talreja J., Mundra A.K. RFID Tracking System for Vehicles (RTSV). First International Conference on Computational Intelligence, Communication Systems and Networks. 2009. P.160-165.

5. Jiang Lin-ying, Wang Shuai, Zhang Heng, Tan Han-qing. Improved Design of Vehicle Management System Based on RFID. Intelligent System Design and Engineering Application (ISDEA):International Conference 2010. Vol. 1. P. 844-847.

6. Аулін В.В., Панков А.А., Гриньків А.В., Герук С.Н., Єрмак В.П., Щеглов А.В. Синтез модульних транспортно-технологічних машин на основі агрегатної уніфікації. Технічне забезпечення інноваційних технологій в сільському господарстві : Міжнарод. науч.-практ. конф., 26-27 листопада 2020 г., г. Мінськ . - Мінськ : БГАТУ, 2020. - С. 221-224.

7. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Лівіцький О.М., Головатий А.О., Дьяченко О.В. Принципи побудови та функціонування кіберфізичної системи технічного сервісу автотранспортної та мобільної сільськогосподарської техніки. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів Technical service of agriculture, forestry and transport systems №22' 2020. С. 162-174.

8. Аулін В.В., Гриньків А.В. Кіберфізичний підхід в дослідження стану технічних систем. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції "Підвищення надійності машин і обладнання. Increase of Machine and Equipment Reliability", 15-17 квітня 2020 р. – Кропивницький : ЦНТУ, 2020. – С.168-169.

9. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Замота Т.Н., Крупіца О.В., Панайотов К.К. Обоснование использования современных подходов для усовершенствования диагностирования систем и агрегатов автомобиля. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2019. Вип. 2(33). С.65-75.

10. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В. Модель надійності деталей транспортних машин за процесами реалізації триботехнологій їх припрацювання і відновлення. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2019. Вип. 2(33). С.50-64.

11. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Ізюмський О.В., Ізюмський В.А., Брюховецький О.М., Кузик О.В., Лукашук А.П. Система змащення турбокомпресора двигуна внутрішнього згоряння. Пат. 138278 Україна, МПК (2006) F01N 1/00 №u201904683; Заявл. 02.05.2019; Опубл. 25.11.2019; Бюл.№ 22, 25.11.2019 р.

12. Aulin V., Zamota T., Hryniv A., Lysenko S., Chernovol M., Chernai A. Features of electrochemical-mechanical running-in of chrome-plated piston rings to the cast-iron surface of the cylinder liner under different friction modes. Проблеми

трибології (Problems of tribology). Хмельницький. ХНУ, 24 (3/93) (2019) – С.85-91.

13. Аулін В.В., Гриньків А.В. Методи виявлення та діагностики несправностей систем та агрегатів машин. Матеріали 1ої Міжнародної науково-практичної конференції “Підвищення надійності машин і обладнання. Increase of Machine and Equipment Reliability”, 17-19 квітня 2019 р. – Кропивницький : ЦНТУ, 2019. – С.188-190.

14. Аулін В.В., Замота Т.Н., Гриньків А.В., Караїчев А.А., Кіріченко Є.О. Пути улучшения современной системы диагностирования автомобилей. Матеріали 1ої Міжнародної науково-практичної конференції “Підвищення надійності машин і обладнання. Increase of Machine and Equipment Reliability”, 17-19 квітня 2019 р. – Кропивницький : ЦНТУ, 2019. – С.218-223.

15. Аулін В.В., Лисенко С.В., Жилова І.В., Вербицький О.В. Синергетичне підвищення надійності трибоспрязень деталей систем і агрегатів транспортних машин. Матеріали 1ої Міжнародної науково-практичної конференції “Підвищення надійності машин і обладнання. Increase of Machine and Equipment Reliability”, 17-19 квітня 2019 р. – Кропивницький : ЦНТУ, 2019. – С.7-8.

16. Аулін В.В., Лівіцький О.М., Замота О.М. Вплив надійності сільськогосподарської та транспортної техніки на оптимальний термін її служби. Зб. тез доповідей VI Міжнародної науково-технічної конференції "Крамаровські читання" 21-22 лют. 2019 р., м. Київ / НУБіП. – К.: Видавничий центр НУБіП України, 2019. – С. 83-86.

17. Аулін В.В., Гриньків А.В., Голуб Д.В., Агапоненко М.І. Розробка критерію вдосконалення системи технічної експлуатації засобів транспорту з врахуванням необхідної діагностичної інформації. Міжвузівський збірник "Наукові нотатки". – Луцьк: Луцький НТУ, 2018. – №62. – С.17-20.

18. Аулін В.В., Замота Т.Н., Замота О.Н., Гриньків А.В. Техно-экономическое обоснование преимущества интеллектуальной стратегии технического обслуживания и ремонта легкового автомобиля. Вісник інж. академії України. – 2017. – №4. – С.50-56.

19. Аулін В.В., Гриньків А.В., Головатий А.О. Кіберфізичний підхід при створенні, функціонуванні та удосконаленні транспортно-виробничих систем. Центральнотраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2020. Вип. 3(34). С.331-343.

20. Аулін В.В., Голуб Д.В., Лисенко С.В., Гриньків А.В., Дьяченко В.О., Замуренко А.С. Теоретичний підхід до оцінки ймовірностей безвідмовної роботи транспортних та виробничих систем і ланцюгів постачань на основі їх логічних структурних схем надійності. Центральнотраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2020. Вип. 3(34). С.290-304.

УДК 621.791.92

ЗНОСОСТІЙКІ ПОКРИТТЯ НА ОСНОВІ КОБАЛЬТУ

Куликівський В.Л. к.т.н.

Мельник В.Л., ст.

Голощук В.О., ст.

Ворошилов Г.М., ст.

Гончарук В.А., ст.

Мандра В.В., ст.

Гордієнко В.С., ст.

Поліський національний університет

Abstract

The analysis of application of cobalt - based alloys is carried out in the work and it is offered to use them for strengthening of surfaces of details working in the conditions of abrasive wear. Studies have shown that the use of cobalt-based alloys can significantly increase the resistance of machine parts to abrasive wear at high temperatures and chemically aggressive environments.

Keywords: alloys, cobalt, wear resistance, hardness, chemical composition

Вступ

Абразивний знос – одна з найважливіших і найдорожчих проблем, з якими стикаються промислово розвинені економіки. Абразивний знос коштує промисловим країнам 1...4% їх валового національного продукту. Це величезна проблема, яка виникає у таких галузях народного господарства як: добування корисних копалин, будівництві, сільському господарстві та інших. Абразивний знос ідентифікується як знос внаслідок проникнення твердих частинок або поверхневих нерівностей однієї твердої речовини на поверхню більш м'якої твердої речовини під час ковзання або контакту при ударі. Результатом є деформація або різання матеріалу більш м'якої поверхні. В транспорті багато деталей машин піддаються абразивному зношуванню, саме тому пошук зносостійких матеріалів для підвищення їх зносостійкості є актуальною задачею.

Аналіз попередніх досліджень

Сплави на основі кобальту часто використовуються для зміцнення поверхонь деталей, які працюють в умовах абразивного зношування, оскільки вони стійкі до зносу, корозії та термостійкі. У табл. 1 наведені найбільш поширені типові склади сплавів на основі кобальту. Властивості сплавів обумовлені кристалографічною природою кобальту. Як правило, більш м'які та сплави використовуються для деталей машин, які працюють при високих температурах. Більш тверді сплави використовуються для деталей, які працюють при абразивному зношуванні.

Таблиця 1 Хімічний склад сплавів на основі кобальту

Сплав	(%)									
	Co	Cr	W	Mo	C	Fe	Ni	Si	Mn	Інше
Зносостійкі сплави на основі кобальту										
Stellite 1	bal	31	12,5	1	2,4	3	3	2	1	-
Stellite 6	bal	28	4,5	1	1,2	3	3	2	1	-
Stellite 12	bal	30	8,3	1	1,4	3	3	2	1	-
Stellite 21	bal	28	-	5,5	0,25	2	2,5	2	1	-
Hayness alloy 6B	bal	30	4	1	1,1	3	2,5	0,7	1,5	-
Triballoy T-800	bal	17,5	0	29	0,08	-	-	3,5	-	-
Stellite F	bal	25	12,3	1	1,75	3	22	2	1	-
Stellite 4	bal	30	14,0	1	3,3	3	3	2	1	-
Stellite 190	bal	26	14,5	1	3,3	3	3	2	1	-
Stellite 306	bal	25	2,0	-	0,4	-	5	-	-	6Nb
Stellite 6K	bal	31	4,5	1,5	1,6	3	3	2	2	-
Високотемпературні сплави на основі кобальту										
Hayness alloy 25	bal	20	15	-	0,1	3	10	1	15	-
Haynes alloy 188	bal	22	14	-	0,1	3	22	0,35	1,25	0,05La
MAR-M alloy 509	bal	22,5	7	-	0,6	1,5	10	0,4	0,1	3,5Ta 0,2Ti 0,5 Zn
Корозійностійкі сплави на основі кобальту										
MP33N multiphase alloy	bal	20	-	10	-	-	35	-	-	-
Hayness alloy 123	bal	22,5	2	5	0,08	3	9	-	-	0,1N

Багато сплавів на основі кобальту отримували із кобальт-хромовольфрамів та кобальтово-хромоволібденових тернарів, вперше проаналізованих Елвудом Хейнсом на рубежі століть. Він виявив високу міцність і стійкість до корозії бінарних кобальт-хромових сплавів, а пізніше визначив вольфрам і молибден як потужні зміцнюючі речовини в системі кобальт-хром. Коли він відкрив ці сплави, Хейнс назвав їх стелітові сплави, від латинського stella, в честь зірки через їх зіркоподібний блиск. Виявивши їх високу міцність при підвищеній температурі, Хейнс також сприяв використанню стелітових сплавів в якості ріжучих інструментальних матеріалів.

Після успіху інструментальних матеріалів на основі кобальту під час Першої світової війни, вони використовувались приблизно з 1922 року у формі наплавленого шва для захисту поверхонь від зносу. Спочатку сплави на основі

кобальту використовувались для виробництва робочих органів плугів, бурильного обладнання, днопоглиблювальних фрез, плашок та клапанів двигунів внутрішнього згорання та для гніздах клапанів.

Пізніше в 1930-х - на початку 1940-х років сплави на основі кобальту для захисту від корозії при високих температурах були розроблені Austenal Laboratories та Haynes Stellite Division of Carbide Union. З корозійно-стійких сплавів розроблений кобальт-хром-молібденовий сплав із помірним низьким вмістом вуглецю для виробництва специфічного стоматологічного матеріалу. Цей біосумісний матеріал, який має торгову назву Vitallium, сьогодні використовується для хірургічних імплантатів. У 1940-х роках цей самий сплав також пройшов випробування для лопаток турбокомпресорів літаків. Цей ранній високотемпературний матеріал (Stellite 21), використовується і сьогодні, але переважно як сплав для підвищення зносостійкості деталей машин.

Постановка проблеми

В сучасних сплавах на основі кобальту мало, що змінилося від ранніх сплавів Елвуда Хейнса. Найважливіші відмінності стосуються контролю вуглецю та кремнію. Основною відмінністю нинішніх марок сплавів стелітів є вміст вуглецю та вольфраму, а отже і кількість утворення карбїду в мікроструктурі під час затвердіння. Залишається не визначеною можливість застосування сплавів на основі кобальта для захисту від абразивного зношування

Мета та завдання

Мета роботи – встановити вплив хімічного складу стелітових сплавів на їх зносостійкість в умовах абразивного зношування.

Завдання роботи полягало у встановленні інтенсивності абразивного зношування сплавів на основі кобальту.

Результати вирішення основних завдань

Дані про знос для шести найпопулярніших зносостійких сплавів представлено на рис. 1, а також для нержавіючої сталі 08X13 та інструментальної сталі XB5 (60 HRC) для порівняння. Ці дані були отримані за допомогою випробування відповідно до стандарту ASTM G65B (сухий пісок/гумове колесо). У межах сімейства сплавів стелітів з рис. 1 видно, що стійкість до стирання є функцією вмісту вуглецю та вольфраму (рис. 1) Зі збільшенням вмісту вуглецю в хромовольфрамових стелітових сплавах зростає і вміст вольфраму, що призводить до збільшення вмісту карбїду і твердості.

Сплави на основі кобальту не набули широкого використання для виготовлення деталей, які працюють при високих температурах, порівняно зі сплавами на основі нікелю. Все ж таки вони відіграють важливу роль завдяки своїй чудовій стійкості до сульфїдування та міцності при температурі вище, ніж у нікелі та нікелевих сплавах заліза. Кобальт також використовується, як легуючий елемент у багатьох високотемпературних сплавах на основі нікелю.

Хоча зносостійкі сплави на основі кобальту володіють деякою стійкістю до водної корозії, вони обмежені випаданнями карбїду на межі зерен,

відсутністю життєво важливих легуючих елементів у матриці та у випадку литих і зварювальних накладних матеріалів, хімічною сегрегацією в мікроструктурі.

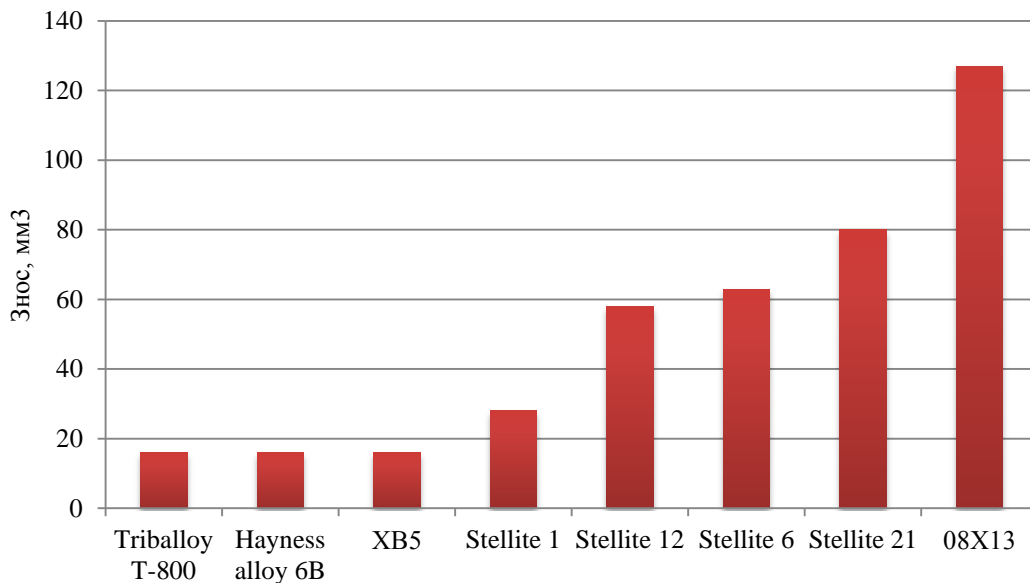


Рисунок 1. Результати випробовування сплавів на основі кобальту на абразивну зносостійкість відповідно до ASTM G 65 [1]

Завдяки своїй однорідній мікроструктурі та меншому вмісту вуглецю ковані високотемпературні сплави на основі кобальту більш стійкі до водної корозії, але значно відстають від сплавів нікель-хром-молібден за характеристиками протидії корозії.

Висновки

Використання сплавів на основі кобальту може суттєво підвищити стійкість деталей машин до абразивного зношування при високих температурах і хімічно агресивному середовищі.

Література

1. ASTM G65: Standard Test Method for Measuring Abrasion Using the Dry Sand/Rubber Wheel Apparatus. 2016. 14p.
2. Аулін В.В., Деркач О.Д., Макаренко Д.О., Гриньків А.В. Вплив режимів експлуатації на зношування деталей, виготовлених з полімерно-композитного матеріалу. Проблеми трибології (Problems of tribology). Хмельницький. ХНУ, 2018. №4. С.65-69.
3. Аулін В.В., Гриньків А.В. Використання діагностичної інформації про технічний стан транспортних засобів при прогнозуванні рівня їх експлуатаційної надійності. Зб. тез доповідей ІХ Всеукраїнської наук.-практ. конференції студентів, аспірантів та молодих учених "Підвищення надійності машин і обладнання". Кіровоград: КНТУ, 2015. С.9-12.

УДК 621.512

**МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛООВОГО СТАНУ ДЕТАЛЕЙ ПОРШНЕВОГО
КОМПРЕСОРА ТРАНСПОРТНИХ МАШИН ТА МЕХАНІЗМІВ**

Кабашкін І., PhD, проф.

Інститут транспорту і зв'язку, м. Рига

Аулін В.В., д.т.н., проф.,

Кузик О.В., к.т.н., доц.,

Коваленко В.О., ст.,

Петровський М.Ю., ст.,

Лукашук І.П., ст.

Центральноукраїнський національний технічний університет

Abstract

A thermal physical model of reciprocating compressor sanctions is constructed. Control points are selected, in which the current temperatures, gas density, its speed and heat transfer coefficients are studied. The analysis of the obtained results is given and the most significant control points of the heat exchange surface are connected by the reverse order of the compressor sanctions.

Key words: compressor, connecting rod, piston, temperature, voltage.

Вступ

Тенденції розвитку в транспортних галузях показують, що при експлуатації транспортних механізмів і установок основна увага приділяється питанням діагностики та вчасного виявлення несправностей технологічного обладнання [1]. Найбільший ефект діагностування досягається використанням підходу пошуку несправностей і діагностики (FDD - fault detection and diagnostics) із застосуванням спеціалізованих мікропроцесорних пристроїв [2-4]. Даний підхід передбачає використання математичних моделей діагностованих вузлів установок, що дозволяють виводити попередню оцінку основних параметрів функціонування механізму.

Аналіз попередніх досліджень

Основним і найбільш відповідальним елементом ряду механізмів і систем є компресор, оскільки з ним пов'язують близько 70% всіх відмов компресорних установок [5-7]. Одним з найважливіших параметрів компресора, що впливає на знос його механічної частини є момент опору, що діє на привідний вал електродвигуна. Звертаючи увагу на той факт, що момент опору вкрай складно піддається виміру, актуальним завданням стає розробка математичної моделі, що дозволяє проводити достовірну оцінку його значення.

Створення математичних моделей, що описують момент опору і динаміку механічної частини компресора в цілому, розглядається в багатьох роботах, причому інтерес до цієї теми не слабшає. У роботах [8, 9] в рамках розробки динамічної багатомасової моделі компресора наводяться рівняння сил і моментів, що діють на основні елементи кривошипного механізму (КШМ) -

кривошип, шатун, поршень. При цьому автори розглядають абсолютні значення сил і моментів без приведення їх до валу приводного електродвигуна.

В роботі [10] розглядається динамічна модель поршневого компресора в вертикальних осях, і приводяться матричні рівняння основних сил і моментів, адаптовані для обчислення чисельним методом Рунге-Кутта четвертого порядку в середовищі моделювання Matlab. При цьому автори не враховують сили, діючі на його поршень з боку механізму. У монографії, незважаючи на докладний опис методики розрахунку моменту опору компресора, наводяться лише загальні рекомендації з розрахунку газових сил, що діють на поршень, що ускладнює створення достовірної моделі.

Для всіх перерахованих робіт характерна відносна складність математичного опису моменту опору компресора, що ускладнює створення на його основі досить просту і адекватну модель. Більш простий математичний вираз, отриманий в роботі [11], але він не дає достовірних результатів і дозволяє лише оцінити середнє значення моменту опору. При створенні моделі необхідно передбачити її просту реалізацію засобами загальноновизнаних пакетів моделювання, наприклад, Matlab / Simulink. Це умова і розглянуті проблеми зумовлюють необхідність подальших досліджень.

Постановка проблеми

Моделювання теплових процесів в більшості робіт, як правило, зводиться до визначення температурних полів і кількості теплоти, що передається від газу до стінок. В процесі моделювання можливе отримання емпіричних залежностей для розрахунку локальних або усереднених за поточною на поверхні теплообміну коефіцієнтів тепловіддачі в робочій камері.

У роботах [12, 13] на прикладі поршневих компресорів і детандерів показано вплив різних чинників на рівень коефіцієнта тепловіддачі, як по поверхні циліндра, так і по поверхнях впускний і випускний порожнин. Розглянемо вирішення газодинамічного і теплового завдань стосовно поршневого компресора, метою яких є вивчення: швидкостей газу, що омиває внутрішню поверхню циліндра; нерівномірність розподілу температур по поточному обсягу газової порожнини і внутрішньої поверхні металевого циліндра; температури і коефіцієнта тепловіддачі в функції від часу в локальних точках об'єкта дослідження. У роботах [14, 15] показано, що температура стінок робочої камери залишається майже незмінною протягом циклу, оскільки амплітуда коливань температури на поверхнях теплообміну не перевищує 2 - 3 К. З огляду на високу частоту обертання валу сучасних компресорів, можливо стверджувати, що тепловий стан металевих елементів деталей компресора в локальних точках поверхні теплообміну на сталому режимі зберігається незмінним.

Мета та завдання

Метою даної роботи є моделювання теплового стану деталей поршневого компресора транспортних машин та механізмів.

Для реалізації мети розв'язувалися наступні завдання:

1. Побудова фізичної моделі теплового стану секцій компресора.
2. Дослідження розподілу полів температур, швидкості та коефіцієнта теплопровідності газу в порожнині секцій компресора.

Результати вирішення основних завдань

Отримати близький до реальності розподіл температур по корпусу машин об'ємної дії надзвичайно складно, особливо при різних способах і інтенсивності охолодження. В реальних умовах температура повітря, що нагнітається газом лежить в діапазоні 150...180°C, а охолоджуюча вода має температуру 16...30°C, що сприяє утворенню локальних зон з непрогнозованою температурою поверхні.

Однією з основних завдань цієї роботи є одержання відповіді на практично важливе питання – про доцільність водяного охолодження компресорів, для яких характерні малі розміри циліндрів при високій початковій щільності і масі газу. Розрахунок теплового стану проведено з урахуванням газодинамічних явищ і реальних температур металевого корпусу компресора. У розрахунковій фізичній моделі рис.1 окремо виконувалися газові порожнини патрубків на всмоктування і нагнітання і робочі порожнини циліндра з боку кришки та з боку валу. Окремо змодельована порожнину, що заповнюється водою і порожнину, що відноситься до картера, відокремлена від газових порожнин сальниковим ущільненням. Різні порожнини з'єднані або з'єднуються в процесі розрахунку між собою через interface в програмі. На кордоні з'єднання дані інтерполюються. Навколо газових порожнин, як видно з рис.1, змодельовано корпус секції компресора. Газові порожнини і порожнини корпусу стикаються також через Interface. Основні характеристики компресора: діаметр циліндру – 100 мм; діаметр штоку – 40 мм; відносна величина мертвого простору (%): зі сторони кришки – 7 %, зі сторони валу – 22%; кількість клапанів всмоктуючих/нагнітальних на одному циліндру: зі сторони кришки 1; зі сторони валу 1; хід поршня - 110 мм; відношення радіуса кривошипу до довжини шатуна 0,25; частота обертання колінчастого валу, об/хв. 1500; тиск всмоктування, МПа – 2,3; ; тиск нагнітання, МПа – 5,3; температура всмоктування, 273 К; нагнітання 375 К.

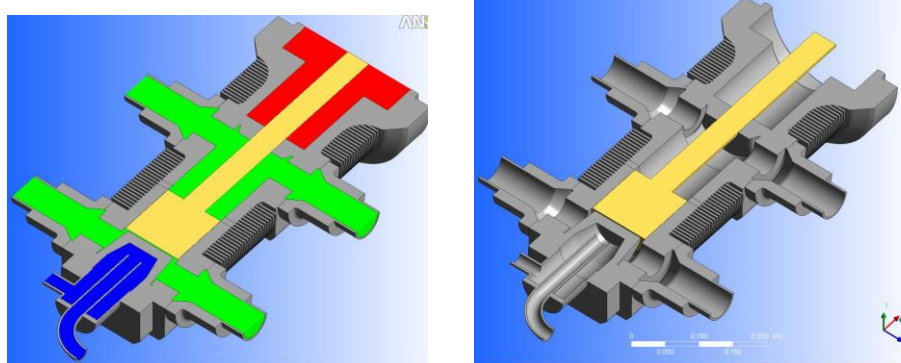


Рисунок 1 Фізична модель теплового стану секцій компресора

Зазначимо, що на рис. 1 представлена повна модель окремого ряду секцій компресора: з газовими порожнинами і без них. Зеленим кольором зафарбовані об'єми займані робочим газом компресора (в даному випадку повітрям), червоним – відзначена порожнину картера за сальниковим ущільненням, а

синім кольором – виділена порожнину, що заповнюється охолоджувальною водою. При моделюванні враховані кути відкриття і закриття всмоктуючих і нагнітальних клапанів, певні при попередньому розрахунку секції компресора з використанням пакету програм ANSYS. Всмоктуючий клапан зі сторони валу на 251 град; всмоктуючий клапан зі сторони кришки на 33 град.; нагнітальний клапан зі сторони валу на 273 град.; нагнітальний клапан зі сторони кришки на 84 град.

При вирішенні поставлених завдань прийняті наступні припущення:

1. відкриття та закриття клапана відбувається миттєво;
2. рішення завдання починається в момент часу $t=0$ при початкових параметрів заданих користувачем програми;
3. представлені результати відносяться до п'ятого робочого циклу;
4. ступінь герметична;
5. газ сухий;
6. кутова частота обертання валу постійна, тобто $\omega = 2\pi n = \text{const}$.

В якості граничних умов задаються параметри газу на вході компресора (тиск і температура) та переміщення поршня, що описується при кривошипно-шатунного механізму руху рівнянням:

$$S = r \cdot [(1 - \cos \alpha) + \lambda \cdot (1 - \cos 2\alpha) / 4], \quad (1)$$

де r – радіус кривошипа, λ – відношення радіуса кривошипа до довжини шатуна, $\alpha = \omega \cdot t$ – кут повороту валу, град, n – частота обертання валу, с^{-1} , t – час, с.

У контрольному перетині вхідних патрубків задається тиск і температура всмоктуваного газу; в тому ж перерізі нагнітального патрубка – тиск і температури повітря, що нагнітається. При цьому враховується можливість протікання газу через контрольний переріз і його витікання. Аналогічні умови задаються на мережі порожнини за сальниковим вузлом: температура газу – середня в картері 50 С, тиск – 0.1 МПа. При вирішенні завдання моделювалося n -е число робочих циклів, граничне число яких визначалося моментом встановлення температури корпусу $T_{\text{корп}} = f(t) = \text{const}$.

Модель секції компресора із зазначенням контрольних точок представлена на рис. 2.

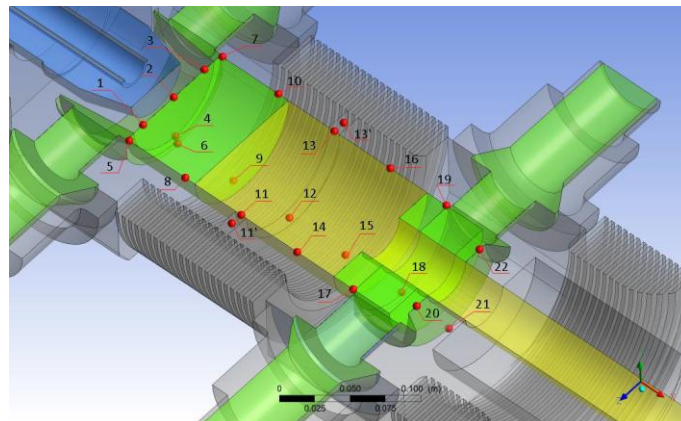


Рисунок 2 Контрольні точки в моделі секції компресора з поршнем подвійної дії

Результатами розрахункового аналізу є температури в заданих контрольних точках моделі. До найбільш важливим результатом відноситься температура в точках дотику робочої порожнини циліндра зі стінками. Розглянемо докладніше процеси, що відбуваються в порожнинах з боку кришки (порожнину А) і з боку вала (порожнину Б) компресора.

З боку кришки і з боку вала, в момент часу $t=0$ всі клапани закриті (момент початку розрахунку), йде процес розширення газу з мертвого простору. У момент часу $t=0.00363$ с в порожнині з боку кришки відкривається всмоктуючий клапан і починається процес всмоктування. У зворотній порожнині при $t=0$ починається процес стиснення. При $t=0.00927$ с відкривається нагнітальний клапан і починається процес нагнітання. В обох порожнинах описані процеси тривають до моменту часу $t=0.02$ с. Це відповідає положенню поршня в НМТ ($\varphi = 180$). У цей момент в порожнині з боку кришки закривається всмоктувальний клапан і починається процес стиснення газу. У порожнині з боку вала закривається нагнітальний клапан і починається процес розширення газу з мертвого простору, який триває до моменту часу 0.02787 с. Потім відкривається всмоктуючий клапан і починається процес всмоктування. У порожнині з боку кришки процес стиснення триває до моменту часу $t=0.03033$ с, потім відкривається нагнітальний клапан і починається процес нагнітання газу. Процеси в обох порожнинах тривають до кінця циклу, тобто до моменту часу $t=0$ с. Потім закривається нагнітальний клапан в порожнині з боку кришки, далі закривається всмоктувальний клапан в порожнині з боку вала, після чого цикл повторюється.

З'ясуємо характер розподілу поточних температур газу і стінок. Розглянемо розподіл температур в секціях по порожнинах. Контрольні точки фіксації температур (рис. 2) розташовані в основному на межах дотику газового середовища з металом. У точках 1-6 (рис. 3), розташованих в порожнині з боку кришки, характер зміни поточних температур практично ідентичний. У контрольних точках 1-3 температура газу на початку циклу дорівнює 376 К, тобто близька до температури повітря, що нагнітається газу. У процесі розширення його температура знижується аж до моменту відкриття всмоктуючого клапана (в середньому до 296 К). Винятком є точки 1-3, де температура короткочасно стає негативною, досягаючи за невеликий проміжок часу 260 К, а потім знову зростає до 296 К. Пояснюється це тим, що в зоні точок 1-3 утворюється зона розрядження і надходить з патрубку всмоктування газ не встигає заповнити всю порожнину відразу. У момент часу $t = 0.02$ с поршень знаходиться в (НМТ); починається процес стиснення і температура газу підвищується аж до моменту відкриття нагнітального клапана.

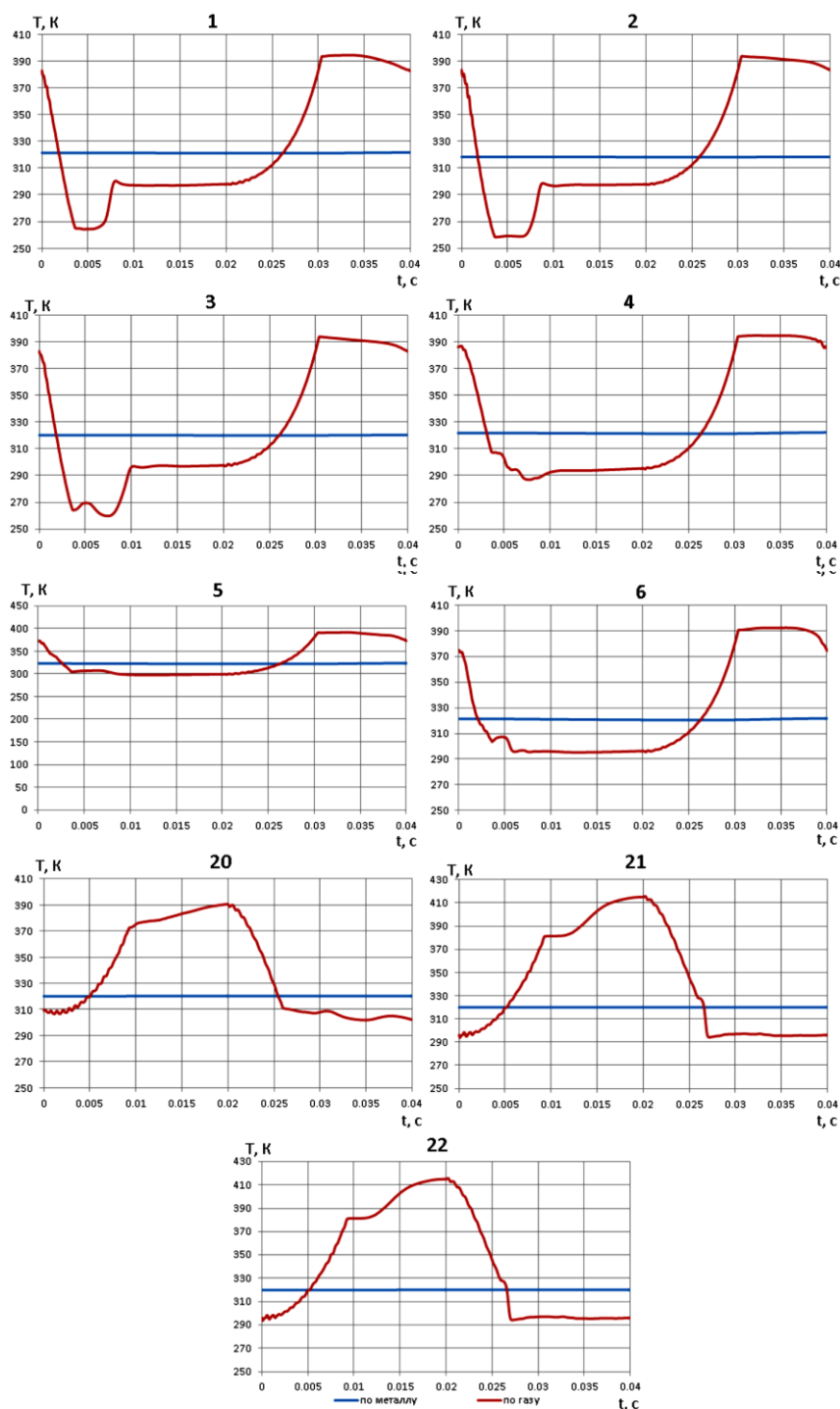


Рисунок 3 Поточні температури газу в контрольних точках передньої площини робочої камери компресора

У порожнині з боку валу зміна температур доцільно простежити по точках 20-22 (рис. 3). Зміна температур в цілому аналогічно, однак є і певні відмінності, що характеризуються підвищенням температури газу на початку процесу нагнітання, обумовлені наступними причинами:

1. Через низький відносний тиск в секціях ($P=5.3/2.3 \approx 2.3$) процес нагнітання починається при $\varphi < 270$ градусів і супроводжується збільшенням поточної швидкості поршня, що призводить до збільшення перепаду тиску на початку процесу нагнітання.

2. Через високий відносний мертвий простір в зворотній порожнині циліндра ($AB = 22\%$, при $AA = 7\%$) і відсутність охолодження температура газу в ній приблизно на 20°C вище, ніж в передній порожнини, охолоджується водою.

Звідси випливає, що охолодження торцевих кришок прямої і зворотної порожнин секцій компресорів з поршнями подвійної дії. Спостерігається зниження теплонапруженості. Виявлено, що по осі циліндра температура газу від точки до точки мало змінюється; градієнт температур спостерігається в радіальному напрямку, що обумовлено особливостями компоновки клапанів в розглянутій ступені компресора. На рис. 4 наведено порівняльні результати середніх величин поточної температури газу по робочих порожнин циліндра компресора і усереднених за об'ємом циліндра поточних значень щільності газу.

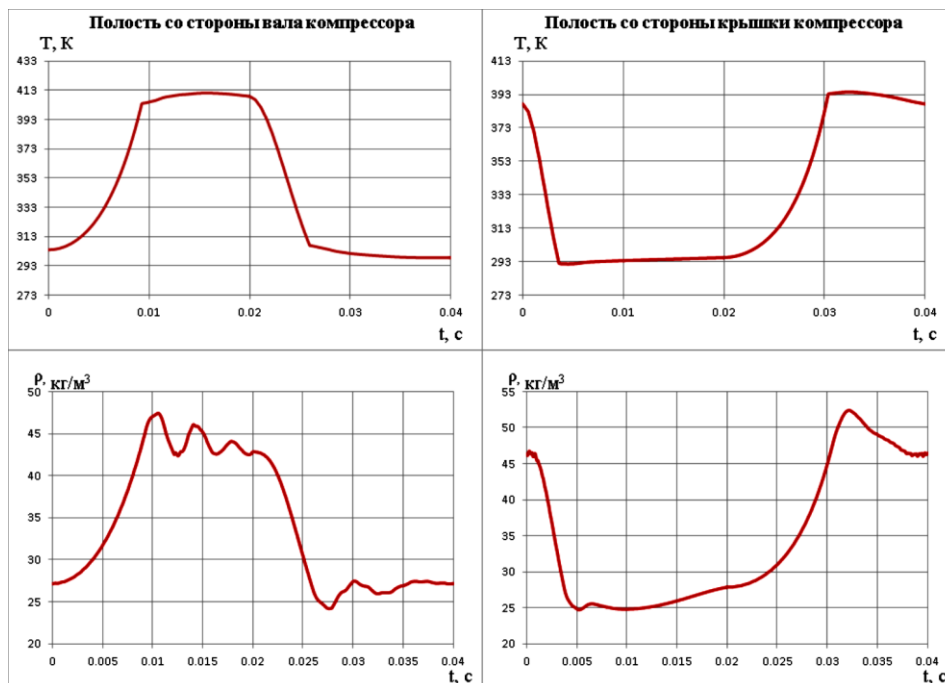


Рисунок 4 Середні за об'ємом циліндру компресора поточні значення температури і щільності газу при $n=25\text{ c}^{-1}$

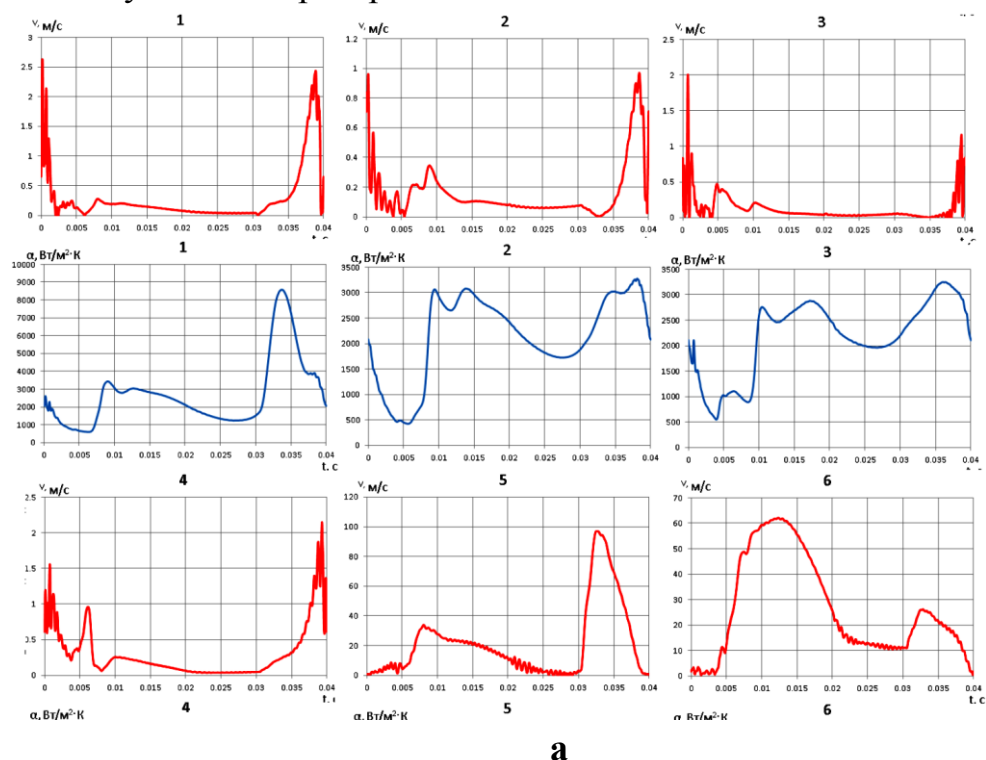
З графіків випливає, що в порожнині з водяним охолодженням кришки циліндра температура газу у всіх контрольних точках робочого циклу істотно нижче, що в свою чергу впливає на щільність газу. Помітно, що температура металу в різних точках незмінна протягом циклу, досягає середньої за цикл величини і характеризується амплітудою коливань $A \rightarrow 0$. Температура циліндра залишається приблизно постійною і лежить на рівні 320 K .

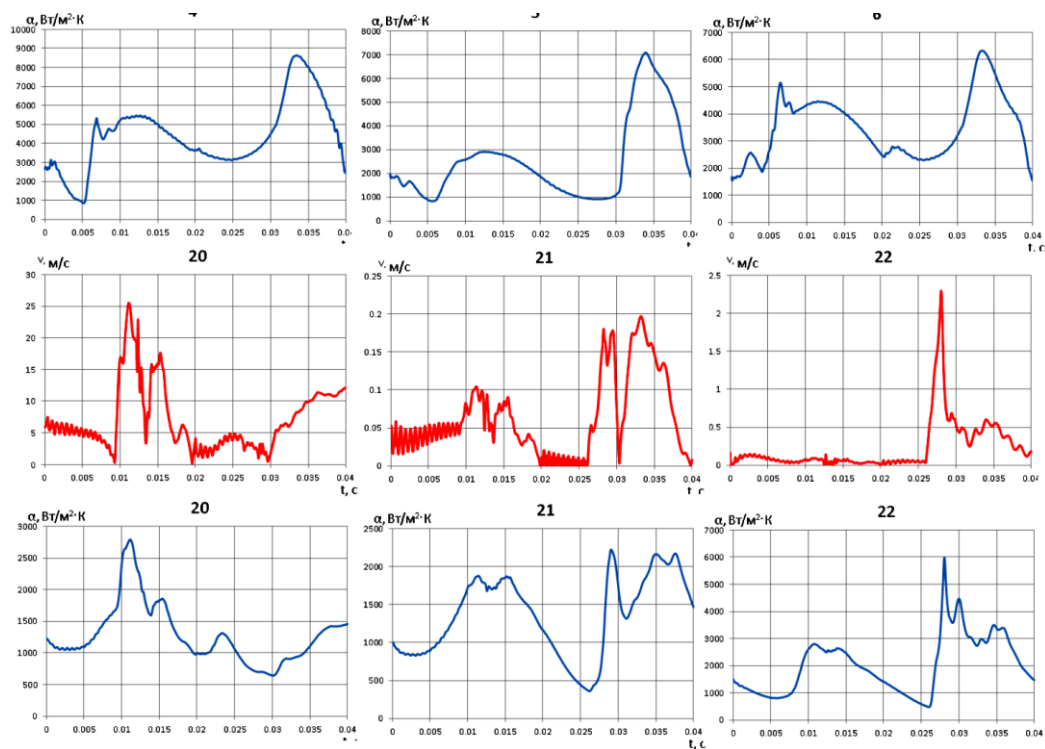
Розглянемо зміну локальних швидкостей газу W і коефіцієнтів тепловіддачі α в порожнині з боку кришки окремого ряду компресора. Схема розташування контрольних точок приведена на рис. 3. Зміна W і α в локальних точках ступені в функції від часу t або кута повороту колінчастого вала $\varphi = \omega \cdot t$

показано на рис. 5, де $\omega=2\pi n$ – кутова швидкість обертання валу, [рад/с]; $t=t_1 t_2=0.04$ с – час циклу при частоті обертання валу $n=25$ с⁻¹.

У процесі розширення зміна коефіцієнта тепловіддачі залежить від двох факторів [3, 6]: з одного боку в міру зниження тиску (щільності) газу в робочій порожнині з боку кришки компресора величина коефіцієнта тепловіддачі α повинна знижуватися аж до моменту відкриття всмоктуючого клапана; з іншого боку процес розширення супроводжується наростанням поточної швидкості поршня, що сприяє збільшенню коефіцієнта тепловіддачі.

Внаслідок цього на першій стадії спостерігається приблизно постійний рівень коефіцієнта тепловіддачі. Різкий сплеск α спостерігається в момент відкриття всмоктуючого клапана, але не у всіх точках розглянутого об'єму. Спостерігається хаотична зміна коефіцієнта тепловіддачі α з тенденцією його поступового зниження в більшості контрольних точок. Це пояснюється закономірним зниженням поточної швидкості поршня при кривошипно-шатунного механізму і відповідним зменшенням швидкості натікання газу в робочу порожнину. В кінці процесу всмоктування α знижується, досягаючи мінімуму при положенні поршня у НМТ. Характер зміни α в часі при повністю відкритих клапанах ідентичний швидкості газу W в межах розглянутої робочої камери, яка пропорційна поточної швидкості поршня. Відповідно до гіпотези, висловленої в роботі [7], в замкнутій робочій камері після закриття всмоктуючих клапанів, зберігаються залишкові вихрові потоки газу, що визначають рівень швидкостей в подальшому робочому процесі. Справедливість цієї гіпотези пізніше була підтверджена в роботі [2] і враховувалася під час виконання цієї роботи при моделюванні теплових процесів в ступені компресора.





б

Рисунок 5 Швидкість повітря і коефіцієнти тепловіддачі в локальних точках теплообмінної поверхні зворотньої порожнини секцій компресору: а – 1-6 точки; б – 20-22

Аналіз результатів, наведених на рис. 5, дозволяє констатувати:

– після закінчення процесу всмоктування в циліндрах компресорних ступенів формуються залишкові вихрові потоки, параметри яких залежать від геометричних і режимних параметрів ступені і визначають рівень швидкостей і інтенсивність теплообміну газу в процесі стиснення.

– з розгляду отриманого графічного матеріалу випливає, що значення коефіцієнтів тепловіддачі на початку і в кінці окремого циклу в ряді контрольних точок істотно розрізняються як у велику, так і в меншу сторону від початкового об'єму. Це дає підставу додатково переконатися, що залишкові вихрові потоки є джерелами нестационарних газодинамічних і теплових процесів в секціях компресора;

– температурне поле в робочих камерах не є однорідним не тільки в часі, але і за об'ємом газової порожнини.

Різниця температур газу в різних контрольних точках циліндра досягає більш 20 °С, що також є наслідком вихрових течій газу в секціях компресора. На зворотному ході поршня інтенсивність вихрів в процесі стиснення поступово зменшується, внаслідок чого коефіцієнт тепловіддачі повинен знижуватися. З іншого боку в процесі стиснення зростає поточна швидкість поршня і щільність газу, що сприяє збільшенню коефіцієнта тепловіддачі. Отримані дані говорять про переважний вплив другого чинника. В кінці процесу стиснення приріст коефіцієнта тепловіддачі α сповільнюється, але в момент відкриття нагнітального клапана швидкості газу в робочій камері і в

каналах клапанів різко зростають, що і є причиною короткочасного збільшення коефіцієнта тепловіддачі.

Надалі, при повністю відкритому нагнітальному клапані, коефіцієнт тепловіддачі знижується пропорційна зміна поточної швидкості поршня. Максимальна швидкість поршня досягається при кутах повороту колінчастого валу 75 і 2850 (або при $t=0.00833$ і 0.0317 с), дорівнює 9 м/с. Максимальні значення α відповідають приблизно тому ж моменту часу. У різних точках моделі через інерційність потоку газу і особливостей геометрії внутрішнього об'єму ступені швидкості газу досить сильно змінюються. У порожнині з боку валу всі процеси зсуваються на 180 по куту повороту валу і починаються з процесу стиснення. Зміна α своєрідна в кожній точці і в середньому зростають до моменту відкриття нагнітального клапана. Найбільший рівень коефіцієнта тепловіддачі α характерний для зони циліндра, де розташовується нагнітальний патрубок (точки 17 і 20); в момент часу $t=0.0083$ з швидкість поршня починає знижуватися.

На увагу заслуговує той факт, що на характер зміни α сильно впливає швидкість потоків в процесах всмоктування-нагнітання, а згодом – їх залишкові вихрові явища. Основний вплив на інтенсивність вихрових потоків робить розташування клапанів, а значить саме розташування клапанів зумовлює градієнт температур газу за обсягом ступені і різницю температур по металу в ступені. Точки вимірів швидкостей в моделі знаходяться в пристінковому ламінарному шарі, де швидкість течії сильно змінюється і на поверхні стінки камери дорівнює нулю, збільшується швидкість течії газу різко в міру наближення до турбулентного шару. Тому графік швидкостей відображає якісний характер зміни швидкості і меншою мірою - кількісний. Бажано за точку виміру взяти ближче або далі від стінки робочої камери оскільки значення швидкостей істотно змінюються, в той час як характер зміни швидкості газу в часі залишиться тим же самим. З цієї ж причини можна помітити різку зміну значень швидкості в 4 і 5 точках, де не настільки сильна зміна значень α .

Висновки

1. Розроблена 3D математична модель секцій компресора з поршнем подвійної дії, комплексно враховує взаємозв'язок реальних робочих процесів з конструкцією ступені і властивостями робочого середовища і застосовуваних матеріалів (теплопровідність та ін.). Це дозволило спланувати і виконати чисельний аналіз особливостей процесів теплообміну в секціях компресора при водяному і повітряному виконанні.

2. При швидкоплинності протікаючих процесів і істотному розходженні в теплоємності металу і газу навіть суттєві відхилення у величинах коефіцієнта тепловіддачі в сусідніх локальних точках досліджуваної поверхні теплообміну при сталому режимі роботи секції не викликає помітних стрибків температури в елементах ступені компресора.

3. В ході чисельного експерименту отримана нова інформація про швидкості руху газу в замкнутих порожнинах зі змінними в часі об'ємом і коефіцієнтами тепловіддачі в локальних точках передній А і задньої Б

порожнині ступені дотискати компресора з поршнем подвійної дії. Виявлено та обґрунтовано причини якісної неідентичності робочих процесів в передній і задній порожнинах секцій компресора.

4. Підтверджено положення про те, що залишкові вихрові потоки є джерелами не стаціонарних газодинамічних і теплових процесів в секціях компресорів різного конструктивного виконання. Визначено градієнти температур газу всередині робочого об'єму і на теплообмінній поверхні циліндра дотискати ступені компресора. Показано, що внаслідок вихрових течій газу і особливостей конструкції ступенів компресора різниця температур газу в різних точках робочого циліндра може досягати 20 С і більше.

Література

1. Аулин В.В., Жулай А.Ю., Ливицкий А.Н., Барановский Д.М. Экспериментальная проверка системы диагностического мониторинга технического состояния дизелей транспортных средств. Материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 100-летию со дня рождения профессора Вадивасова Д.Г. / Под. ред. В.В. Сафонова; ФГОУ ВПО "Саратовский ГАУ". Саратов, 2009. С.5-10.

2. Аулін В.В., Лисенко С.В., Кузик О.В. Дослідження властивостей моторної оливи в процесі експлуатації дизелів. Конструювання, виробництво та експлуатація с/г машин. Загальнодерж. міжвідомчий наук. – техн. зб. - Кіровоград: КНТУ. - 2009р. Вип.39. С. 274-280.

3. Аулін В.В., Ігнатенко С.Г., Долинський М.О., Лівіцький О.М. Діагностичний моніторинг технічного стану дизелів транспортних засобів у с/г виробництві. Материалы VI-го междунар. форума молодежи "Молодежь и с/х техника в XXI веке". Харьков: ХНТУСХ. 2010. С. 94.

4. Аулин В.В., Замота Т.Н., Кравченко А.П. Улучшение макрогеометрии цилиндрических поверхностей трения при электрохимико-механической доводке. Политранспортные системы: материалы VII Всерос. НТК, Красноярск, 25-27 ноября 2010 г. - Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2010.- С.42.

5. Аулін В.В., Лівіцький О.М. Концепція управління технічним станом і безпекою експлуатації транспортних засобів сільськогосподарського виробництва. Вісник Східноукраїнського національного університету ім. Володимира Даля. Луганськ: СНУ, 2010. №6(148) С. 173-177.

6. Аулін В.В., Лисенко С.В., Вовк В.В. Вплив кондиціонеру металевих поверхонь на трибоспряження "поршень-гільза циліндра". Зб. тез доповідей VIII Всеукр. наук.-практ. конф. студентів та аспірантів "Підвищення надійності машин і обладнання". Кіровоград: КНТУ, 2014. С. 213-215.

7. Аулін В.В., Бичовий І.В. Метод та алгоритм виявлення характерних несправностей електронної системи керування двигуном легкових автомобілів. Вісник інж. академії України. 2015. №3. С. 62-65.

8. Аулін В.В., Лисенко В.М., Кузик О.В. Моделювання на ПК зміни напружень в спряженні зразків та деталей ЦПГ при комбінованому модифікуванні моторної оливи. Матеріали II міжнар. наук. техн. конф.:

"Актуальні проблеми інж. механіки", 22-24 жовтня 2012р. Миколаїв: НУК, 2012.- С 80-81.

9. Аулін В.В., Жулай О.Ю., Мартиненко О.Д. Оцінка ступеню достовірності інформації про технічний стан дизелів за рівневою системою. Вісник Харківського нац. техн. університету сільск. господарства. / Вип. 139. Проблеми надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва. Харків. 2013.-С.269-276.

10. Аулін В.В., Дубовик В.О., Красота М.В. Вплив напружено-деформованого стану циліндричної деталі на її зносостійкість. Зб. наук. праць Луганського нац. аграр. університету. Серія: Технічні науки. – Луганськ: Видавництво ЛНАУ, 2006, - №64(87). С 26-30.

11. Аулін В.В., Лисенко С.В., Батехін В.Б., Жулай О.Ю. Підвищення довговічності відремонтованих дизельних двигунів СМД-60/62 використанням трибологічних методів обкатки. Зб. наук. праць Луганського нац. аграр. університету. Серія: Технічні науки. Луганськ:Видавництво ЛНАУ, 2006, №64(87). С 39-46.

12. Аулін В.В., Лисенко С.В., Гриньків А.В., Слонь В.В., Чернай А.Є., Лукашук А.П. Вплив процесів, що відбуваються в рухомих спряженнях деталей транспортних машин під дією компонентів геомодифікатора, на ефективність триботехнологій припрацювання і відновлення. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2020. Вип. 3(34). С.250-265.

13. Аулін В.В., Лисенко С.В. Підвищення довговічності дизельних двигунів, обкатаних з реалізацією електротрибохімічного процесу. Зб. наук. праць Луганського нац. аграр. універ. Серія: Технічні науки. Луганськ: Видавництво ЛНАУ, 2005, №49(72). С.32-37.

14. Аулин В.В., Замота Т.Н., Лысенко С.В. Повышение долговечности мобильной сельскохозяйственной и автотранспортной техники триботехнологиями приработки основных сопряжений деталей двигателей. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. 2017. №8. С. 55-68.

15. Аулін В.В., Лисенко С.В., Жилова І.В., Вербицький О.В. Синергетичне підвищення надійності трибоспряжень деталей систем і агрегатів транспортних машин. Матеріали 1ої Міжнародної науково-практичної конференції "Підвищення надійності машин і обладнання. Increase of Machine and Equipment Reliability", 17-19 квітня 2019 р. Кропивницький : ЦНТУ, 2019. С.7-8.

16. Аулін В.В., Гриньків А.В., Головатий А.О. Кіберфізичний підхід при створенні, функціонуванні та удосконаленні транспортно-виробничих систем. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2020. Вип. 3(34). С.331-343.

17. Аулін В.В., Голуб Д.В., Лисенко С.В., Гриньків А.В., Дьяченко В.О., Замуренко А.С. Теоретичний підхід до оцінки ймовірностей безвідмовної роботи транспортних та виробничих систем і ланцюгів постачань на основі їх логічних структурних схем надійності. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2020. Вип. 3(34). С.290-304.

УДК 621.893

АНТИФРИКЦІЙНИЙ ФТОРОПЛАСТОВИЙ МАТЕРІАЛ ДЛЯ ВУЗЛІВ ТЕРТЯ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

Диха О. В., д.т.н., проф.

Свідерський В. П., к.т.н., доц.

Хмельницький національний університет

Даніленко І. А., к. фіз.-мат. н., с.н.с.

Донецький фізико-технічний інститут ім. О. О. Галкіна НАН України, м. Київ.

Кириченко Л. М., н.с.

Хмельницький національний університет

Abstract

It has been found out that it is advisable to add modifiers with different dispersion when constructing composites, that combine high durable and tribotechnical characteristics. In practice it enables the implementation of the principle of multilevel modifying. This study has demonstrated that filling polytetrafluoroethylene (PTFE) with carbon fiber and zirconium oxide nanopowder in the amount of up to 2% by weight produces materials with high mechanical characteristics and durability.

Keywords: anti-friction materials, composite, durability, nanopowder, zirconium oxide

Вступ

Вдосконалення технологічних процесів у автомобільній техніці приводить до форсування режимів роботи і теплонапруженості вузлів тертя. Незважаючи на те, що протягом останніх років розроблено велику кількість антифрикційних матеріалів на основі полімерів, проблема працездатності вузлів тертя із застосуванням цих матеріалів в машинах і механізмах автомобільної техніки залишається досить гострою.

Аналіз попередніх досліджень

Політетрафторетилен (ПТФЕ) або фторопласт-4 є одним з найбільш поширених полімерних матеріалів, що використовуються у відповідальних вузлах тертя [1,2]. Цей матеріал привертає до себе увагу перш за все завдяки найнижчому коефіцієнту тертя з відомих полімерів, що дозволяє використовувати його в різних вузлах тертя без мащення. Цінною властивістю матеріалів на основі ПТФЕ є працездатність в широкому діапазоні температур при збереженні низького і стабільного коефіцієнта тертя і забезпеченні плавного ковзання. У підшипників з таких матеріалів відсутні явища схоплювання і заїдання, а коефіцієнт статичного тертя зазвичай нижче кінетичного.

Фторопластові антифрикційні полімерні матеріали, що застосовують у автомобільній техніці мають такі недоліки: при навантаженні у вузлі тертя більше 10 МПа різко зменшується зносостійкість і спостерігається пластичне деформування матеріалу та недостатньо висока міцність граничних шарів між

політетрафторетиленом і наповнювачем [1,2]. Тому необхідні дослідження спрямовані на компенсацію негативних дій введення наповнювачів на ПТФЕ, шляхом застосування суміші функціональних компонентів за участі наномодифікаторів [3,4].

Постановка проблеми

Найбільш значні ефекти підвищення триботехнічних характеристик досягаються в тому випадку, якщо дисперсний наповнювач має здатність здійснювати упорядкований вплив на граничні шари матриці, формуючи при цьому надмолекулярну структуру з підвищеною стійкістю до передеформування і руйнування. В цьому аспекті досить ефективними є наповнювачі нанометрової дисперсності, що мають некомпенсований заряд і формують в об'ємі композиту впорядковані «квазікристалічні» області [3,4]. Слід відмітити, що дуже малі розміри наночастинок (менше 100 нм) і їх велика питома поверхня (до 350 м²/г) дозволяють досягнути технічно значимого ефекту при малих концентраціях наномодифікаторів (1÷2 мас. %) в композиті [3,4].

Таким чином, створення фторопластових антифрикційних матеріалів, наповнених наномодифікаторами є досить актуальним.

Мета та завдання

Метою проведених досліджень є розробка антифрикційного фторопластового матеріалу з покращеними фізико-механічними і антифрикційними характеристиками для вузлів тертя автомобільної техніки.

Для досягнення поставленої мети вирішувалась наступна задача:

– провести експериментальні дослідження триботехнічних та міцнісних властивостей наномодифікованого фторопластового композиційного матеріалу, який містить політетрафторетилен, вуглецеве волокно тканини «Текарм» і наномодифікатор $ZrO_2 + 3\% Y_2O_3$, термооброблений за температури 700 °С.

Результати вирішення основних завдань проблеми

Для забезпечення заданого рівня службових характеристик вузлів тертя автомобільної техніки до складу ПТФЕ вводять порошкові волокнисті наповнювачі і модифікатори різного складу і дисперсності а саме: порошки металів, оксидів, силікатів, базальтові, скляні, вуглеграфітові волокна, кокс, графіт і т. ін.. Крім дисперсних модифікаторів і наномодифікаторів при створенні композиційних матеріалів широко застосовують волокнисті модифікатори.

Встановлено, що збільшення питомої поверхні частинок наповнювача приводить до зростання долі граничного шару в системі «матриця – наповнювач» і довжини межі розділу фаз в композиційних матеріалах. Частинки наповнювача виконують роль концентратора напружень і при дії механічного навантаження на композиційний матеріал навкруги цих частинок виникають напруження, що впливають на характеристики композиту і залежать як від навантаження так і від розміру самої частинки.

Таким чином, при застосуванні волокнистих модифікаторів в композитах на основі термопластичних матриць навкруги волокон при дії механічного навантаження на композит, можуть виникати напруження, що значно

перевищують відповідні показники в композитах з дисперсними наповнювачами. Оскільки волокна значно міцніші ніж термопластична матриця і багатьох дисперсних наповнювачів, то міцність створених волокнистих композитів обмежується, головним чином, можливістю створення міцного адгезійного зв'язку на міжфазній границі.

За багатьма показниками композити на основі ПТФЕ, що армовані вуглецевими волокнами, переважають інші полімерні композити та кольорові сплави [1,2]. Разом з тим, низька адсорбційна активність ПТФЕ при взаємодії на міжфазній границі і відсутність стадії вязкотекучого стану в діапазоні температур переробки композита перешкоджають утворенню міцного адгезійного зв'язку на міжфазній границі і, таким чином, зменшують можливість реалізації великої міцності і модуля пружності волокнистих наповнювачів, в тому числі вуглецевих волокон в композитах на основі ПТФЕ.

Тому доцільним є введення в антифрикційні матеріали на основі ПТФЕ і вуглецевих волокон третього компонента з заданим функціональним призначенням.

Для покращення фізико-механічних і антифрикційних характеристик матеріалу, використано принцип багаторівневого модифікування полімерної матриці. Реалізація даного принципу здійснюється шляхом введення в ПТФЕ суміші наповнювачів різного складу і дисперсності – вуглецевого волокна і нанодисперсних частинок оксиду цирконію $ZrO_2 + 3\% Y_2O_3$, термооброблених за температури $700\text{ }^\circ\text{C}$.

Порошки наномодифікатора характеризувалися методами рентгенівської дифракції (РСА) на рентгенівському дифрактометрі Dron-3 в Cu-K α випромінюванні для визначення розмірів кристалітів та кількісного фазового аналізу [5]. Розміри частинок порошків оцінювали за допомогою трансмісійної електронної мікроскопії (ТЕМ) (JEM 200, Jeol, Japan). За даними РСА та ТЕМ розміри частинок були 18 ± 2 нм.

Випробування на зносостійкість проведені за схемою контакту – «сфера - площина». Режим змінних граничних питомих навантажень при постійному нормальному навантаженні, зразки висотою $(10\pm 0,1)$ мм і діаметром $(10\pm 0,1)$ мм з кінцевою сферою радіусу 6,35 міліметра контактували сферою по площині металевого контртіла діаметром $(60\pm 0,15)$ мм і висотою $(10\pm 0,15)$ мм; металеве контртіло було виготовлено із сталі 45 (НВ $4,5\pm 0,18$ ГПа) і оброблено до початкового середнього арифметичного відхилення профілю поверхні $Ra_0 = 0,2\pm 0,03$ мкм. Нормальне навантаження на один зразок дорівнювало $N_i = 100$ Н, швидкість ковзання $v = 0,45$ м/с. Випробування проводилися на шляху тертя $S_1 = 0-3$ км і $S_2 = 3-23$ км.

Внаслідок хімічної інертності макромолекул ПТФЕ на межі розділу з наповнювачем не утворюється хімічних зв'язків, а в результаті низької поверхневої енергії і високої в'язкості не забезпечується якісного змочування розплавом поверхні наповнювача. В результаті міжфазний шар не здатний до передачі навантаження і при дослідженнях на розтяг композитів армуючий наповнювач фактично не сприяє підвищенню опору

розриву зразка. Тому значення міцності при розтягу є показником якості наповненого ПТФЕ: на відміну від всіх інших полімерів його наповнення будь-яким компонентом при застосуванні традиційних технологій приводить до зниження межі міцності під час розтягу композиту.

Перед дослідженнями на розтяг по три зразки кожного матеріалу кондиціонували не менше 16 годин при температурі $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ і відносній вологості $(50 \pm 5)\%$. Висоту, ширину і діаметр зразка вимірювали з похибкою не більше 0,01 міліметра і не менше ніж в чотирьох місцях.

Встановлювали зразок між опорними площадками розривної машини МР-05-1 так, щоб вертикальна вісь зразка збігалась з напрямком дії навантаження і розтягували його з постійною швидкістю 15 мм/хв.

Для механічних випробувань на одноосьовий розтяг застосовували кільцеві зразки. Діаграму залежності напруження від деформації зразка записували з допомогою комп'ютерного забезпечення.

Дослідження міцності на розтяг антифрикційних карбопластиків виконували за ISO R527 (ASTM D638, ГОСТ 11262-80) в результаті навантаження жорстких напівдисків на які одягається досліджуване кільце.

Межу міцності на розтяг σ_s визначали за формулою:

$$\sigma_s = \frac{P}{2h(R-r)}, \quad (1)$$

де P – розривне зусилля, Н; h – висота зразка, мм; R – зовнішній радіус, мм; r – внутрішній радіус, мм.

Межа міцності під час розтягу σ_s , визначена за формулою (1), не є істинною характеристикою композиційного матеріалу, оскільки поблизу місць роз'єднання напівдисків в результаті зміни кривизни кільця відбуваються деформації розтягу і згину, причому їх співвідношення залежить від відношення товщини стінки кільця до його діаметра. Тому випробування з кільцевими зразками слід виконувати тільки як порівняльні.

Результати виконаних досліджень по зносостійкості і міцності при розтягу матеріалів на основі композиції Ф4ВВ20 і розробленого антифрикційного полімерного матеріалу наведені у (таб. 1)

Таблиця 1 Характеристики полімерних композиційних матеріалів, наповнених вуглецевим волокном і нанопорошком $\text{ZrO}_2 + 3\% \text{Y}_2\text{O}_3, 700^\circ\text{C}$

№ п/п	Склад	Вміст компонентів, мас. %	Інтенсивність зносу, $I \cdot 10^{-7} \text{ мм}^3/(\text{Н} \cdot \text{м})$		Межа міцності під час розтягу, σ_p , МПа
			$S_1=3 \text{ км}$	$S_2=3-23 \text{ км}$	
1.	ПТФЕ Вуглецеве волокно (ВВ) тканини «Текарм»	80 20	13,75	9,25	10,34
2.	ПТФЕ ВВ тканини «Текарм» $\text{ZrO}_2 + 3\% \text{Y}_2\text{O}_3, 700^\circ\text{C}$	80,0 19,5 0,5	14,30	8,23	10,71
3.	ПТФЕ	80,0	14,21	3,41	12,54

	ВВ тканини «Текарм» $ZrO_2 + 3\% Y_2O_3, 700\text{ }^\circ C$	19,0 1,0			
4.	ПТФЕ ВВ тканини «Текарм» $ZrO_2 + 3\% Y_2O_3, 700\text{ }^\circ C$	80,0 18,0 2,0	14,26	2,50	14,58
5.	ПТФЕ ВВ тканини «Текарм» $ZrO_2 + 3\% Y_2O_3, 700\text{ }^\circ C$	80,0 17,0 3,0	13,54	2,990	10,80

У зв'язку з тим, що довжина фрагментів вуглецевого волокна (50...200 мкм) дуже велика в порівнянні з розмірами сферолітів кристалічної фази, то вони розподіляються переважно в аморфній фазі матриці. В результаті подрібнення і механоактивації вуглецевого волокна у млинку в середовищу порошкового ПТФЕ при подальшому пресуванні і термообробці активні сегменти макромолекул адсорбуються на активних центрах наповнювача, що приводить до певної орієнтації макромолекул в аморфній фазі і зміни співвідношення між кристалічною і аморфною складовими матриці.

Таким чином, волокнистий наповнювач рівномірно розподіляється в ПТФЕ і більша частина волокон приймає участь у взаємодії з макромолекулами матриці, що забезпечує збільшення її ступеню кристалічності.

В композиті волокнистий модифікатор буде виконувати функцію зміцнюючого агента, а ультрадисперсний – інгібітора зношування в результаті участі частинок модифікатора в процесі утворення стійкого перенесеного шару на металевому контртілі.

Введення наномодифікаторів сприяє інтенсивному структуруванню матриці, оскільки наночастинки можуть створювати ансамблі за типом кластерів. В результаті цього створюється армована полімерна система, що відрізняється підвищеними міцнісними і триботехнічними характеристиками. В композиті одночасно існують різні за типом і розмірами надмолекулярні утворення. Наномодифікатор в першу чергу сприяє структурним змінам в аморфній фазі полімера, змінюючи співвідношення між її впорядкованою і невпорядкованою ділянками. Ефект збільшення адгезійної взаємодії між матрицею ПТФЕ і частинками наповнювача реалізується в результаті структуруючого впливу наночастинок з некомпенсованим зарядом на макромолекули граничного шару і формування мілкосферолітних надмолекулярних утворень в об'ємі композиту. Таким чином, частинки наномодифікатора збільшують адгезійну взаємодію полімера і наповнювача і сприяють підвищенню рухомості структурних елементів ПТФЕ і, тим самим, полегшують протікання деформаційних процесів, а також приводять до підвищення міцнісних характеристик композиту. Наявність в складі олігомерного компонента підвищує термодинамічну сумісність на межі розділу і сприяє пластифікуванню граничних шарів ПТФЕ. В результаті адгезійна взаємодія на межі розділу компонентів підсилюється, що підвищує міцнісні характеристики композита.

Висновки

1. Визначена оптимальна концентрація наномодифікатора $ZrO_2 + 3\% Y_2O_3$ ($700\text{ }^\circ\text{C}$) – 2 мас. %, максимальної структурируючої дії у композиті Ф4ВВ20;
2. Встановлено, що розроблений антифрикційний фторопластовий матеріал триботехнічного призначення переважає матеріал Ф4ВВ20 за зносостійкістю в 3,7 разів, а за міцністю під час розтягу на 41 %.

Література

1. Машиностроительные фторкомпозиты : структура, технология, применение: монография / С.В. Авдейчик, [и др.] ; под науч. ред. В. А. Струка. – Гродно : ГрГУ им. Янки Купалы. – 2012. – 339 с.
2. Сіренко Г. О. Математичний опис процесів диспергування вуглецевих волокнистих матеріалів та полімерних композицій за хемо-механо-активаційною технологією / Г. О. Сіренко, Л. М. Солтис // Вісник Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника, серія Хімія, випуск XX. – 2016. – С. 52–66.
3. Влияние углеродных модификаторов на структуру и износостойкость полимерных нанокомпозитов на основе политетрафторэтилена / О. В. Кропотин, Ю. К. Машков, В. А. Егорова, О. А. Кургузова // Журнал технической физики. – 2014. – Т. 84, №. 5. – С. 66–70.
4. Technology of polytetrafluoroethylene-based nanocomposite materials: Structural and morphological aspect / V. Voropaev, A. Skaskevich, S. Avdeychik et al. // Applied Technologies and Innovations. – 2013. – Vol. 9, Issue 2. – P. 59–68.
5. Константинова Т. Е. Получение нанодисперсных порошков диоксида циркония. От новации к инновации / Т. Е. Константинова, И. А. Даниленко, В. В. Токий, [и др.] // Наука та інновації. – 2005. – Т.1– №3. – С. 76 –87.

УДК 621.318

ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДІВ ЗОВНІШНЬОГО РИХТУВАННЯ КУЗОВІВ АВТОМОБІЛІВ ЗА ДОПОМОГОЮ МАГНІТНО-ІМПУЛЬСНОЇ ОБРОБКИ

Граковскі О., PhD, проф.,
Інститут транспорту і зв'язку, м. Рига
Аулін В.В., д.т.н., проф.,
Гриньків А.В., к.т.н.,
Пяткевич Я.Б., ст.,
Бобков В.Д., ст.,
Резніченко В.Ю., ст.

Центральноукраїнський національний технічний університет

Abstract

From the theoretical point of view the physical substantiation of essence of magnetic-pulse processing is presented. The dependence of the electrodynamic forces excited in the plate metal on the phase of the acting magnetic field at the center of the coil is determined. The scheme of the calculation model of the tool with an internal aperture of a conic profile is offered. The radial distribution of the magnetic field on the metal surface is considered. An experimental approbation of the proposed method of straightening car bodies was carried out.

Key words: magnetic pulse processing, straightening of car bodies, working frequency.

Вступ

Сучасними способами рихтування є холодне та гаряче рихтування та усунення вм'ятин з використанням тимчасових зачепів (рис. 1, а). Більш докладно розглянуто магнітно-імпульсне притягання (рис. 1, б), як операцію, що є актуальною у безконтактному рихтуванні кузовних панелей автомобілів.



а



б

Рисунок 1 Технології ремонту кузова легкового автомобіля а – PDR-рихтування, б – зовнішнє безконтактне рихтування

Низькочастотний метод електромагнітного впливу дозволяє виконувати операцію зовнішнього рихтування сталевих кузовних панелей завдяки феромагнітним властивостям металу.

Аналіз попередніх досліджень

На основі ефекту магнітно-імпульсного притягання тонкостінного металу розроблюються нові варіанти конструкцій інструментів зовнішнього

рихтування. При зниженні робочої частоти імпульсу струму, силовий вплив магнітного поля призводить до притягання ділянки рівної поверхні кузовної панелі до індуктора-інструмента та утворення на ній вм'ятини сферичної форми. Зазначене вже не є відомим в традиційній магнітно-імпульсній обробці металів тиск на оброблюваний об'єкт.

Постановка проблеми

У прагненні до найбільшої концентрації електродинамічних зусиль до центру робочої зони і, отже, більш ефективного усунення вм'ятин при магнітно-імпульсному рихтуванні автомобільних кузовів, спроектовано та розроблено інструмент, робоча зона якого має конічний профіль. Така форма внутрішнього отвору дозволяє зрушити максимум вертикальних складових сил магнітного впливу до центру системи і забезпечує більш інтенсивну силову дію на оброблювану ділянку кузовної панелі автомобіля.

Мета та завдання

Метою даної роботи є теоретичне обґрунтування можливості рихтування кузовів автомобілів магнітно-імпульсною обробкою ділянок деталей.

Реалізація мети передбачає розв'язання завдань:

1. З фізичної точки зору з'ясувати сутність магнітно-імпульсної обробки.
2. Провести експериментальну апробацію запропонованого методу рихтування кузовів автомобілів.

Результати вирішення основних завдань

Представлено фізичне обґрунтування основних співвідношень і дослідження сил, що діють на тонкостінний алюмінієвий та сталевий фрагмент кузовної панелі автомобіля в інструменті з одновитковим циліндричним соленоїдом.

У випадку циліндричної системи з аксіальною симетрією та азимутальним струмом в інструменті в металі оброблюваної панелі кузова автомобіля збуджуються H_r тангенціальна, H_z нормальна складові вектора напруженості магнітного поля та, відповідно, азимутальна компонента густини індукованого струму – j_{in} . Фізично причиною появи електродинамічних зусиль, тобто сил Лоренца, в немагнітному провіднику є взаємодія індукований струмів та зовнішнього магнітного поля з напруженістю – H_3 . Вираз для магнітного тиску враховує обидві компоненти поля:

$$P_L = \frac{\mu_0}{2} \cdot H_{3r0}^2 - H_{3rd}^2 + \mu_0 \int_0^d \frac{\partial H_{3z}}{\partial r} H_{3r} \cdot dz, \quad (1)$$

$$H_r(\varphi, \rho, z) = -\frac{2j_m}{\omega \cdot \tau} \int_0^\infty f(x) X e^{-x \frac{h}{d}} J_1 \left(X \left(\frac{R_2}{d} \right) \cdot \rho_r \right) \cdot \sum_{k=0}^\infty \frac{\beta_k^2 F_{lk}(x, \beta_k, z) \cdot f_k(x, \varphi)}{\Phi_{lk}(X)} dx, \quad (2)$$

де $\rho_r = \frac{r}{R_2}$ – відносна радіальна координата,

$$\beta_k - \text{корінь рівняння: } ctg \beta_k = 0.5 \left(\frac{\beta_k}{X} - \frac{X}{\beta_k} \right) f(x) = \frac{1}{X^2} \cdot \int_{x \cdot \frac{R_1}{d}}^{x \cdot \frac{R_2}{d}} y J_1(y) dy, \quad (3)$$

$$F_{1k}(X, \beta_k, z) = x \cdot \cos\left(\beta_k \left(1 - \frac{z}{d}\right)\right) - \beta_k \cdot \sin\left(\beta_k \left(1 - \frac{z}{d}\right)\right), \quad (4)$$

$$f_k(X, \varphi) = \frac{1}{1 + \left[\frac{\beta_k^2 + x^2}{\omega\tau} - \delta_0\right]^2} \cdot \left[e^{-\delta_0\varphi} \left\{ \left[\frac{\beta_k^2 + x^2}{\omega\tau} - \delta_0\right] \sin\varphi - \cos\varphi \right\} + e^{-\frac{\beta_k^2 + x^2}{\omega\tau}\varphi} \right], \quad (5)$$

$$\Phi_{1k}(X) = \cos\beta_k \cdot [X^2 + 2X - \beta_k^2] - 2\beta_k \sin\beta_k + x, \quad (6)$$

Результатом розрахунків є фазові залежності, представлені на рис. 2.2

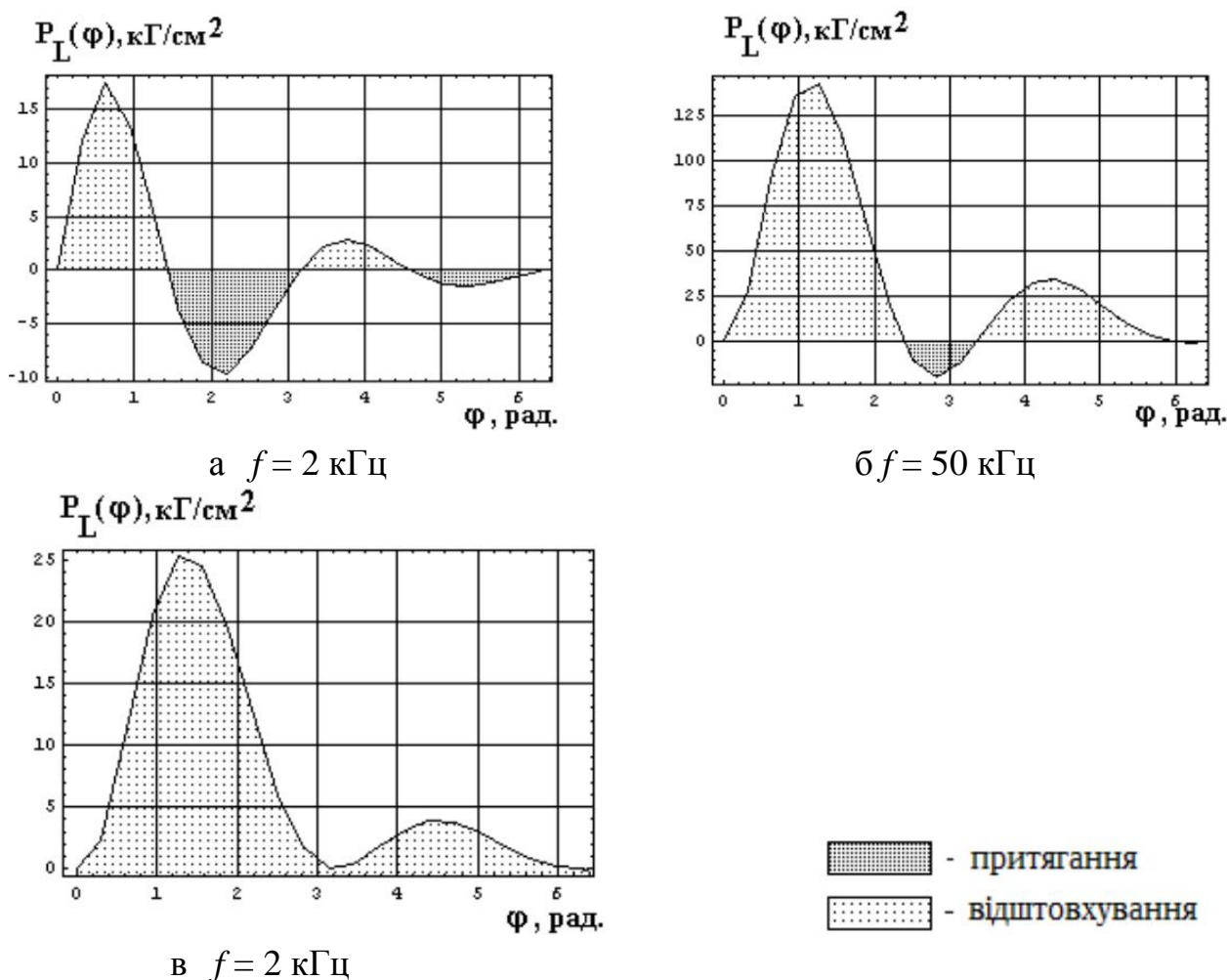


Рисунок 2 Залежність електродинамічних зусиль, збуджуваних в металі пластини від фази діючого магнітного поля по центру витка

Для оцінки отриманих результатів слід провести розрахунок по класичній формулі для сил Лоренца:

$$P = \frac{\mu_0}{2} \cdot H_1^2 - H_2^2. \quad (7)$$

Проведені обчислення показали, що:

– при зниженні робочих частотах діючих полів осциляції електродинамічних зусиль у часі підсилюється, їх інтегральна дія подає та,

зрештою, прагне до нуля (рис. 2, а, б, $\bar{P}_L \Big|_{f=50\text{кГц}}^{(1)} \approx 34\text{кГц} / \text{см}^2 \rightarrow \bar{P}_L \Big|_{f=50\text{кГц}}^{(1)} \approx 0,85\text{кГц} / \text{см}^2$);

– розрахунок за традиційною методикою (3) при низьких значеннях робочих частот не адекватно описує протікаючий процес (рис. 2, а, в, $\bar{P}_L \Big|_{f=2\text{кГц}}^{(1)} \approx 0,85\text{кГц} / \text{см}^2 \square \bar{P}_L \Big|_{f=2\text{кГц}}^{(3)} \approx 6,76\text{кГц} / \text{см}^2$);

– при підвищенні частот діючих полів часові форми збуджуваних зусиль, обчислені без врахування (3) та з урахуванням (1) нормальних компонент напруженості магнітного поля, наближається один до одного.

Величина зусилля рихтування в локальній області поверхні кузова автомобіля залежатиме від магнітної проникності металу, а також від відстані між інструментом та кузовною панеллю.

Проведений аналіз електромагнітних процесів дозволив визначити аналітичний вираз для густини індукованого струму в металі кузовної панелі.

$$j_\varphi(z, r, t) = \frac{2j_m}{d} \cdot \int_0^\infty f(\lambda) \cdot e^{-\lambda h} \lambda J_1(\lambda r) \sum_{k=0}^\infty \frac{\beta_k F_{1k}(\mu_r(\lambda d), z)}{\Phi_k(\mu_r(\lambda d))} \cdot \frac{dj(t)}{dt} e^{-\frac{\beta_k + (\lambda d)^2}{\tau} t} d\lambda, \quad (8)$$

де j_m і $j(t)$ – амплітуда та частота залежність струму в індукторі,

$$f(\lambda) = \int_{R_1}^{R_2} f(r) r J_1(\lambda r) dr, \quad f(r) – \text{радіальний розподіл струму в індукторі,}$$

$$F_{1k}(\mu_r(\lambda d), z) = \mu_r(\lambda d) \sin\left(\beta_k \left(1 - \frac{z}{d}\right)\right) + \beta_k \cos\left(\beta_k \left(1 - \frac{z}{d}\right)\right), \quad (9)$$

$$\Phi_k(\mu_r(\lambda d)) = \cos \beta_k \left[(\mu_r(\lambda d))^2 + 2(\mu_r(\lambda d)) - \beta_k^2 \right] - 2\beta_k^2 \sin \beta_k + (\mu_r(\lambda d)). \quad (10)$$

Для проведення чисельних оцінок задамо параметри інструменту: $R_1 = 0,025\text{м}$, $R_2 = 0,03\text{м}$; зазор між витком індуктора та кузовною панеллю – $h = 0,0005\text{м}$, $\gamma = 0,4 \cdot 10^7 \text{ 1}/(\text{Ом} \cdot \text{м})$, товщина кузовної панелі $d = 0,00075\text{м}$. Величина відносної магнітної проникності складає $\mu_r \approx 2,5$. Амплітуда струму в індукторі – $I_m = 50\text{кА}$, частота в імпульсі – $f = 2...8 \text{ кГц}$, відносний декремент затухання – $\delta_0 = 0,3$.

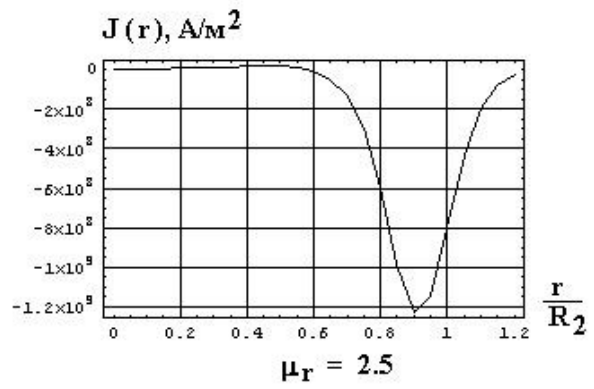
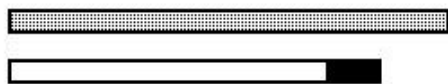
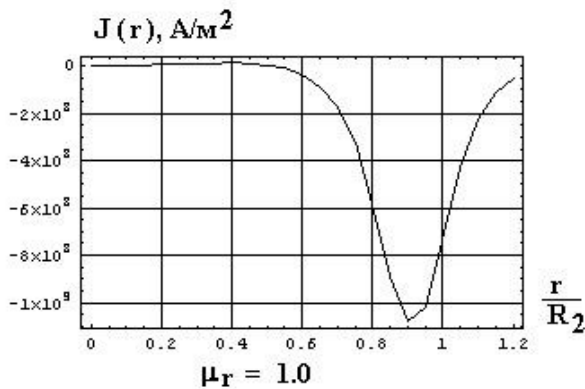
Представляє інтерес оцінка впливу магнітних властивостей на основі параметрів індукованих струмів. На рис. 3 представлені результати проведених обчислень:

– з порівняння відповідних графічних залежностей на рис. 3 випливає, що на рівні заданої відносної магнітної проникності металу пластини істотного впливу на характер електромагнітних процесів її магнітні властивості не чинять;

– необхідно відмітити, що збільшення r до 5 позначає зменшення величини скін-шару в $\sim 1,6$ разів.

Це в свою чергу, як видно з ілюстрацій рис. 3,б, знижує дієвість дифузійних ефектів и веде до збільшення амплітуд індукованих струмів та зосередженню їх поблизу поверхні зі сторони джерела магнітного поля – індуктора.

Радіальний розподіл густини струму



Розподіл густини струму за товщиною

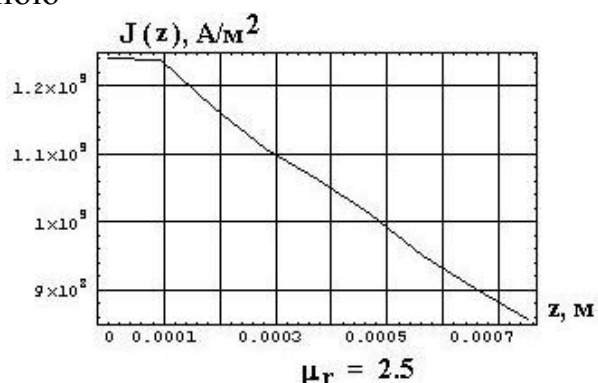
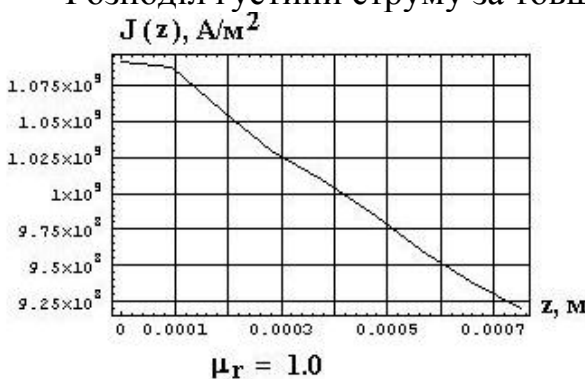


Рисунок 3 Розподіл густини струмів індукованих в металі тонкостінного листового зразку при варіації магнітних характеристик в полі з частотою 2кГц

За отриманими розрахунковими співвідношеннями проведено розрахунок зусиль тиску та рихтування від радіусу отвору інструмента. Проведені розрахунки показали, що при робочій частоті біля 8 кГц превалює зусилля відштовхування (проявляється сила Лоренца), але при зниженні частоти до 2 кГц сили відштовхування змінюється на сили притягання і з'являється зусилля рихтування.

Для порівняння в цифрах слід перейти до усереднених характеристик (табл.1): розподілених сил за часом, протягом період діючого поля (табл.1, поз.1, 2), а також за радіусом на інтервалі, де величини сил складають не менш $\sim 0,05$ максимального значення (табл. 1, поз. 3, 4). Інтерес представляє власне сила як інтеграл за площею. (табл. 1, поз. 5, 6).

Таблиця 1 Залежність середніх силових показників від робочої частоти

№	Робочі частоти		
	Усереднені силові показники	2,0 кГц	8,0кГц
1	Розподілена сила відштовхування за період діючого поля (в радіальному максимумі)	19,8 Н/см ²	182,7Н/см ²

2	Розподілена сила притягання за період діючого поля (в радіальному максимумі)	-98,6Н/см ²	83,7Н/см ²
3	Розподілена сила відштовхування на площині $r/R_2 \in [0,7, \dots, 1,1]$ (в часовому максимумі)	128Н/см ²	428Н/см ²
4	Розподілена сила притягання на площині $r/R_2 \in [0,8, \dots, 1,2]$ (в часовому максимумі)	-169Н/см ²	-138,5Н/см ²
5	Сила відштовхування на площині $r/R_2 \in [0,9, \dots, 1,3]$ (в часовому максимумі)	2605,6Н	8716Н
6	Сила притягання на площині $[1,0, \dots, 1,4]$ (в часовому максимумі)	-3448,6Н	-2819Н

Розрахунки проведені в табл.1 дозволяють визначити наступне:

– різні фізичні механізми збудження сил в розглянутому інструменті призводять до того, що максимуми сил відштовхування та притягання представлені, як у часі так і у просторі. Ця обставина є причиною неоднорідного деформування феромагнітних листових заготовок при дії імпульсних магнітних полів;

– амплітуди сил відштовхування істотно зростають при підвищенні робочих частот діючих полів. В свою чергу, амплітуди сил магнітного притягання падають.

Запропонований конічний профіль внутрішнього отвору індуктора повторює форму торцевих поверхонь концентраторів магнітного потоку, що широко використовуються для підвищення сил тиску на порожні металеві труби. Принципова відмінність індуктора в досліджених сил притягання від вказаного аналогу присутня у відмінності їх робочих зон. В концентраторі – це внутрішня циліндрична порожнина між торцями, де розташовується оброблювана труба, в інструменті з отвором конічного профілю – це поверхня більшої основи зрізаного. Сила з розрахункової моделі інструменту з внутрішніми отвором конічного профілю конусу наведено на (рис. 4).

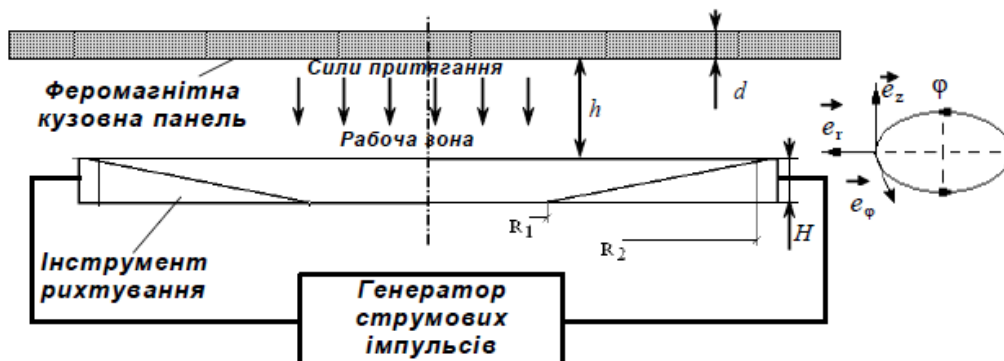


Рисунок 4 Схема розрахункової моделі інструменту з внутрішнім отвором конічного профілю

Представлена на рис.4 розрахункова модель відрізняються від попередньої геометрією робочої зони та відповідними збуджуваними зусиллями. Для розрахункової моделі рис.4 складено систему рівнянь Максвела (11-13) для збуджуваних складових поля над інструментом індуктором.

$$\begin{cases} \frac{\partial H_r(p, z, r)}{\partial z} - \frac{\partial H_z(p, z, r)}{\partial r} = j_\varphi(p, r, z) \\ \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} r E_\varphi(p, z, r) = -\mu_1 p_l H_z(p, z, r) \\ \frac{\partial E_\varphi(p, z, r)}{\partial z} = \mu_1 p H_z(p, z, r) \end{cases} \quad (11)$$

де p_l – параметр перетворення Лапласа;

$$E_\varphi(p, r, z) = L E_\varphi(t, r, z); H_{r,z}(p, r, z) = L H_{r,z}(t, r, z);$$

$$j_\varphi(p, r, z) = L j_\varphi(t, r, z); j_\varphi(p, r, z) \approx \gamma E_\varphi(p, r, z)$$

$j_\varphi(t, r, z)$ – густина струму, збудженого в металі листової заготовки,

$$\mu_1 = \mu_0 \mu_r.$$

Розв'язуючи представлені рівняння Максвела відомими методами математичного аналізу, отримано вирази для компонент напруженості магнітного поля (12), (13) та густини індукованого струму в металі листової заготовки (14):

$$H_r^{(2)}(\varphi, r, \zeta) = -\frac{L_l I(\varphi)}{2\pi(1 - \cos \beta) d^2} \times \\ \times \int_0^\infty \frac{X \cdot \left(\mu_r \operatorname{ch} X \left(\frac{\zeta}{d} - 1 \right) - \operatorname{sh} X \left(\frac{\zeta}{d} - 1 \right) \right)}{\left(\mu_r^2 \operatorname{ch} \left(X \frac{h}{d} \right) + \operatorname{ch} \left(X \frac{h}{d} \right) \right) + \mu_r e^{X \frac{h}{d}} \operatorname{ch}(X)} \int_0^{R_2} \frac{r (R_2 \operatorname{ctg} \beta + h) J_0 \left(X \frac{r}{d} \right) dr}{\left(r^2 + (R_2 \operatorname{ctg} \beta + h)^2 \right)^{3/2}} J_1 \left(X \frac{r}{d} \right) dX, \quad (12)$$

$$H_r^{(2)}(\varphi, r, \zeta) = -\frac{L_l I(\varphi)}{2\pi(1 - \cos \beta) d^2} \times \\ \times \int_0^\infty \frac{X \cdot \left(\mu_r \operatorname{ch} X \left(\frac{\zeta}{d} - 1 \right) - \mu_r \operatorname{sh} X \left(\frac{\zeta}{d} - 1 \right) \right)}{\left(\mu_r^2 \operatorname{ch} \left(X \frac{h}{d} \right) + \operatorname{ch} \left(X \frac{h}{d} \right) \right) + \mu_r e^{X \frac{h}{d}} \operatorname{ch}(X)} \int_0^{R_2} \frac{r (R_2 \operatorname{ctg} \beta + h) J_0 \left(X \frac{r}{d} \right) dr}{\left(r^2 + (R_2 \operatorname{ctg} \beta + h)^2 \right)^{3/2}} J_1 \left(X \frac{r}{d} \right) dX, \quad (13)$$

$$j_{\varphi}^{(2)}(\varphi, r, \zeta) = \frac{\gamma L_i \omega}{2\pi(1 - \cos \beta)d} \cdot \frac{\partial I(\varphi)}{\partial \varphi} \times$$

$$\times \int_0^{\infty} \frac{chX \left(\frac{\zeta}{d} - 1 \right) - \mu_r shX \left(\frac{\zeta}{d} - 1 \right)}{\left(\mu_r^2 ch \left(X \frac{h}{d} \right) + ch \left(X \frac{h}{d} \right) \right) + \mu_r e^{X \frac{h}{d}} ch(X)} \int_0^{R_2} \frac{r(R_2 ctg \beta + h) J_0 \left(X \frac{r}{d} \right) dr}{\left(r^2 + (R_2 ctg \beta + h)^2 \right)^{3/2}} J_1 \left(X \frac{r}{d} \right) dX \quad (14)$$

Зусилля рихтування, обумовлене магнітними властивостями металу кузовної панелі, описується залежністю:

$$F_M(\varphi, r) = \frac{\mu_0}{2} (\mu_r - 1) \left(\mu_r \cdot \left[H_z^2(\zeta = 0) - H_z^2(\zeta = d) \right] + \left[H_r^2(\zeta = 0) - H_r^2(\zeta = d) \right] \right). \quad (15)$$

Розподіл складових магнітних полів наведено на рис.5.

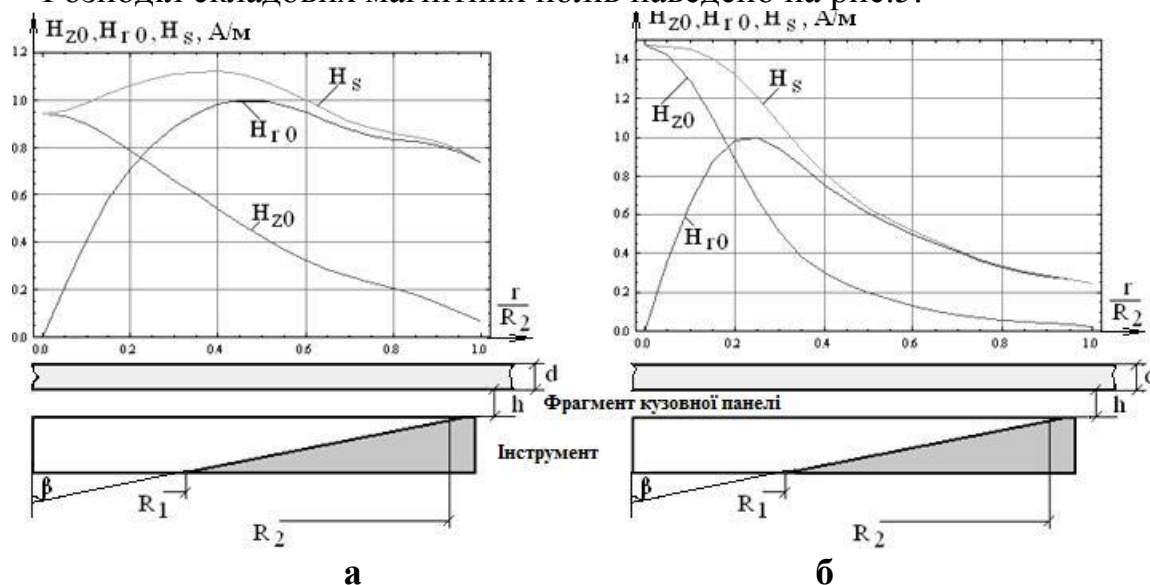


Рисунок 5 Радіальний розподіл магнітного поля на поверхні металу: $\beta = 60^\circ$ (а); $\beta = 75^\circ$ (б)

Можна бачити, що результати проведених обчислень для індуктора з внутрішнім отвором у вигляді зрізаного конуса показали, що індуктивність в діапазоні розглянутих кутів досить слабо залежить від куту нахилу твірних конічної поверхні внутрішнього вікна, розбіжності складають не більш $\sim 9\%$.

Моделльні експерименти проводили з круговим масивним інструментом конічного профілю та сталевую кузовною панеллю автомобіля з питомою електропровідністю $\gamma = 0,4 \cdot 10^7$ 1/(Ом·м) і товщиною $d = 0,001$ м. Відстань від витка індуктора до заготовки $h = 0,001$ м.

Результати експериментальних досліджень та теоретичної оцінки наведені на рис.6.

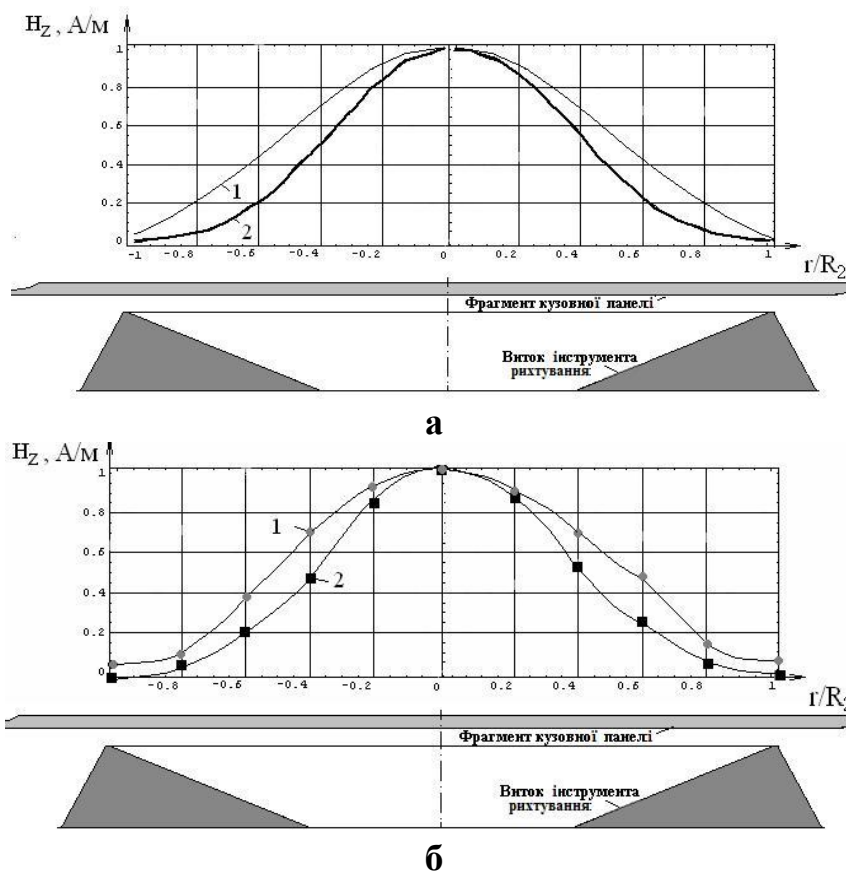


Рисунок 6 Радіальний розподіл нормальної компоненти магнітного поля за експериментальними даними

Ідентичність експериментальних та розрахункових даних підтверджується графічними залежностями на рис. 6, де 1 – залежність поля від радіусу при куті нахилу твірної конічного отвору 60° , а 2 – залежність поля від радіусу при куті нахилу твірної конічного отвору 75° .

Експериментальні зразки операцій "отримання-усунення" вм'ятин на поверхні листових сталей кузовної панелі автомобіля приведені на рис. 7, де зображено дві ідентичні вм'ятини (а) до та після (б) видалення їх за допомогою способу магнітно-імпульсного рихтування.

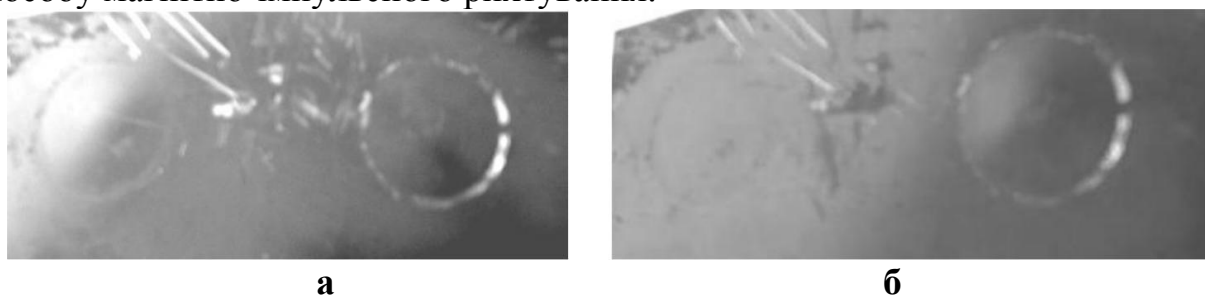


Рисунок 7 Експериментальні зразки обшивки кузова легкового автомобіля: а – зразок з двома ідентичними вм'ятинами, отриманими магнітно-імпульсним притяганням на рівній поверхні пластини; б – той же зразок з видаленою магнітно-імпульсним притяганням вм'ятиною – зліва, справа – контрольна вм'ятинка

Можна бачити що використання магніто-індукційної обробки кузова легкового автомобіля для його ремонту є ефективним методом, що дозволяє з мінімальними енерговитратами виконувати рихтування вм'ятин і нерівностей.

Висновки

1. Експериментально підтверджені висновки теорії про природу виявленого ефекту, зумовленого превалюванням зусиль рихтування за рахунок магнітних властивостей оброблюваної деталі в порівнянні з силами фундаментального відштовхування, відомими в традиційній магнітно-імпульсній обробці металів та названими "силами магнітного тиску".

2. Експериментально показано, що при значенні робочої частоти $\sim 1,8\text{кГц}$ феромагнітна деталь корпуса автомобіля відчуває виключно притягання зі сторони магнітного поля інструмента, відштовхування не відчуває.

3. Інтегральна дієвість фундаментальної сили прагне до нуля для немагнітної тонкостінної деталі кузова автомобіля відсутні як відштовхування, так і притягання.

4. Концентрація поля в центрі системи призводить до зосередження діючих сил в центральній області оброблюваної частини кузова автомобіля, про що свідчить геометрична форма вм'ятини, отриманої методом магнітно-імпульсного рихтування.

Література

1. Аулін В.В., Голуб Д.В., Дьяченко В.О. Підхід до забезпечення надійності транспортних засобів та системи агропромислового виробництва шляхом оптимізації парку рухомого складу. Матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції. Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки. – Кропивницький: ЦНТУ, 2017. – С. 15-17.

2. Аулін В.В., Гриньків А.В., Голуб Д.В. Критерії оцінки в організації системи технічної діагностики для дослідження технічного стану засобів транспорту. Наукові праці Міжнародної науково-практичної конференції "Автомобільний транспорт і автомобілебудування. Новітні технології і методи підготовки фахівців", 19–20 жовтня 2017 р., Харків.: ХНАДУ, 2017. – С.55-56.

3. Аулін В.В., Гриньків А.В. Теоретичне обґрунтування моментів контролю технічного стану систем і агрегатів засобів транспорту. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. – 2017. – №8. – С. 9-20.

4. 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.

5. Аулін В.В., Жилова І.В., Рубан О.Є., Лисенко С.В. Керування мікрогеометрією робочих поверхонь деталей концентрованими потоками енергії. Збірник тез доповідей X Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Підвищення надійності машин і обладнання». – Кіровоград: КНТУ, 2016. – С.73-75.

6. Аулін В.В., Каліч В.М., Гриньків А.В., Голуб Д.В. Прогнозування залишкового ресурсу агрегатів та систем транспортних засобів сільськогосподарського виробництва за їх технічним станом. Загальнодержавний міжвідомчий наук.-техн. зб. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин, вип. 45, ч. II. – Кіровоград: КНТУ, 2015. – С.28-36.

7. Аулін В.В., Панарін Д.Є. Сучасні проблеми та шляхи оптимізації роботи станції гарантійного та постгарантійного технічного обслуговування автомобілів. Зб. тез доповідей ІХ Всеукраїнської наук.-практ. конференції студентів, аспірантів та молодих учених "Підвищення надійності машин і обладнання". – Кіровоград: КНТУ, 2015. – С.58-62.

8. Аулін В.В., Кузик О.В., Лисенко С.В. Керування характеристиками і властивостями моторних олиव комбінованим модифікуванням. Зб. наук. праць Української державної академії залізничного транспорту. – 2014. – Вип. 148. – С.148-155.

9. Аулін В.В., Гриньків А.В. Лівіцький О.М. Підвищення надійності мобільної та автотранспортної техніки сільськогосподарського виробництва на основі діагностики їх стану. Матеріали Х Міжнар. наук.-практичної конференції. Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації с.-г. техніки. Кіровоград: КНТУ, 2015. С.163-164.

10. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лівіцький О.М. Дослідження технічного стану системи транспортних засобів "агрегат-олива". Матеріали VIII міжн. наук.-практ. конф. "Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 19-21 жовтня 2015 року: зб. наук. праць. / Міністерство освіти і науки України, Вінницький національний технічний університет [та ін.]. – Вінниця: ВНТУ, 2015. С. 16-19.

11. Аулін В.В., Гриньків А.В. Лівіцький О.М. Математичний апарат для оцінки діагностичних параметрів та визначення оптимальної їх кількості. Матеріали IV міжнародної науково-технічної інтернет-конференції "Автомобіль і електроніка. сучасні технології", 17-19 листопада 2015 р., Харків, Україна, 2015. С. 126-128.

12. Аулін В.В., Гриньків А.В. Інформаційна технологія оцінки технічного стану об'єктів на основі теорії чутливостей функції. Збірник тез дев'ятої міжнародної науково-практичної конференції "Інтегровані інтелектуальні робототехнічні комплекси (ІРТК-2016)", 17-18 травня 2016 року, Київ, Україна. – К.: НАУ, 2016. – С. 196-197.

13. Аулін В.В., Гриньків А.В. Технічний стан систем, агрегатів транспортних засобів у сільськогосподарському виробництві, як міра інформації. Зб. тез доповідей II Всеукраїнської науково-практичної конференції "Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь". – Житомир: ЖАТК, 2016. С.129 – 131

УДК629.113+656.3.44.083
ФОРМУВАННЯ СХЕМИ ІНФОРМАЦІЙНОГО ОБМІНУ МІЖ
ЕЛЕМЕНТАМИ СИСТЕМИ ТЕПЛОВОЇ ПІДГОТОВКИ
ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ, ПРАЦЮЮЧОГО НА ЗРІДЖЕНОМУ
ГАЗОВОМУ ПАЛИВІ

Грицук І. В. д.т.н., проф.

Погорлецький Д. С. ст. викл.

Херсонська державна морська академія

Симоненко Р. В. к.т.н., доц.

Національний транспортний університет

Білай А. В. ст. викл.

Маріупольський будівельний коледж

Abstract

This article discusses the features of the application of the system of thermal preparation of the vehicle engine running on liquefied gas fuel, based on the phase transition heat accumulator. The design and technological features of the thermal treatment system are to adapt it for the engine of a vehicle operating both on liquefied gas fuel and on gasoline. The article describes the features of the formation of an information exchange scheme and the developed information complex for remote monitoring and control of the processes of thermal preparation of a vehicle engine with a phase transition thermal accumulator under operating conditions.

Key words: Heat treatment, vehicle engine, information exchange, monitoring.

Вступ

Моніторинг транспортного засобу (ТЗ) з системою живлення зрідженим газовим паливом двигуна ТЗ за допомогою сучасних інформаційних систем, з використанням засобів інтелектуальних транспортних систем (Intelligent Transport Systems (ITS)) має суттєві складності, тому що потребує формування схеми інформаційного обміну на основі вимірювального комплексу для ТЗ працюючого на зрідженому газовому паливі. Для цього доцільно враховувати інформацію отриману системою штатної бортової діагностики OBD (On Board Diagnostic), зокрема інформацію, отриману скануванням пам'яті електронного блоку керування двигуном (ЕБК) ТЗ спеціальними засобами, а також електронного блоку керування системою впорскування зрідженого газового палива.

Аналіз попередніх досліджень

Аналіз літературних джерел показав, що дослідження структури вимірювального комплексу та схем інформаційної взаємодії між елементами системи теплової підготовки ТЗ з використанням моніторингу теплових параметрів і режимів роботи двигуна транспортного засобу, обладнаного системою впорскування газового палива, в умовах експлуатації засобами ITS не проводились та відповідно, не розроблявся для цього дослідження вимірювальний комплекс, та схема інформаційної взаємодії між його елементами, які забезпечують дистанційний моніторинг за допомогою засобів ITS двигуна ТЗ.

Аналізом також не виявлено раніше проведених досліджень структури вимірювального комплексу та схем інформаційного обміну для дослідження роботи транспортного засобу з двигуном, обладнаним системою впорскування газового палива та системою теплової підготовки на основі теплового акумулятору фазового переходу, в умовах експлуатації засобами ITS. У роботах [1,2] представлені конструктивні схеми елементів вимірювального комплексу для автоматичного керування тепло накопиченням та передпусковим прогрівом двигуна ТЗ. У роботі [3-4] описано інтелектуальний вимірювальний комплекс для дистанційного керування працездатністю ТЗ в умовах експлуатації, але для роботи газового двигуна ТЗ з тепловим акумулятором в процесі теплової підготовки дослідження не проводились.

Постановка проблеми

Ефективність функціонування транспортного засобу (ТЗ) обладнаного системою теплової підготовки, як складної технічної системи, залежить від його технічного стану [1]. В зв'язку з цим виникає потреба визначення параметрів його технічного стану та керування ним в умовах експлуатації на основі даних, отриманих в процесі моніторингу його основних параметрів. Моніторинг процесів прогрівання двигуна транспортного засобу працюючого на зрідженому газовому паливі, має суттєві складності тому, що потребує формування схеми інформаційної взаємодії елементів вимірювального комплексу на основі ТЗ. Ефективність роботи вимірювального комплексу при використанні в ТЗ залежить від своєчасності та контрольованості теплових процесів. Для цього потрібно враховувати як інформацію системи бортової діагностики ТЗ OBD, так і інформацію, отриману з пам'яті ЕБК ТЗ спеціальними технічними засобами [2-4].

Мета та завдання

Метою роботи є обґрунтування і формування системи та схеми інформаційного обміну між структурними елементами системи теплової підготовки та комплексу моніторингу ТЗ з системою живлення двигуна транспортного засобу зрідженим газовим паливом, в умовах експлуатації засобами ITS.

Результати вирішення основних завдань

Для дослідження температурних режимів роботи системи теплової підготовки ТЗ з двигуном, обладнаним системою впорскування газового палива в умовах експлуатації засобами ITS потрібно вимірювати параметри технічного стану ТЗ, щонайменше в частині витрати палива, температур технологічних рідин (системи охолодження), часу теплової підготовки, частоти обертання, швидкості і положення ТЗ. Для аналізу отриманих значень параметрів технічного стану ТЗ додатково потрібно отримати коефіцієнт надлишку повітря, температуру каталізатора, напругу на датчиках O₂ каталізатора, тиск і температуру у впускному колекторі, напругу бортової мережі - зарядки акумулятора та інші. В частині використання системи теплової підготовки ТЗ обладнаного системою впорскування газового палива потрібна додаткова фіксація параметрів теплоносіїв в системі охолодження двигуна ТЗ. Проведення досліджень бензинового ТЗ, оснащеного системою впорскування

газового палива, викликано особливостями процесів теплової підготовки ТЗ в період післяпускового прогріву і особливостями запуску системи впорскування газу[2].

Під час здійснення дистанційного моніторингу ТЗ в режимі реального часу використовувалася система, розроблена авторами і описана раніше в [1, 3,5,6,7], для моніторингу процесів теплової підготовки використовувалася додаткова система моніторингу на основі виготовлених авторами датчиків для теплоносіїв в системі охолодження двигуна транспортного засобу, трекера та системи комунікацій [5-6]. Система моніторингу параметрів технічного стану транспортного засобу обладнаного системою теплової підготовки включала в себе: штатні датчики транспортного двигуна і транспортного засобу, штатні датчики системи подачі газового палива, електронного блоку управління (ЕБУ) транспортного двигуна і ЕБУ системи подачі газового палива, лінії системи стандарту OBD-II , адаптер (сканер) OBD-II [1, 3, 5,6].

Проаналізувавши існуючі в ТЗ засоби і методи визначення вказаних параметрів технічного стану, сучасне обладнання та інформаційні можливості ITS, запропонований варіант схеми інформаційного обміну між елементами системи вимірювань для здійснення дистанційного дослідження роботи ТЗ, обладнаного системою впорскування газового палива в умовах експлуатації засобами ITS.

В результаті системної взаємодії складових для здійснення зазначених функцій система моніторингу параметрів технічного стану двигуна транспортного засобу за допомогою складових елементів виконує дистанційне дослідження роботи транспортного засобів, обладнаного системою впорскування газового палива в умовах експлуатації.

Особливістю запропонованої схеми є багаторівнева побудова механізму отримання і обробки інформації про параметри технічного стану, в залежності від функціональної приналежності ТЗ і його параметрів, умов експлуатації [1,2,5], особливостей конструкції та засобів інформаційного забезпечення процесів дослідження.

Схема інформаційного обміну (рис.1), яка на рівні ТЗ здійснює інформаційний обмін між елементами ЕБК транспортного засобу, елементами ЕБК системи впорскування зрідженого газового палива через OBD-рознімання - з елементами системи моніторингу параметрів технічного стану (СМПТС) і положення ТЗ. Складові процеси рівня ТЗ в частині елементів системи впорскування зрідженого газового палива, забезпечують не тільки формування інформаційної складової ТЗ, але й енергетичної складової. Вказана енергетична взаємодія на рівні ТЗ полягає у своєчасному забезпеченні транспортного двигуна подачею зрідженого газового палива. Для дослідного ТЗ СМПТС включає в себе: штатні датчики транспортного двигуна і ТЗ, штатні датчики системи подачі газового палива, ЕБК транспортного двигуна і ЕБК системи подачі газового палива, лінії системи стандарту OBD-II, адаптер (сканер) OBD-II [6-7]. За допомогою ліній системи стандарту OBD-II і вказаного вище OBD-рознімання інформація про параметри технічного стану ТЗ поступає на встановлений в дослідженні адаптер OBD-сканер. В результаті інформаційної

взаємодії зі з'єднаним пристроєм, за допомогою Bluetooth, Wi-Fi або USB, з транзитним сервером СМПТС до мереж отримання і передачі інформації рівня інфраструктури транспорту передається отримана від ТЗ інформація[5-7].

Для додаткового отримання інформації про параметри технічного стану від транспортного двигуна, транспортного засобу, системи теплової підготовки та системи подачі зрідженого палива, схема інформаційного обміну містить транспортний засіб з ДВЗ, штатні датчики, датчики встановлені додатково для вимірювання параметрів температури системи охолодження двигуна транспортного засобу, контролер сканер-комунікатор (трекер), підключення до парного пристрою за допомогою USB або Wi-Fi, або Bluetooth, бортовий інтелектуальний діагностичний комплекс, GPS, A-GPS, SBAS, GPRS, Internet або локальну мережу, Web-сервер, базу даних, необхідне програмне забезпечення, оперативну інформацію, отриману з Internet, GPS, GPRS учасників процесу випробування і дослідження двигуна транспортного засобу, автоматизоване робоче місце внутрішньої мережі [7].

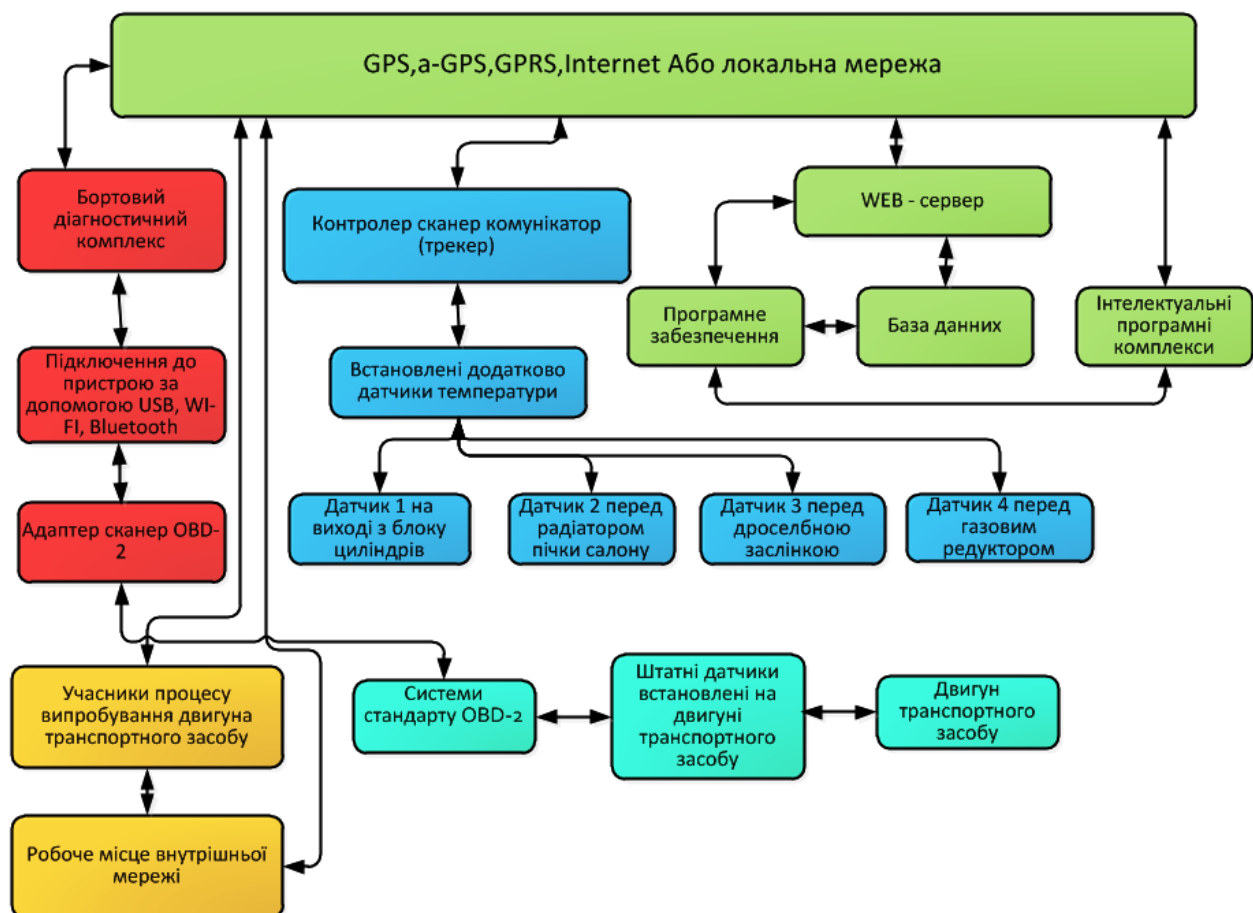


Рисунок 1 - Схема інформаційного обміну між елементами вимірювального комплексу для здійснення дистанційного дослідження температур системи охолодження двигуна транспортного засобу

Обмін інформацією здійснюється через мережі отримання і передачі інформації, а саме GPS, A-GPS, SBAS, GPRS, Internet або локальну мережу. На

згадку система моніторингу параметрів технічного стану, закладаються вихідні дані, в тому числі і параметри ТЗ і транспортного двигуна. Фрагмент результатів проведених вимірювань у вигляді карти руху ТЗ показаний на рис. 2.

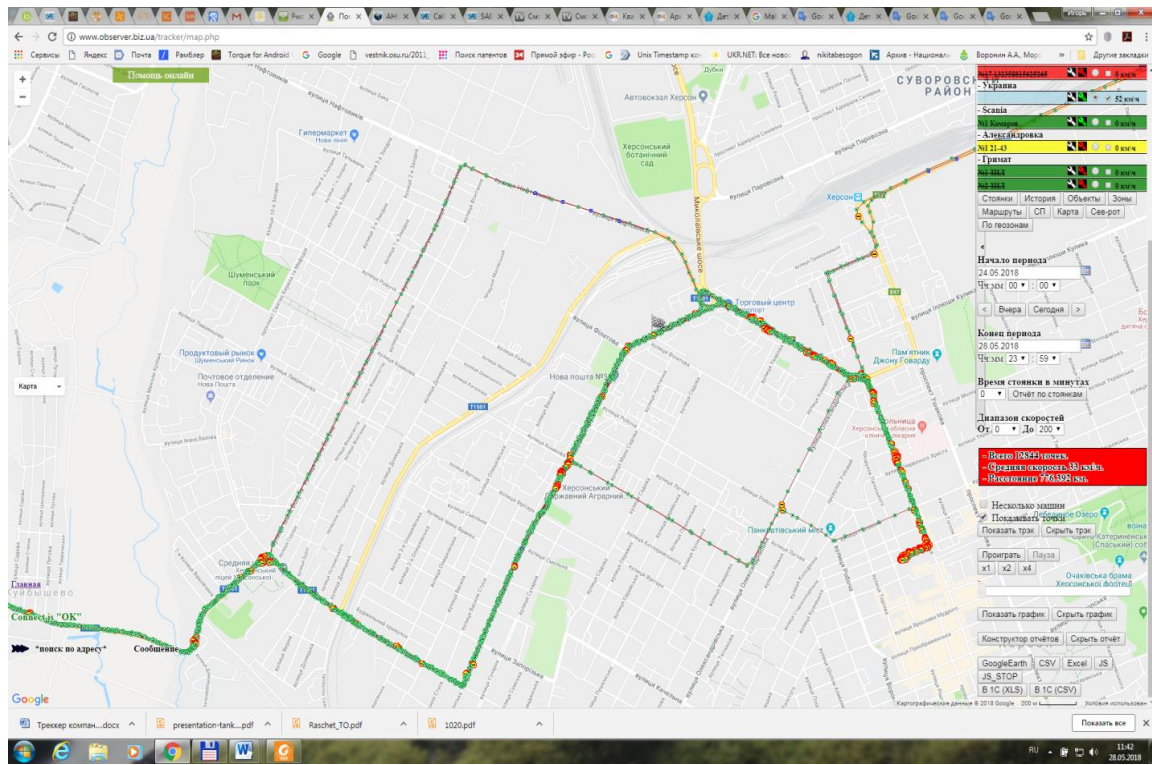


Рисунок 2 - Фрагмент звіту про результати проведених вимірювань теплової підготовки ТЗ, обладнаного системою впорскування газового палива в вигляді карти руху ТЗ

Висновки

Приведено схему інформаційного обміну між елементами системи вимірювань для здійснення дистанційного моніторингу роботи ТЗ, обладнаного системою впорскування зрідженого газового палива, та системою теплової підготовки двигуна транспортного засобу в умовах експлуатації засобами ITS. Обґрунтовано структуру інформаційного комплексу і склад інформаційної системи моніторингу параметрів технічного стану та положення для дослідження роботи ТЗ, обладнаного системою впорскування зрідженого газового палива з можливістю дистанційної реєстрації і виводу отриманих результатів на віддалений комп'ютер засобами ITS при проведенні експериментальних досліджень ТЗ обладнаного системою теплової підготовки двигуна ТЗ в умовах експлуатації.

Література

1. Волков В.П., Грицук И.В., Никонов О.Я., Сатаев М.И., Волков Ю.В., Саипов А.А. Интеллектуальные и телематические технологии на транспорте / Под ред. доктора технических наук. профессора В.П. Волкова – Шымкент: Изд-во ЮКГУ им. М. Ауэзова, 2016. – 508 с.

2. Интеллектуальные системы управления работоспособностью автомобилей / В.П. Волков, В.П. Матейчик, И.В. Грицук, Ю.В. Волков / Под редакцией Волкова В.П. – Харьков: Майдан, 2016. – 504 с.

3. Гутаревич Ю.Ф. Обґрунтування структури вимірювального комплексу для дослідження роботи двигуна внутрішнього згорання транспортного засобу з системою прогріву й тепловим акумулятором в процесі пуску і прогріву / Ю.Ф.Гутаревич, Грицук І.В., Адров Д.С., Комов А.П., Трифонов Д.М. // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х.: НТУ «ХПІ». – 2014. – № 10 (1053). – с.55-62.

4. Gritsuk, I., Gutarevych, Y., Mateichyk, V., and Volkov, V., "Improving the Processes of Preheating and Heating after the Vehicular Engine Start by Using Heating System with Phase-Transitional Thermal Accumulator," SAE Technical Paper 2016-01-0204, 2016, <https://doi.org/10.4271/2016-01-0204>.

5. Погорлецький Д. Структура вимірювального комплексу для дослідження роботи транспортного засобу з двигуном, обладнаним системою впорскування газового палива, в умовах експлуатації засобами ITS / Системи і засоби транспорту. Проблеми експлуатації і діагностики : монографія / Vlatnický Miroslav, Dižo Ján, Gerlici Juraj та ін.; за наук. ред. проф. Грицука Ігоря. –Херсон : ХДМА, 2019. – 442 с. : іл., табл. (укр., рос., англ. мовами), Херсон, р. 383-394.

6. Погорлецький Д.С., Матейчик В.П., Полівінчук А.П., Володарець М.В., Цюман М.П. Особливості теплової підготовки транспортного двигуна в умовах експлуатації, Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ імені Дмитра Моторного, 2019. – Вип. 19, т. 4. –286 с.

7. Грицук І.В., Погорлецький Д.С., Симоненко Р.В., Особливості формування системи теплової підготовки двохпаливних транспортних засобів, працюючих на рідкому нафтовому паливі і зрідженому нафтовому газі / Матеріали VIII-ої міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту»: збірник наукових праць / Міністерство освіти і науки України, – Вінниця: ВНТУ, 2020. – 112 с.

УДК 621.791.92

ТЕРМОНАПРУЖЕНИЙ СТАН ЗНОСОСТІЙКОГО ШАРУ ДЕТАЛІ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ ПРИ ЕЛЕКТРОКОНТАКТНІЙ НАПЛАВЦІ

**Аулін В.В., д.т.н., проф.,
Лисенко С.В., к.т.н., доц.,
Жилова І.В., асп.,
Вербицький асп.,
Постовалов С.І., ст.,
Півняк Є.А., ст.**

Центральноукраїнський національний технічний університет

Abstract

Mathematical modeling of local and integral indicators of the thermostressed rational state of the wear-resistant layer during electrocontact surfacing is carried out. The calculated schemes of partition along the length and for the section at the entrance in the region and in the thermodynamic source are offered. The distribution of wire heating temperature and double the coefficient of deformation resistance along the length of the thermodeformation source and normal contact stresses along the length and width of the thermodynamic source at the electrocontact direction is obtained. Schemes of restoration of worn necks of shafts are offered.

Key words: thermal stress, surfacing, recovery, calculation scheme, temperature and stress distribution, shaft necks.

Вступ

Для електроконтактного наплавлення металевими стрічками, найчастіше використовуються сталеві стрічки, які значно поліпшуються при електроконтактного наплавленні, але зміцнення відбувається нерівномірно. Найбільш інтенсивно відбувається зміцнення в зонах наплавленого шару, що не піддаються термічній дії наступних імпульсом струму. Площа цих зон становить 50-90% від загальної площі наплавленої поверхні. В результаті повторного термічного впливу решта наплавленого шару знеміцнюється. При збільшенні вмісту вуглецю ступінь знеміцнення підвищується. Підвищення вмісту вуглецю сприяє утворенню в наплавленому шарі сітки тріщин. Отже, для відновлення і зміцнення деталей, що мають великий запас втомної міцності, сталеві стрічки можуть застосовуватися при певних умовах, необхідного хімічного складу.

Відомі способи електроконтактного наплавлення біметалевих стрічок. Одним із таких способів є нанесення покриття на торець стрічки шовного зварюванням, що включає установку стрічки на опорному ролику, переміщення її за допомогою привідних бічних електродних роликів, підключених до одного з полюсів джерела струму, і наплавку покриття зварювальним роликом з канавкою, підключеним до іншого полюсу джерела струму. З метою підвищення міцності зварного з'єднання і економічності процесу за рахунок збільшення щільності струму в головній частині зварювальної зони

зварювальний ролик зміщують щодо бокових роликів в напрямку руху стрічки на величину, що не перевищує довжину зони деформації покриття. Даний спосіб дозволяє наносити покриття лише на локальні ділянки поверхні з використанням зварювального ролика з кільцевої контактної канавкою на циліндричній поверхні. Цей метод вимагає певних умов для його практичного використання.

Аналіз попередніх досліджень

Існують різні способи зміцнення деталей електроконтактним наплавленням необхідних зміцнених шарів, що забезпечують працездатність в визначених умовах експлуатації. Електроконтактне наплавлення деталей машин характеризується рядом позитивних якостей: високою продуктивністю і низькою енергоємністю процесу нарощування шару металу; незначною величиною або повною відсутністю розплавленого металу в області контакту; відсутністю або практично незначною часткою участі металу деталі в наплавленому шарі; мінімальною зоною термічного впливу, внаслідок малої тривалості імпульсів зварювального струму; незначними термічними деформаціями відновлюваного виробу; відсутністю необхідності в захисному середовищі через короткочасний термічний вплив на зварювані матеріали та іншим особливостям процесу; відсутністю потужного світлового випромінювання і газовиділення.

При електроконтактному зміцненні деталей використовують різні матеріали, що забезпечують необхідний хімічний склад в наплавленому шарі, його геометричні розміри і властивості. У кожному разі вибирають матеріал, режими і спосіб наплавлення. Застосування порошкового дроту, в якості присадочного матеріалу, при електроконтактному наплавленні дозволяє розширити технологічні можливості даного способу, дозволяє збільшити введення кількості компонентів. Струм, протікаючи по оболонці, нагріває її до температури переходу в пластичний стан. При певному зусиллі, прикладеному до електроду, оболонка з'єднується з основним металом, а порошковий матеріал (сердечник) нагрівається теплом, що надходить від оболонки. Встановлено основні закономірності нагрівання порошкового дроту в процесі електроконтактного наплавлення зносостійкого сплаву, а також створено математичну модель, що описує цей процес. Визначена міцність зчеплення порошкового дроту з основою при електроконтактному наплавленні.

Такий спосіб покращує якість відновлюваної деталі, але при цьому можлива недостатня міцність покриття з основним металом. Для електроконтактного способу зміцнення знаходять застосування порошкові стрічки, які мають прямокутний перетин. Оболонка порошкової стрічки, в залежності від необхідного хімічного складу складається з металевої стрічки, сформованої необхідного профілю. В якості матеріалу осердя використовуються порошки певного хімічного складу. Перші порошкові стрічки виготовлялися поєднуючись з наплавочним апаратом, формували її спеціальними роликами, одночасно заповнюючи оболонку відповідними

порошкоподібними компонентами відразу ж проводили наплавку. Потім порошкову стрічку стали виготовляти окремо на спеціальних станах, забезпечених роликками для формування і завальцовки стрічки-оболонки. Спосіб виготовлення порошкової стрічки дозволяє отримати стрічку необхідного складу і конструкцію оболонки, що в подальшому забезпечить її застосування для електроконтактного зміцнення. Можна виготовляти порошкову стрічку необхідного складу і конструкції для зміцнення конкретної деталі, враховуючи її розмір і необхідні розміри зміцнюючого шару та його властивостей.

Поєднання компонентів осердя з великим діапазоном варіювання складу і матеріалу оболонки дає можливість отримати на поверхні виробу міцний і пластичний наплавлений шар з включенням тугоплавких частинок, що забезпечують високий знос кістки металу. Складність проведення процесу електроконтактного наплавлення порошковими стрічками пов'язана з деякими обмеженнями, зумовленими нерівномірним і неконтрольованим розподілом електричного струму в різних точках контакту поверхні виробу з оболонкою стрічки, що може призводити до несплавлення або перегрівів і виплеску в окремих ділянках.

Існують порошкові стрічки для електроконтактного припікання, що складаються з полімерної оболонки і сердечника. Полімером є поліетилен або полімоформальдегід армування частинками шихти. Використання полімерної стрічки дозволяє збільшити товщину шару між зварювальним роликом і деталлю. До недоліків даного електродного матеріалу можна віднести підвищену пористість наплавленого шару, інтенсивне газовиділення. Крім того, в осередку деформації полімерна стрічка нагрівається навколо наплавочної ділянки, через термічну деструкцію частки порошкових матеріалів виявляються вільними від полімерних зв'язків, що призводить до втрат 10...15% від маси стрічки. Маса наплавленого шару менше маси наплавленої порошково-полімерними стрічками на величину, рівну масі полімеру. У кожному конкретному випадку необхідно враховувати склад стрічки.

Електроконтактне наплавлення порошкових матеріалів можна віднести до категорії процесів з яскраво вираженим механічним і тепловим активуванням. Тому в якості керуючих впливів на властивості порошкових покриттів і продуктивність процесу їх нанесення використовують параметри режиму: тиск стиснення, зварювальний струм, час імпульсу струму, час пауз і швидкість зварювання. Однак, можливості їх використання обмежені областю оптимального якісного стану процесу.

При електроконтактному наплавленні металевих порошків у вільному стані величина активованого тиску обмежена значеннями 35...40 МПа, щоб уникнути витискування порошку із зони приварювання і запобігання появи напливів та інших дефектів. Це, в свою чергу, обмежує величину струму, швидкості зварювання, тривалість імпульсу струму, оскільки нагрівання необхідно здійснювати зі швидкістю не більше $(3...5) \cdot 10^3$ К/с для забезпечення

рівномірного нагріву частинок порошку. При більш високих швидкостях нагріву, більше $5 \cdot 10^3$ К/с і мають такі значення активованого тиску, відбувається миттєвий розігрів контактних ділянок частинок без достатнього розігріву самої частинки порошку. В результаті процес електроконтактного приварювання протікає не стабільно, можливо проплавлення шару на окремих ділянках. При цьому пористість покриттів досягає великих значень 25...35%.

З метою розширення області оптимального якісного стану процесу електроконтактного приварювання металевих порошків можливе використання і інших активують впливів: механічних – попереднє ущільнення шару, двухстадійне нанесення покриттів, наклеп поверхні деталі, електродинамічне силове активування, зовнішнім впливом ультразвуковим полем; термічних – імпульсна введення тепла, підігрів порошку, зміною теплофізичних властивостей, підвищенням температури поверхні деталі; хімічних – введення спеціальних добавок, що зменшують окислення або руйнують окисні плівки, нанесення поверхнево-активних речовин, приварка з використанням екзотермічних реакцій, приварка в середовищі захисних газів, введення елементів знижують температуру утворення рідкої фази.

Існує спосіб нанесення покриттів з металевих порошків на поверхню деталей циліндричної форми, що включає електроконтактне припікання металевих порошків, з метою підвищення якості виробів, перед припіканням на поверхню деталі витками намотують металеву стрічку з кроком більше ширини стрічки, порошок при електроконтактному припіканні поміщають між витками стрічки; механічну обробку поверхні. Недоліком такого способу нанесення покриттів, є те, що він не забезпечує рівномірний розподіл твердості поверхні. При цьому способі зміцнення необхідна термічна підготовка порошків, забезпечити однорідне змішування при використанні багатокомпонентної системи.

Постановка проблеми

Аналіз існуючих шляхів підвищення якості показує, що вони характеризуються як однозначними функціональними зв'язками з параметрами режиму припікання, так і можуть бути незалежно регульованими. Крім того, підвищення якості покриттів в основному досягається за рахунок попереднього формування на деталі порошкового шару з заданими властивостями (питомий опір, пористість та ін.) та задовольняють вимогам оптимального процесу електроконтактного припікання, що забезпечує вибір матеріалу.

Наведеними технологічними схемами електроконтактного нанесення порошкових покриттів вирішуються одночасно два завдання: формування на поверхні деталі порошкового шару і його припікання на режимах, що забезпечують збереження заданих фізико-механічних властивостей. Одночасне вирішення цих завдань при нанесенні порошкових покриттів є нераціональним через накладання істотних технологічних обмежень й необхідність ведення кожного процесу при різних силових і теплових активуючих впливах. В даний

час процес електроконтактного наплавлення вимагає використання нових матеріалів і способів їх нанесення.

Мета та завдання

Метою даної роботи є теоретичне обґрунтування термонапруженого стану зносостійкого шару при електроконтактній наплавці.

Для реалізації поставленої мети розв'язували наступні завдання:

1. Провести математичне моделювання локальних і інтегральних показників термонапруженого раціонального стану зносостійкого шару при електроконтактній наплавці.

2. Розробити технологічні схеми зміцнення і відновлення деталей машин при електроконтактній наплавці.

Результати вирішення основних завдань

Математичне моделювання локальних і інтегральних показників напружено-деформованого стану металу при реалізації процесу електроконтактного наплавлення дротом полягало в розбитті всієї протяжності зони пластичного деформування на елементарні поперечні перерізи (j -ий цикл), що є паралельними площині осі обертання ролика-електрода. Використовуючи чисельні методи і подальший чисельний аналіз кожного з роликів (i -ий цикл) розрахункова схема має вигляд (рис.1).

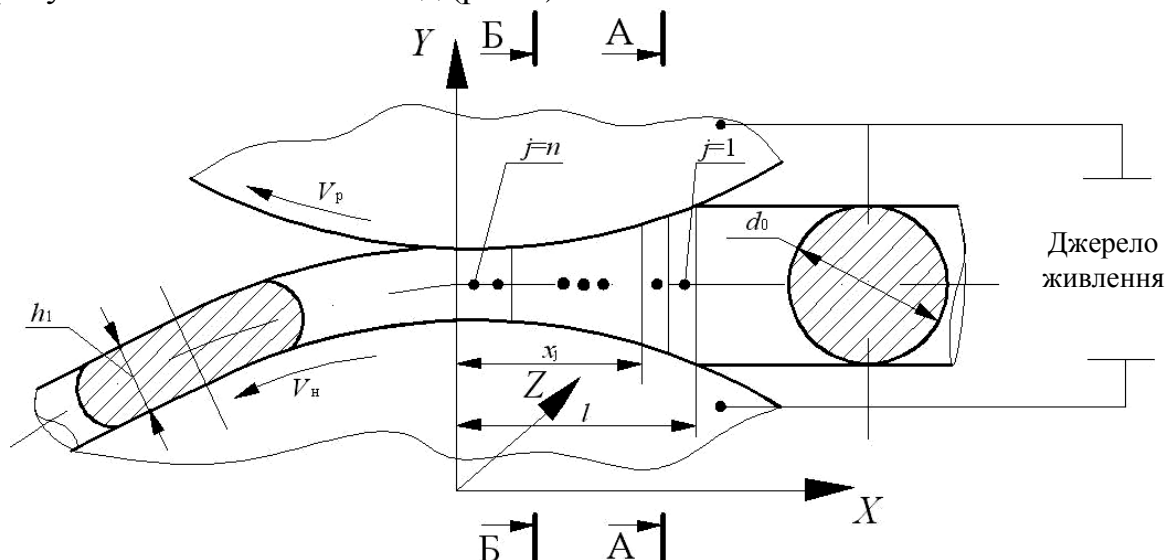


Рисунок 1 Розрахункова схема розбиття області по довжині термодформаційного джерела

З огляду на те, що зміна властивостей при нанесенні покриття відбувається поетапно, то в якийсь відрізок часу їх можна вважати постійними, що дозволяє уявити конкретну схему формування зносостійкого покриття. Розглянемо напружено-деформований стан дроту при вході в зону термодформаційного джерела. Теоретичне дослідження енергосилових параметрів металу в цьому випадку проведено по аналогії. На основі чисельної побудови і подальшого аналізу кінематично можливих полів характеристик реалізованих у фізичній площині і площині годографа швидкостей. Попередні експерименти показали, що при моделюванні прийнято використовувати

припущення про виключно поперечному пластичному протіканні металу. Виходячи з відомих значень товщини h_{xj} і ширини контакту b_{kxj} та геометричні координати особливих точок кінематичних можливих полів у фізичній площині ZY (рис. 2) відповідали умовам:

$$y_1 = 0, 0; z_2 = 0, 0; y_2 = y_3 = h_{xj} / 2; z_3 = b_{kxj}. \quad (1)$$

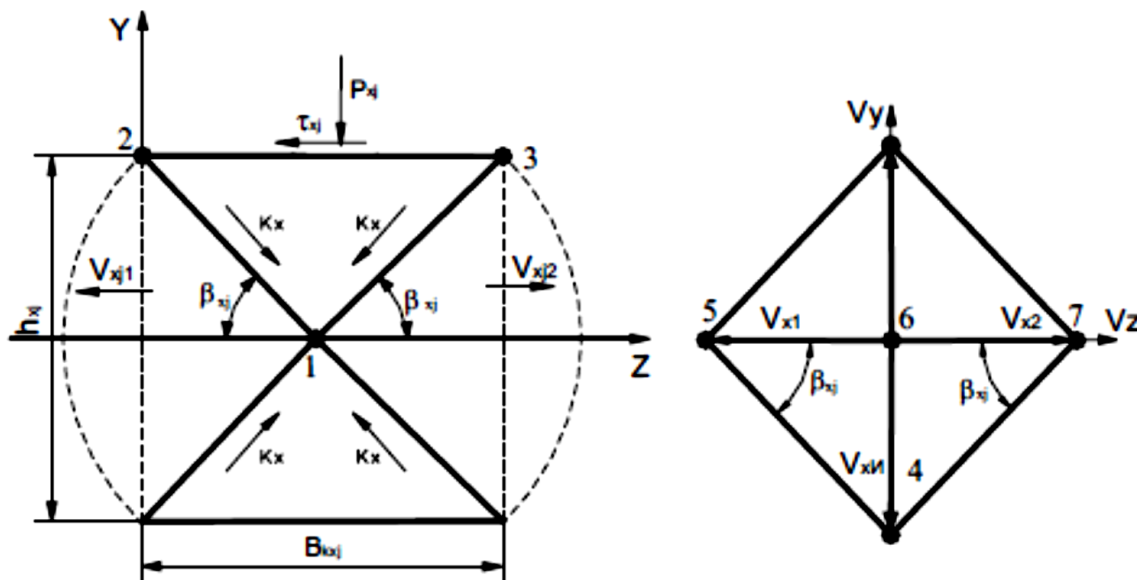


Рисунок 2 Розрахункова схема для перетину на вході в область термдеформаційного джерела

Вважаючи спочатку геометричну координату z_{1j} відомої, визначимо кутові характеристики β_{xj} :

$$\beta_{xj} = \arctg \left[\frac{(y_{2j} - y_{1j})}{(z_{1j} - z_{2j})} \right], \quad (2)$$

звідки, дотримуючись принципу ортогональності характеристик у фізичній площині ZY і площини годографа швидкостей $V_z V_y$, геометричні координати особливих точок 4, 5 і 7 можуть бути визначені наступним чином:

$$\begin{aligned} V_{z4j} = V_{y5j} = V_{y7j} = 0, 0; V_{y4j} = V_{xj}; \\ V_{z5j} = -V_{y4j} / \operatorname{tg} \beta_{xj}; V_{z7j} = V_{y4j} / \operatorname{tg} \beta_{xj}; \end{aligned} \quad (3)$$

де V_{xj} – вертикальна складова швидкості переміщення ролика-електрода, що задається кількісно у вигляді масштабу побудови кінематично можливого поля характеристик в площині годографа швидкостей, мм/с.

З урахуванням (1)-(3) побудову кінематично-можливих полів характеристик зведено до визначення геометричної координати z_1 , відповідного мінімуму сумарної потужності зсуву N_j для даного поперечного перерізу. Кількісна оцінка потужності в свою чергу, може бути представлена у вигляді:

$$\begin{aligned} N_{xj\Sigma} = K_{xj} \cdot \sqrt{(z_1 - z_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \cdot \sqrt{(-V_{z5} - V_{z4})^2 + (V_{y4} - V_{y5})^2} + \\ K_{yj} \cdot \sqrt{(z_3 - z_1)^2 + (y_3 - y_1)^2} \cdot \sqrt{(V_{z7} - V_{z4})^2 + (V_{y4} - V_{y7})^2} \end{aligned} \quad (4)$$

де K_{xj} , K_{yj} – поточні по довжині осередку деформації значення опору зсуву наплавленого металу на відповідних межах зони пластичної деформації.

Безпосереднє визначення геометричної координати z_1 здійснювали ітераційно на основі методу цілеспрямованого перебору варіантів, аналітична форма запису, якого має наступний вигляд:

$$z_{1(t+1)} = z_{1t} + A_z \text{sign} [N_{j\Sigma(t-1)} - N_{j\Sigma t}], \quad (5)$$

де t – порядковий номер чергового циклу ітераційної процедури; A_z – крок зміни геометричної координати z_1 , мм.

У міру визначення мінімального значення сумарної потужності зсуву $N_{xj\Sigma\min}$ і відповідних йому геометричних координат будь-яких спеціальних точок кінематично-можливих полів характеристик проводили розрахунок зусилля на ролик-електроді P_j , що діє в рамках даного j -го перетину осередку деформації. Виходячи з умови еквівалентності потужностей внутрішніх і зовнішніх сил, шукане значення зусилля P_j складе:

$$P_j = N_{xj\Sigma\min} / V_{y4}. \quad (6)$$

Чисельне одномірне математичне моделювання термонапруженого стану металу в термодформаційному вогнищі при електроконтактному наплавленні, з урахуванням отриманих результатів, було проведено на основі чисельного рекурентного рішення зони пластичного деформування шару, що прямував із спільного аналізу умови пластичності і диференціального рівняння рівноваги. Розгляду підлягають кожний окремих поперечний переріз (рис. 3).

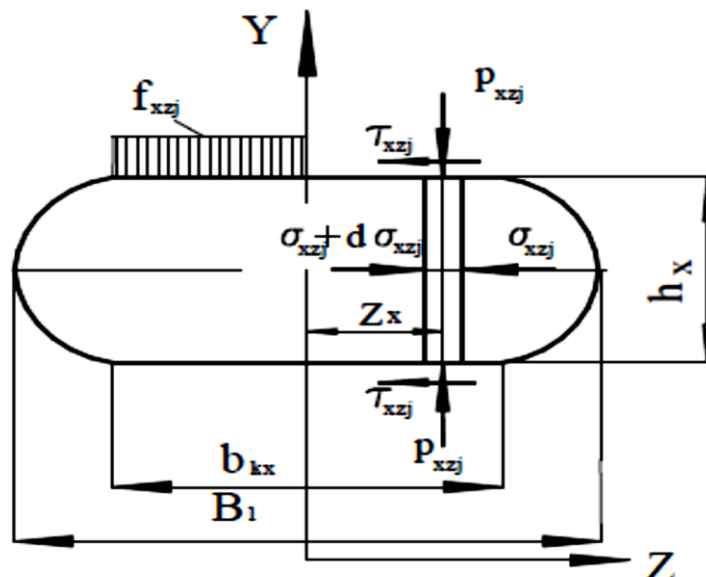


Рисунок 3 Розрахункова схема для перетину в термодформаційному джерелі

З огляду на те що $\tau_{xzj} = p_{xzj} \cdot f_{xzej}$, розглянемо умови статичної рівноваги видаленого елементарного обсягу наплавляючого металу в термодформаційному джерелі на вісь Z :

$$\sigma_{xzj} h_x - (\sigma_{xzj} + d\sigma_{xzj}) h_x + 2\tau_{xzj} dZ = 0. \quad (7)$$

Використовуючи вищевказані припущення і інженерний варіант розрахунку та умови пластичності $p_{xzj} = 2K_{xzej} + \sigma_{xzj}$ в результаті перетворення виразу (7), отримали рівняння з розподільними змінними:

$$-d\sigma_{xzj} h_x = 2f_{xzej} p_{xzej} dZ \text{ або } -\frac{d\sigma_{xzj}}{2K_{xzej} + \sigma_{xzj}} = \frac{2f_{xzej}}{h_x} dZ. \quad (8)$$

Проінтегрувавши обидві частини рівняння (8), отримаємо:

$$-\ln(2K_{xcj} + \sigma_{xcj}) = \frac{2f_{xcj}}{h_{xj}} Z_{xi} + C; \quad C = -\ln(2K_{xcj}) - \frac{f_{xcj} b_{kxj}}{h_{xj}}. \quad (9)$$

Перетворивши рівняння (9), знаходимо значення нормальних контактних напружень в виділеному елементі:

$$p_{xj} = 2K_{xcj} \cdot \exp\left[\frac{f_{xcj}}{h_{xj}}(b_{kxj} - 2Z_{xj})\right], \quad (10)$$

де $2K_{xcj}$ – поточне значення подвоєного коефіцієнта опору чистому зсуву, $2K_{xcj} = 1.15\sigma_{sx}$, МПа.

Поточне значення опору деформації σ_{sx} , визначали в залежності від ступеня ε , швидкості U та температури T деформації:

$$\sigma_{sx} = \sigma_{s0} U^{a_1} (20/3\varepsilon)^{a_2} (T/1000)^{a_3}, \quad (11)$$

де σ_{s0} – опорне значення опору деформації даного металу або сплаву, що визначається за результатами пластометричного випробування, МПа; a_1, a_2, a_3 – постійні для кожного окремого матеріалу. Останні розглядаються як статистичні показники, що характеризують кількісну інтенсивність впливу відповідних термомеханічних параметрів процесу електроконтактного наплавлення. Опір деформації визначали з використанням поліноміального опису кривої зміцнення:

$$\sigma_{sx} = a_0 + a_1 \varepsilon_{sk} + a_2 \varepsilon_{sk}^2 + a_3 \varepsilon_{sk}^3, \quad (12)$$

де a_0, a_1, a_2, a_3 – значення коефіцієнтів регресії аналітичного опису інтенсивності деформаційного зміцнення на початкових стадіях формування наплавленого шару. Розподіл температури в формованому шарі в термдеформаційних джерел в будь-який момент часу $\tau > 0$. При цьому визначали для випадку рівномірного тепловідведення з відновлюваної деталі і ролик-електрод, вирішуючи диференціальне рівняння теплопровідності Лапласа:

$$\frac{\partial T_n(y, \tau)}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 T_n(y, \tau)}{\partial y^2} (\tau > 0, 0 < y < r); \quad (13)$$

при початкових і граничних умовах:

$$T_n(y, 0) = T_0; \quad \frac{\partial T_n(r, \tau)}{\partial y} = 0; \quad -\lambda \frac{\partial T_n(r, \tau)}{\partial y} + \alpha [T(\tau) - T_n(y, \tau)] = 0, \quad (14)$$

де a – коефіцієнт температуропровідності, м²/с; λ – коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·град); α – коефіцієнт теплообміну, Вт/(м²·град); $r = h_x/2$; T_0 – температура навколишнього середовища.

Вважається, що $T(\tau)$ – лінійна функція часу, а шар металу нагрівається струмом з деякою швидкістю g . Враховуючи це диференціальне рівняння теплопровідності можливо записати у вигляді:

$$-\frac{\partial T(r, \tau)}{\partial y} + \frac{\alpha}{\lambda} [T_0 + g\tau - T_n(r, \tau)] = 0. \quad (15)$$

Останнє рівняння вирішується операційним методом з використанням перетворення Лапласа щодо змінної τ з врахуванням початкових умов (14):

$$T_n(y, \tau) - T_0 = g\tau - \frac{g}{2a} \left(r^2 \left(1 + \frac{2}{B_i} \right) - y^2 \right) + \frac{gr^2}{a} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{A_n}{\mu_n^2} \cos \left(\mu_n \frac{y}{r} \right) \exp(-\mu_n^2 F_0), \quad (16)$$

де $F_0 = a\tau/r^2$ – критерій Фур'є; A_n – теплові амплітуди:

$$A_n = \frac{2 \cdot \sin \cdot \mu_n}{\mu_n + \sin \mu_n \cos \mu_n}. \quad (17)$$

Вираз (16) дозволяє розрахувати температуру $T(y, \tau)$ в будь-якій точці наплавленого шару в термодформаційному джерелі. Інтенсивність підвищення температури в термодформаційному джерелі характеризує безрозмірна швидкість нагріву – критерій Предводителя:

$$Pd = \left(\frac{dT}{dF_0} \right)_{\max}. \quad (18)$$

Оскільки $T(\tau) = T_0 + g\tau$, то:

$$Pd = \frac{gr^2}{a}. \quad (19)$$

Тоді рішення завдання нагрівання формованого шару можна представити у вигляді:

$$\frac{\Delta T_n}{Pd} = \frac{T_n(y, \tau) - T_0}{Pd} = F_0 - 0.5 \left(1 + \frac{2}{Bi} - \frac{y^2}{r^2} \right) + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{A_n}{\mu_n^2} \cos \left(\mu_n \frac{y}{r} \right) \exp(-\mu_n^2 F_0). \quad (20)$$

Для визначення інтегрального значення p_{xc} при електроконтактному наплавленні по ширині перетину формованого шару проведено інтегрування виразу (10):

$$p_{xc} = 2 \int_0^{b_{xj}/2} p_{xj} dZ. \quad (21)$$

Рішенням даного виразу є:

$$P_{xj} = 2K_{xj} \frac{h_{xj}}{f_{xj}} \left[\exp \left(\frac{b_{kxj} f_{xj}}{h_{xj}} \right) - 1 \right]. \quad (22)$$

Значення інтегрального зусилля на ролик-електроді по ширині перерізу в зоні пластичної формозміни визначали за формулою (21) для кожного елементарного об'єму. Безпосередньо зусилля на ролик-електроді дорівнює:

$$P = \sum_{j=1}^n P_{xj} \cdot \frac{l_{cn}}{n} + \frac{P_{xj}}{2b_{kxj}} \Big|_{j=n} l_{yn} + P^*, \quad (23)$$

де l_{cn} – довжина дуги контакту з урахуванням пружного сплюснення, мм; n – величина розбиття по довжині дуги контакту; $l_{yn} = \sqrt{R \cdot \delta h_1}$ – довжина зони пружного відновлення, мм; $R = l_{cn}^2 / (d_0 - h_1)$ – радіус пружнодеформованого ролика-електрода, мм; $\delta h_1 = P_{xj} / b_{kxj} \Big|_{j=n} h_1 (1 - \nu_n^2) / E_n$ – величина пружної деформації формованого шару в перерізі на виході із зони пластичної формозміни, мм; ν_n – коефіцієнт Пуассона; E_n – модуль пружності матеріалу дроту, МПа.

Момент електроконтактного наплавлення:

$$M = 2 \sum_{j=1}^n P_{xcj} \cdot \frac{l_{cn}}{n} \cdot X_j - \frac{P_{xcj}}{2b_{kj}} \Big|_{j=n} \frac{l_{yn}}{3} + M^*, \quad (24)$$

де P^* і M^* – значення сили і моменту, що визначаються для перерізів $b_{kx} / h_x \leq 2.0$; X_j – координата j -го поперечного перерізу.

Представлені залежності склали повний алгоритм з математичного моделювання напружено-деформованого стану нанесеного шару при електроконтактному наплавленні дроту. Розроблено програмні засоби для комп'ютерного моделювання. В якості прикладу реалізації даної моделі представлено розподіл температури дроту і значення подвоєного опору зсуву деформації матеріалу (рис. 4) і розрахункового розподілу нормальних і нормальних контактних напружень шару по ширині і довжині термодформаційного джерела (рис. 5).

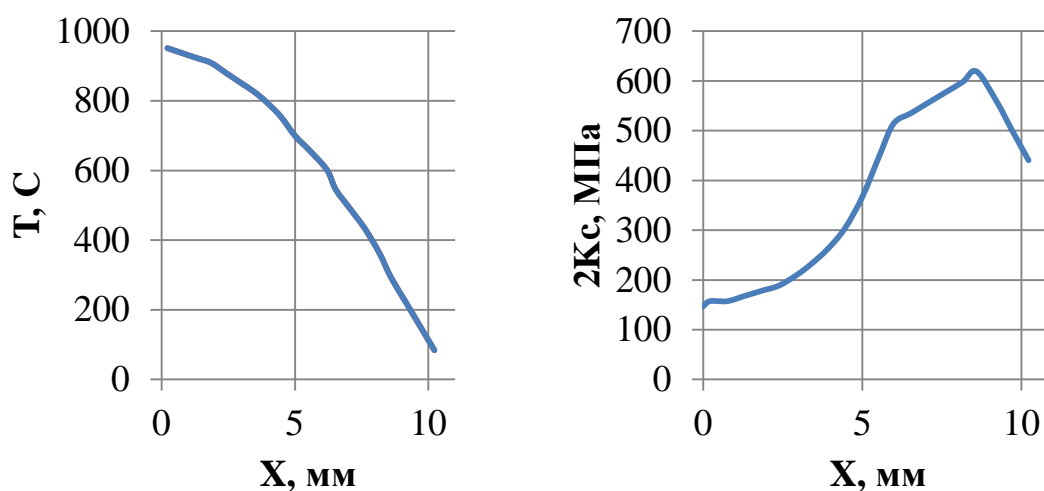


Рисунок 4 Розподіл температури нагріву дроту T і подвоєного коефіцієнта опору деформації $2K_c$ по довжині термодформаційного джерела: Y – температура нагрівача; X – довжина термодформаційного джерела; Z – значення подвоєного опору зсуву $2K_c$.

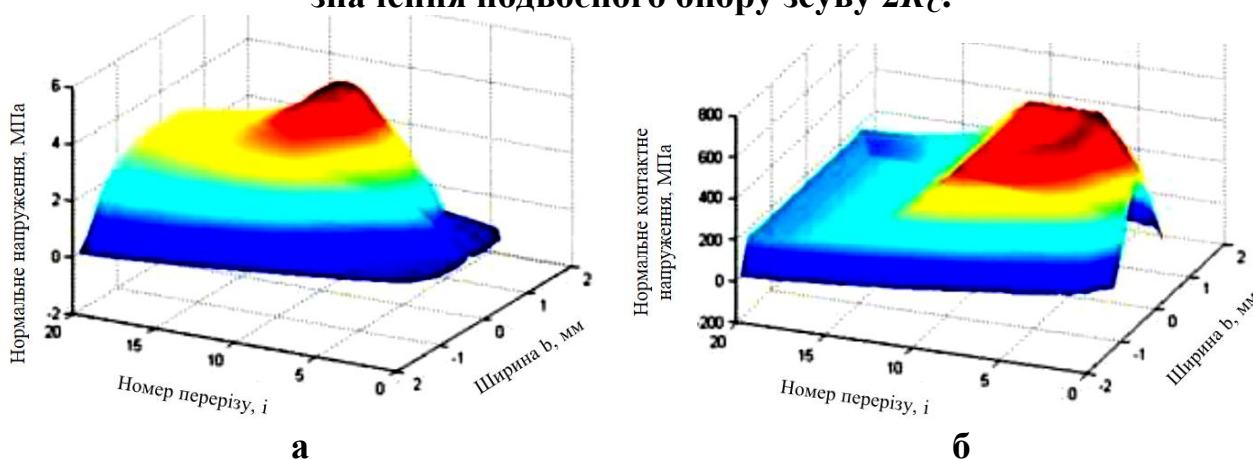


Рисунок 5 Розподіл нормальних σ_x (а) і нормальних контактних p_x (б) напружень по довжині і ширині термодформаційного джерела при електроконтактному наплавленні

З аналізу графічних залежностей видно, що температура дроту підвищується плавно, приводячи до зниження опору деформації і перерозподілу епюр напружень, при цьому їх максимум спостерігається в перетинах на вході в термодформаційне джерело. Вплив на форму епюри надає і збільшення контактної поверхні між дротом і роликом-електродом. Запропонований підхід до вивчення особливостей формування покриття розкриває загальні закономірності процесу, які дозволяють передбачити результати взаємодії і прогнозувати якість одержуваного зносостійкого шару.

Перспективні способи відновлення поверхні шарів на зношених деталях з цілісного ремонтного матеріалу: широкої стрічки, смуг, напіввулок і напівгілз (оболонок), який накриває відновлювану поверхню деталі повністю. Ці способи забезпечують найбільш повне відновлення механічних, технологічних і експлуатаційних властивостей. Загальним недоліком зазначених вище способів зміцнення є досить низька технологічність їх здійснення, продуктивність, надійність, складність запобігання викривленню і поведіння деталей при досить великому обсязі електрозварювальних робіт.

В якості прикладу для порівняння з розробленим раніше був прийнятий спосіб відновлення зношених поверхонь, який найбільш близький і за вживаним обладнанням, і за рівнем технології здійснення. Спосіб має на меті підвищити якість відновлення деталей машин шляхом запобігання деформації стрічки в поперечному напрямку і зниження енерговитрат при електроконтактному зварюванні. Ця мета, згідно з описом існуючого способу, досягається нанесенням насічки на підготовлену шліфуванням поверхню деталі, заповненням утворених в результаті насікання осередків пастоподібним припоєм перед укладанням стрічки і впливом зварювального струму за схемою роликового двоточкового електроконтактного зварювання. Зчеплення стрічки і відновлюваної поверхні деталі досягається за рахунок її припаювання в області осередків і утворення зварювальних точок в області виступів (гребінців) на краях комірок.

Однак порівнюваний (наявний) спосіб в технологічному відношенні виявився недосконалим. Результати механічного перенесення схеми роликового зварювання тонких листів на зварювання деталей, де один тонкий лист замінений суцільним циліндром є неоднаковими протягом циклу закріплення ремонтного елемента (смуги) на деталі. Виконання насічки на поверхні деталі є в технічному відношенні невдалою спробою реалізувати схему рельєфного зварювання в комбінації з роликовим. Виконання насічки на поверхні відповідальних валів є небажаним, оскільки місцеві поглиблення на шийках валів можуть являтися концентраторами напружень з подальшим розвитком втомних мікро- і макротріщин. Відомо, що галтелі шийок і їх циліндричні поверхні спеціально піддають обкатуванню кульками або роликами, які завальцьовують мікротріщини, які утворюються в результаті попередніх обробок.

У вже згадуваному способі технологічна схема може бути реалізована лише тільки для тонкого матеріалу. При використанні товстих смуг або стрічок ($t > 0,3$ мм) можливе проковзування ролика по поверхні або деталі, або стрічки.

Разом з тим застосування тонких стрічок не може в повній мірі задовольнити поставленої мети - запобігання деформації профілю стрічки в поперечному перерізі. Режим пайки і зварювання в уже згадуваному методі в першому півоберту деталі буде відрізнятися від їх параметрів у другому півоберту, так як зварювальні точки повинні виходити у нижнього ролика, а потім, після контакту стрічки з другим роликом, одночасно і у нижнього, і у верхнього роликів (рис. 6).

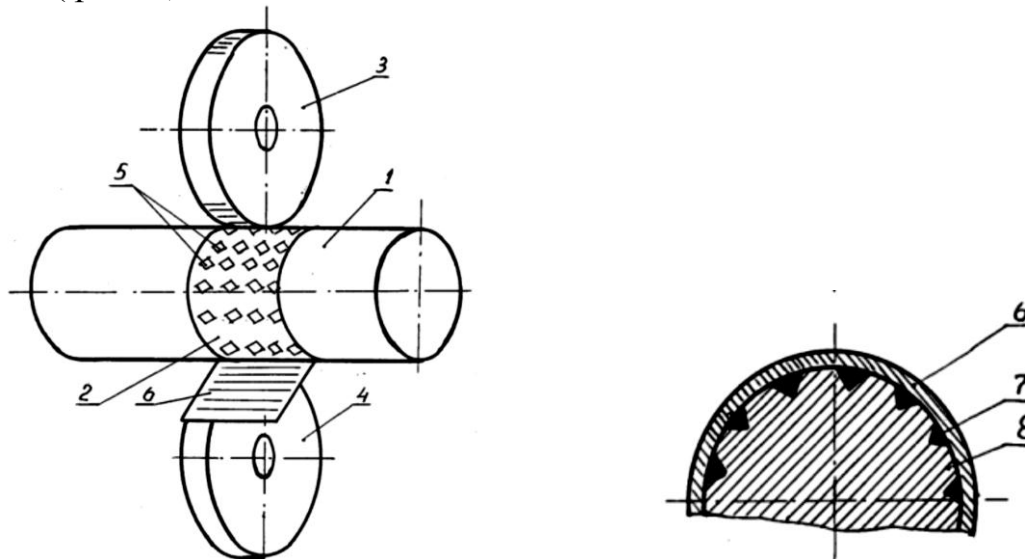


Рисунок 6 Базова схема відновлення зношених поверхнь: 1 – деталь; 2 – зношена поверхня; 3 і 4 – зварювальні ролики; 5 – осередки насічки; 6 – стрічка; 7 – западини з припоєм; 8 – гребені

У другому півоберту через одностороннього контакту роликів зі стрічкою, через появу деформацій під дією зусиль стиснення і наявності припою провідника буде важко створити високу щільність струму в окремих точках гребінцях, а отже, і концентрацію тепла, необхідну для розм'якшення стали. Отже, практично буде мати місце розплавлення припою і утворення практично паяного з'єднання, а не паянозварювального.

Результатом використання аналізованого способу відновлення зношеної поверхні буде виникнення спотворень структурно-напруженого стану поверхневих шарів відновлених деталей і їх недостатня надійність в експлуатації. Загальними операціями у запропонованому способі є попереднє шліфування зношеної поверхні для усунення відхилень її форми: овальності, огранки місцевих заглиблень, задирів і отримання поверхні з малою шорсткістю; укладка стрічки або смуги на відновлювану поверхню, її з'єднання зі зношеною деталлю, заключне шліфування і зміцнення поверхневих шарів відновленої поверхні.

Специфічними операціями, складовими сформованого способу, є коткування мірної нагрітої смугової заготовки до відновлюваної циліндричної поверхні, з'єднання її з деталлю контактним зварюванням і використання як заповнювач стикувального шва високотемпературного (твердого) припою. Схема відновлення зношеної циліндричної поверхні на початку, в продовженні і в кінці процесу установки і закріплення ремонтної заготовки показана на рис. 7.

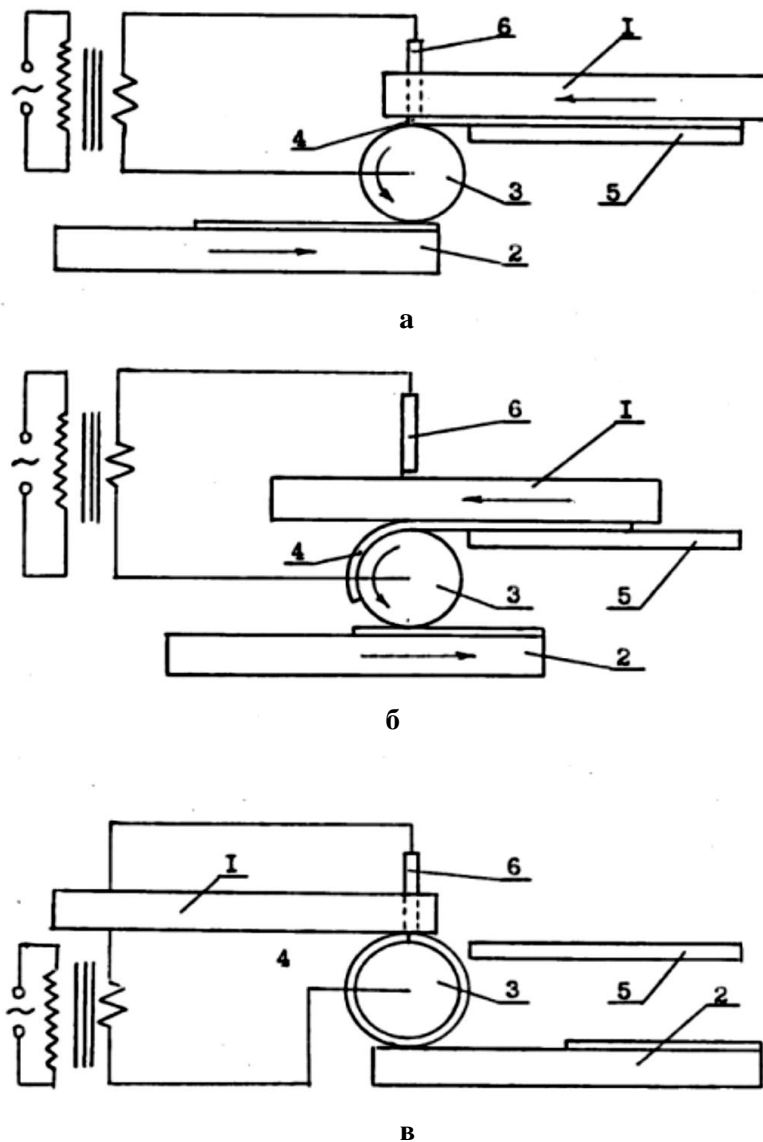


Рисунок 7 Схема відновлення зношених шийок валів: а – початок закріплення смуги; б – середня частина процесу прикочуванням смуги; в – кінець процесу прикочування і закріплення кінця смуги, 1 – верхній прикочувач; 2 – нижній прикочувач; 3 – вал; 4 – мірна заготівля; 5 – нагрівач (праска); 6 – електрод

Накочення мірної заготовки 4 до шийки вала 3 здійснюється двома плоскими плашками (прикочувачами) 1 і 2, між якими встановлюється деталь для відновлення поверхні. Нагріта за допомогою нагрівача 5 мірна заготовка стрічки подається з підігрівача під верхнім прикочувачем на деталь, і її кінцева ділянка з'єднується з відновлюваною поверхнею контактним зварюванням (електрод 6).

Прикочуючі плашки здійснюють зустрічний поступальний рух і одночасно стискають між собою відновлювану деталь. Сформована схема сил і згинальних моментів в зоні контакту призводить до появи розтягуючих напружень в її зовнішніх шарах і стискаючих напружень у внутрішніх. Це призводить до щільного прилягання мірної заготовки до відновлюваної поверхні деталі в результаті її вигину. Для виключення можливості ковзання

прикочувачів по поверхні деталі при прикатці досить товстих смуг до валу слід докласти додатковий крутний момент.

Закріплення заготовки на деталі здійснюється в два етапи. Перший етап - прискорений і складається в прихваті точковим зварюванням початкових і кінцевих ділянок мірної заготовки до відновлюваної поверхні. Тривалість цього етапу визначається швидкістю обертання відновлюваної деталі і часом зварювання.

Прискорення зварювання необхідно для запобігання різкого зниження температури нагрітої заготовки. Другий етап полягає в остаточному зварюванні прикатаної заготовки, що притискається подібно бандажу поверхню шийки або ступені валу. Прикочувачі на другому етапі видаляють, щоб не заважали зварюванню. Зварювання проводиться на першому етапі за одноточковою схемою ізольованими одна від одної зварювальними точками. Напруга від трансформатора подається на електрод, яким при зварюванні впираються в поверхню заготовки і на водоохолоджуваній контакт-зажим, який закріплюється на деталі. Контакт-зажим з'єднують із зварювальним трансформатором гнучкими шинами, що мають можливість закручуватися при обертанні деталі.

Суцільного перекриття зварювальних точок між відновлюваною деталлю і прилеглої до неї заготовки не потрібно, оскільки досвід використання напесованих втулок і гільз в машинобудуванні показує достатність розміщення декількох точок. Розташування зварювальних точок здійснюють в шаховому порядку або у вигляді сітки зі стороною комірки 10...20 мм.

Попередній нагрів заготовки здійснюється до температури 350...450°C для досягнення необхідної довжини заготовки, що дорівнює довжині окружності відновлюваної поверхні деталі. Нагріта заготовка при щільному приляганні її до деталі забезпечує при наступному охолодженні натяг середньої величини, що сприяє зміцненню відновлюваної поверхні і створення однорідного структурно-напруженого стану в поверхневих шарах відновлюваної деталі.

Висновки

1. Розроблено математичну модель термонапруженого стану зносостійкого шару при електроконтактному наплавленні дротом, що дозволяє прогнозувати закономірності формування з'єднання в твердій фазі і підвищити ефективність реновації зношених деталей.

2. Встановлено якісний і кількісний вплив температури нагріву матеріалу, що наноситься на розподіл напружень і деформацій по довжині термодформаційного джерела під час електроконтактного наплавлення. При цьому спостерігається перерозподіл максимальних напружень на вході в термодформаційне джерело в зонах найменшої температури.

3. Здійсненню зварювання по типу рельєфного в значній мірі буде перешкоджати масштабний фактор. Оскільки при рельєфному зварюванні листів контактні виступи, які спеціально штампують, мають значно більші розміри, ніж осередки, створені на відновлюваної поверхні деталі. Енерговитрати у другому півоберті деталі значно збільшуються при

одночасному зниженні ефективності зчеплення стрічки із відновлюваної поверхнею.

4. Збільшення товщини стрічки призвело б до ще більшого зниження якості закріплення стрічки на деталі і ефективності використання енерговитрат при зварюванні, в порівнянні з використанням тонкого матеріалу, через труднощі у створенні локальних ділянок з високою щільністю струму і, отже, умов для концентрованого виділення тепла, що викликає створення зварювальних точок.

Література

1. Аулін В.В. Методологія розв'язання проблеми підвищення зносостійкості деталей і робочих органів сільськогосподарської техніки. Вісник ЖНАЕУ: науково-теоретичний збірник. – випуск № 2 (45), т.4, ч.ІІ – 2014. – С. 80-91.

2. Аулін В.В., Бруцький О.П. Підвищення довговічності деталей з нанесеними поліамідними склонаповненими композиційними покриттями модифікуванням їх ультразвуковою обробкою. Зб. тез матеріалів міжнар. наук. практ. конф. «Ольвійський форум - 2012» Секція «Трибологія, енерго- та ресурсозбереження», 6-10 червня 2012, Ялта., т. 12. – С.78-79.

3. Аулін В.В., Гриньків А.В. Підвищення ресурсу гідроагрегатів транспортних засобів обробкою олив електричним полем. Зб. тез доповідей VIII Всеукр. наук.-практ. конф. студентів та аспірантів “Підвищення надійності машин і обладнання”. – Кіровоград: КНТУ, 2014. – С. 103-106

4. Аулін В.В., Віхрова Л.Г., Бісюк В.А., Гамалій В.Ф. Перспективи розвитку автоматичного управління технологічним процесом наплавлення композиційних покриттів. Зб. наук. праць КНТУ "Техніка в с/г виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація". Кіровоград: КНТУ.- 2008р. Вип. 21 С.35-39.

5. Аулін В.В., Молчан І.П., Жулай О.Ю., Лисенко С.В., Кузик О.В., Бобрицький В.М. Спосіб електродугового наплавлення циліндричних порожнистих небазових чавунних деталей. Пат. 34440 Україна, МПК В23К 9/04 (2006), №u200803385; Заявл. 17.03.2008; Опубл. 11.08.2008; Бюл.№ 15.

6. Аулін В.В., Бісюк В.А., Віхрова Л.Г., Бобрицький В.М. Спосіб автоматизації керування температурою індукційного наплавлення композиційного покриття. Пат. 23872 Україна, МПК Н05В 6/06 (2006), №u200700868; Заявл. 29.01.2007; Опубл. 11.06.2007; Бюл. №8.

7. Аулін В.В., Віхрова Л.Г., Бісюк В.А. Розробка комп'ютеризованої АСУ процесом зміцнення деталей СГТ індукційним наплавленням. Вісник Харківського нац. техн. університету сільск. господарства. /Вип. 57. Проблеми енерго-забезпечення та енерго-збереження в АПК України. Том 2. – Харків. – 2007.-С.213-219.

8. Аулін В.В., Віхрова Л.Г., Бісюк В.А., Бобрицький В.М. Програмно-технічні засоби для автоматизації виробничого процесу зміцнення деталей машин індукційним наплавленням. Зб. наук. праць КНТУ "Техніка в с/г виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація". Кіровоград: КНТУ.- 2007р. Вип. 18 С.255-259.

9. Аулін В.В., Зіновік М.А., Дубовик В.О., Назар І.Б. Фазові перетворення в композиційних матеріалах триботехнічного призначення із структурою шпінелі. Зб. наук. праць КНТУ "Техніка в с/г виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація". Кіровоград: КНТУ.- 2007р. Вип. 18 С.151-157.

10. Аулін В.В. Фізичні основи тертя і спрацювання композиційних матеріалів та покриттів. Восьмий міжнародний симпозіум українських інженерів-механіків у Львові: Тези доповідей. – Львів: КІНПАТРИ ЛДТ. – 2007. – С. 134.

11. Аулін В.В., Дубовик В.О., Красота М.В. Вплив напружено-деформованого стану циліндричної деталі на її зносостійкість. Зб. наук. праць Луганського нац. аграр. університету. Серія: Технічні науки. – Луганськ: Видавництво ЛНАУ, 2006, - №64(87). – С 26-30.

12. Аулін В.В., Віхрова Л.Г., Бісюк В.А., Бобрицький В.М. Керування процесом приготування багатокомпонентної суміші для нанесення КП на деталі машин. Зб. наук. праць КДТУ "Техніка в с/г виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація". Кіровоград: КНТУ.- 2005р. Вип. 16, С.266-269.

13. Аулін В.В., Капелюшний Ф. М., Солових Є. К., Калита М. М., Аль Соодані Салем. Зміцнення при відновленні поршневих пальців і гільз циліндрів ДВЗ електроконтактним нагріванням та комбінованим спреєрним охолодженням. Проблеми трибології (Problems of tribology). Хмельницький. ХНУ, 2005. – №2 – С.123-131.

14. Аулін В.В., Гриньків А.В. Розробка методики вибору інформативних систем і агрегатів засобів транспорту та діагностичних параметрів їх технічного стану. Зб. тез доповідей XIII Міжнародної наукової конференції "Раціональне використання енергії в техніці. TechEnergy 2017", 17-19 травня 2017 р., НУБіП України. К., 2017. С. 57-59.

15. Aulin V., Zamota T., Lysenko S., Hrynkiv A. Enabling tribotechnology of running-in. VII Ukrainian-Polish Scientific Dialogues: Conference Proceedings. International Scientific Conference, 18-21 October 2017, Khmelnytskyi (Ukraine). – Khmelnytskyi National University, 2017. P. 89-91.

16. Аулін В.В. Створення композиційних дисперсно – зміцнених покриттів на деталях СГТ з використанням лазерного випромінювання. Загальнодерж. міжвідом. наук.-техн. зб. /Конструювання, виробництво та експлуатація СГМ. / Вип. 33.– Кіровоград:КДТУ, 2003. С.310-316.

УДК 656.13

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОПИТУ НА АДРЕСНУ ДОСТАВКУ ТОВАРІВ У МІСТІ ЧЕНСТОХОВА

Дяченко О.О. ст.

Галкін А.С. к.т.н, доц.

Харківський Національний Університет Міського Господарства ім. О.М.

Бекетова

Abstract

COVID-19 has exacerbated human suffering, disrupted economies, upset the lives of billions of people around the world, and had a significant impact on the economy. This study aims to provide an analysis of the impact of the COVID-19 outbreak on logistics. This analysis shows the effectiveness of current initiatives, and summarizes the lessons learned in the form of delivery updates.

Keywords: COVID-19, delivery service.

За оцінками експертів, пандемія змінила споживчу поведінку покупців не лише короткостроково, а й у довгостроковій перспективі. Значної зміни зазнає сам споживач - в 118 умовах соціального дистанціювання прискорено формується “споживач 4.0”, який організовує і бере участь у відеоконференціях через онлайн-платформи, ще частіше замовляє товари онлайн, в тому числі й ті, які до цього купував виключно офлайн, починає користуватись цифровими послугами, до яких раніше відчував недовіру [5]. Крім того, значно скоротився процес купівлі через зменшення точок контакту між підприємством і покупцем, і, ймовірно, служби доставки, цифрові асистенти тощо, які зазнали вибухового розвитку під час карантину, не повністю втратять свою популярність і після завершення карантину. Для багатьох підприємств така трансформація відкриває нові шанси. Водночас набуті цифрові навички споживачів та розширений онлайн-досвід означатимуть і підвищення їхніх очікувань і вимог щодо прозорості підприємств та всього ланцюга постачання. І до таких нових звичок і запитів споживачів компанії мають готуватись ще під час кризи, яка здатна не лише стати каталізатором трансформаційних перетворень в самих підприємствах, а й усунути опір персоналу таким змінам, який зазвичай супроводжує і стримує нововведення [6].

Зростання роздрібної торгівлі в Інтернеті призвело до розвитку SCM за останнє десятиліття. З'явилися такі компанії, як Door Dash, Instacart та Amazon Flex, Raketa, Glovo, які виявилися особливо важливими під час пандемії [2]. Дослідження доставки додому не тільки встановили, що ці послуги є життєво важливими для задоволення споживачів досвідом роздрібної торгівлі в Інтернеті [3], але також виділили фактори, які клієнти враховують при оцінці якості доставки, такі як своєчасність та стан замовлення [4].

COVID-19 має значний вплив на електронну комерцію у світі. Коронавірус змусив клієнтів користуватися Інтернетом для придбання товарів. З цим пов'язано багато проблем що постають перед логістичними системами: не готовність електронних інтернет сайтів до великого обсягу замовлень, збільшення термінів доставки, а процес просування вантажопотоків обмежений пропускнуою здатністю каналів розподілу. Для вставлення зміни попиту застосовують метод опитування та анкетування [1].

Метою роботи є дослідження зміни попит на адресну доставку у м. Ченстохова. Для встановлення зміни попиту кінцевими споживачами з традиційних магазинів до електронної комерції у м. Ченстохова було проведено опитування щодо використання електронної комерції за допомогою Google Forms в якому брали участь студенти та викладачу Ченстоховської Політехніки. Результати опитування показали, що кількість людей, що замовляє доставку товарів на дім (адресну доставку) зросла на 12% порівнюючи з ситуацією до епідемії, також, у 88% респондентів зросли обсяги замовлень через інтернет.

Література

1. Trang H. D. Nguyen, PhD; Danh C. Vu, MS Food Delivery Service During Social Distancing: Proactively Preventing or Potentially Spreading Coronavirus Disease–2019, 2020 Society for Disaster Medicine and Public Health, Inc.
2. Terry L. Esper, Supply Chain Management Amid the Coronavirus Pandemic, Journal of Public Policy & Marketing 1-2, American Marketing Association 2020.
3. Esper, Terry L., Jensen, Thomas D., Turnipseed, Fernanda L., Burton, Scot (2003), "The Last Mile: An Examination of Effects of Online Retail Delivery Strategies on Consumers," Journal of Business Logistics, 24 (2), 177–203.
4. Mentzer, John T., Flint, Daniel J., Hult, G. Tomas M. (2001), "Logistics Service Quality as a Segment-Customized Process," Journal of Marketing, 65 (4), 82–104.
5. Robertson Thomas S., Hamilton Ryan, Jap Sandy D. Many (Un)Happy Returns?. The Changing Nature of Retail Product Returns and Future Research Directions. Journal of Retailing. 2020;96(June (2)):172–177.
6. Bhatti, A., Saad, S., & Gbadebo, S. M. (2018). Convenience Risk, Product Risk, and Perceived Risk Influence on Online Shopping: Moderating Effect of Attitude. Science Arena Publications International journal of Business Management, 3(2), 1-11.

УДК 629.3.017: 629.35

**ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ ТА КЕРОВАНОСТІ ТРАНСПОРТНОГО
ЗАСОБУ ШЛЯХОМ УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ
ПАРАМЕТРІВ ПІДВІСКИ**

Аулін В.В., д.т.н., проф.,

Гриньків А.В. к.т.н.,

Чернай А.Є. асп.,

Уманенко О.О., ст.,

Монолій А.О., ст.,

Притула С.І. ст.

Центральноукраїнський національний технічний університет

Abstract

The technical malfunctions of the front suspension, steering and braking system of buses are analyzed, as well as such operational properties as stability and controllability and the influence of a number of factors on them. Theoretical researches of regularities of formation of backlashes in a forward suspension bracket and a steering are executed. The modernized suspension for the bus BAZ 08110 is offered. The kinematic schemes of a steering drive of the bus with inseparable and split longitudinal drafts are constructed and analyzed. The kinematics of the front suspension and steering control of the bus chassis, as well as the stabilization of the dynamic neutral of the bus suspension by improving its design.

Key words: suspension, kinematic scheme, steering, stability, controllability, split and inseparable longitudinal rods, bus.

Вступ

Зростання числа ДТП, що виникають внаслідок відмови систем автобуса, які безпосередньо впливають на безпеку руху, пояснюється тим, що нерідко ТЗ експлуатуються з технічними несправностями передньої підвідвіски (ПП), рульового управління (РУ) і гальмівної системи (ГС). Своєчасний виведення з експлуатації технічно несправних транспортних засобів дозволить зменшити ризик виникнення ДТП і реалізувати наявний потенціал для зниження рівня дорожньо-транспортного травматизму в країні.

Діюча в країні система ТО і ремонту ТЗ "з напрацювання" не забезпечує високого рівня надійності та необхідної ефективності їх експлуатації. Тому останнім часом особлива увага приділяється новій, більш раціональній системі обслуговування і ремонту по "фактичному перебуваючи". Досвід впровадження такої системи показує, що істотно скорочуються об'єми профілактичних і ремонтних робіт, повніше використовується ресурс машин. Проте в даний час немає достатньо обґрунтованих нормативів управління технічним станом ПП і РУ автобусів, обраних у якості об'єкта дослідження, відсутні методики пошуку їх конкретних несправностей, рекомендації з автоматизації процесів управління.

Стійкість руху і керованість – важливі експлуатаційні характеристики автобуса, від яких залежать продуктивність перевезень, плавність ходу та безпека руху. Ці характеристики перебувають у центрі уваги вчених, внаслідок

чого появляються нові аналітичні підходи та методи випробовувань, що допомагає проектувальникам створювати оптимальні конструкції вузлів і агрегатів. На стійкість і керованість впливає багато конструкційних, дорожніх, метеорологічних та інших чинників. Негативний вплив на стійкість посилюється під час гальмування, сильного бічного вітру, поперечного ухилу дороги, кінематичної неузгодженості кермового приводу й підвіски керованих коліс тощо.

Аналіз попередніх досліджень

Основоположниками теорії стійкості та керованості автомобіля були Є. О. Чудаков і Я. М. Певзнер. Криволінійний рух і стійкість досліджували також Р. А. Акоп'ян, Д. А. Антонов, Л. Л. Гінзбург, Е. А. Гурфінкель, Г. В. Зімел'єв, В. О. Іларіонов, В. А. Макаров, Ю. М. Подригало, Р. В. Ротенберг, А. П. Солтус, Л. В. Тячев, Б. С. Фалькевич, Я. Є. Фаробін, А. А. Хачатуров, І. П. Чайковський та ін.

Актуальні питання підвищення плавності ходу ТЗ шляхом вдосконалення конструктивних параметрів регулятора рівня підлоги пневматичної підвіски, виконано огляд літератури за темою дисертації. Питаннями теорії і практики підвіски ТЗ займалися вітчизняні та зарубіжні вчені: Горелик А.М., Акоюн Р.А., Дербаремдикер А.Д., Джохадзе Г.Д., Афанасьєв В.Л., Гридасов Г.Г., Пархиловський І.Г., Певзнер Я.М., Ротенберг Р.В., Силаєв А.А., Скіндер І.Ю., Успенський І.Н., Хачатуров А.А., Фурунжієв Р.І., Яценко Н.Н., Bernadet I., Bilek V., Bourcier de Carbon, Breton I., Bidwell I.B., Deist H., Forest K., Peckham E.G., Hansen K.M., Nystrom N.E., Mitschke M., Sirven M.I. и других.

Теоретичні основи стійкості руху та керованості транспортних, пов'язані з вирішенням цих проблем, закладені в роботах Н.Я. Говрушенко, Л.В. Мірошникова, А.П. Болдіна, І.М. Аринина, Д.А. Соцкова, В.З. Русакова, Е.С. Кузнецова та ін.. Виконаний огляд робіт показав, що основні чинники, що визначають реалізацію надійності транспортних засобів в експлуатації, є керованими, тобто на них можна впливати з метою підвищення безвідмовності і скорочення витрат на підтримку їх в технічно справному стані.

Аналіз факторів, що впливають на стійкість і керованість автобуса, здавалося, що їх з деякою умовністю можна розділити на три групи: керована (залежні від роботи технічної служби автотранспортного підприємства); частково керовані (умови експлуатації, конструкційні особливості елементів автобуса і ін.) і некеровані (дорожні та кліматичні умови, стан дорожнього покриття та інші, тобто, не залежні від роботи технічної служби АТП). Для підвищення стійкості і керованості автобус, що знаходяться в експлуатації, найбільший інтерес представляють керовані фактори, безпосередньо пов'язані з технічним станом транспортного засобу. До них, насамперед, відносяться РУ з гідропідсилювачем, рульовим механізмом і рульової трапецією; ходова частина з передньою і задньою підвісками, кузовом і колесами; гальмівна система з приводом і гальмівних механізмами. До параметрами, які характеризують технічний стан цих вузлів, відносяться люфт в рульовому механізмі, порушення геометрії кутів установки коліс, перекося передньої і задньої осей і т.д.

Аналіз існуючих методів і засобів контролю технічного стану ПП і РУ

показав, що значний економічний ефект в системі ТО і ремонту ТЗ може бути отриманий при використанні науково обґрунтованих методів і сучасних засобів діагностування систем, що забезпечують безпеку руху.

Виконано теоретичні дослідження закономірностей формування люфтів в ПП і РУ автобуса, причин виникнення відмов і несправностей, обґрунтовано комплекс діагностичних параметрів при оцінці їх технічного стану, розглянуто методику оцінки ступеня впливу параметрів на "забирання" автобуса.

Основна причина виникнення зазорів в сполучених парах механізмів є знос. При зносі поверхні тертя змінюється характер сполучення деталей, в результаті чого з'являються перекося, збільшуються зазори, змінюється геометрія елементів.

Постановка проблеми

Недостатньо вивченою проблемою є вплив кінематичної неузгодженості кермового приводу й підвіски керованих коліс на стійкість руху автобусів.

В цій проблемі недостатньо досліджених задач є вплив сукупності параметрів на стійкість і керованість ТЗ є перед усім це неузгодженість кінематики кермового приводу й підвіски керованих коліс під час її деформації. Ця неузгодженість повинна бути зведена до мінімуму ще на стадії проектування.

На підставі нагромаджених теоретичних й експериментальних даних розроблені методики досліджень стійкості й керованості автомобілів при сталих і змінних режимах руху на прямолінійних і криволінійних траєкторіях. Математично описано часткові кінематичні залежності між кутом повороту сошки γ і кутом повороту важеля поворотного кулака δ , який дорівнює кутові повороту лівого керованого колеса $\delta_{л}$. Вони розроблені для обох типів кермових приводів: із нерозрізною та розрізною поздовжніми тягами. Використовуючи ці залежності, можна окремо дослідити вплив на кінематику лівого керованого колеса таких кінематичних параметрів: лівого і правого кутів повороту керованих коліс; оптимального кута початкового положення сошки; координат центра кульового пальця важеля поворотного кулака; кутів поздовжнього й поперечного нахилів осей шворнів; ходів стиску й відбою підвіски керованих коліс.

Мета та завдання

Метою даної роботи є теоретичне обґрунтування стійкості руху та керованість транспортного засобу для підвищення характеристик експлуатаційної надійності та безпеки руху.

Для реалізації поставленої мети розв'язували наступні завдання:

1. Запропонувати модернізовану підвіску для автобуса БА308110.
2. Проаналізувати кінематичні схеми кермового приводу автобуса з нерозрізною та розрізною поздовжніми тягами.
3. Оптимізація кінематики передньої підвіски та кермового керування шасі автобуса.
4. Стабілізація динамічної нейтралі підвіски транспортного засобу шляхом удосконалення її конструкції.

Результати вирішення основних завдань

Стойкість і керованість транспортного засобу визначається передусім його підвіскою.

Підвіска є найважливішою складовою автомобіля, яка забезпечує пружний зв'язок між кузовом і колесами, регулює плавність ходу, завдяки чому їзда стає комфортною. Підвіска контролює прохідність машини, її стійкість під час різних маневрів, допомагає протидіяти перекиданню, а отже, служить запорукою безпеки руху. Підвіска автомобіля має три базові елементи – гасильні, спрямовуючі і пружного. У ролі гасильні елементу виступають, як правило, амортизатори, які впливають на зчеплення шин з дорогою і пом'якшують удари машини об різні нерівності дороги. Спрямовуючі елементи – це важелі, які з'єднують кузов і колеса автомобіля. Що стосується пружних елементів, то вони призначені для того, щоб забезпечувати так званий підпружинений кузов і перешкоджати утворенню креном автомобіля. Швидкість руху автотранспортних засобів по нерівним дорогам звичайно обмежується не потужністю двигуна, а якістю підвіски. Тому, недостатня якість підвіски приведе до загального зниження ефективності використання транспортного засобу.

На моделі автобуса БАЗ 08110 встановлена залежна, на двох напівеліптичних ресорах з гідравлічними амортизаторами і стабілізаторами поперечної стійкості, підвіска. Дана підвіска складається з ресори, набраної з окремих сталевих пружних листів різної довжини, але однакової ширини і товщини. Посередині листової ресори кріпиться до мосту, кінці ресори з'єднуються з кузовом автобуса шарнірами. Серед безумовних переваг ресорної підвіски – дешевизна, надійність і простота конструкції. У процесі руху вона реагує не тільки на вертикальні навантаження, але і на бічні, що виникають під час повороту автобуса, а також на поздовжні, супроводжуючі його розгін і гальмування. Ресорна підвіска стійка до перевантажень і достатньо добре переносить погані дороги. Використання ресор дозволяє відмовитися від застосування додаткових елементів і складних пристроїв, таких як реактивні штанги, різні важелі, втулки та ін. Але головна проблема розглянутої підвіски полягає в її жорсткості і великій амплітуді коливання, що погіршує плавність ходу і такі експлуатаційні властивості як: швидкість руху, стійкість, керованість, паливна економічність, зменшуючи якість перевезення та безпеку руху пасажирів.

В залежній підвісці на ресорах бокові сили передаються на кузов через корінні листи ресор. Центр крена знаходиться на висоті середини корінного листа, в місці кріплення ресори до балки підвіски. Відповідно, маючи велику амплітуду коливання підвіски можливість бокового перекидання автобуса підвищується, що негативно впливає на безпеку руху пасажирів. Амплітуду коливань визначає вид амортизаторів, які служать для гасіння коливань несучої системи, що виникають внаслідок дії дороги. В ресорних підвісках, за рахунок міжлистового тертя, пружний елемент виступає в якості недосконалого фрикційного амортизатора. Але в даному випадку коливання не вдається зменшити до потрібної амплітуди. Це викликано великою жорсткістю пружного елементу через встановлення на підвіску автобуса БАЗ 08110 встановлені ресори малої довжини.

Аналіз даної проблеми дав можливість запропонувати три найбільш

ефективних варіантів її рішення. Оскільки однією з найбільш перспективною для автобусів є регулююча пневматична підвіска, яка забезпечує підвищення плавності руху в порівнянні з ресорними підвісками і зниження динамічного ходу. Зазначене дозволить забезпечити постійний рівень підлоги автобуса при зміні статичного навантаження. Отже, пневматична підвіска дозволяє підвищити ряд експлуатаційних показників та збільшити експлуатаційну надійність автобуса і безпеку руху пасажирів. Встановлення даної підвіски на автобус БАЗ 08110, який використовується на міських пасажирських перевезеннях, є не раціональним, оскільки переобладнання викличе значні затрати і тривалий термін окупності.

Другий варіант вирішення зазначеної проблеми полягає у збільшенні габаритних розмірів ресор, а саме довжини. Це дозволяє за рахунок подовження пружного елемента зменшити його жорсткість. Внаслідок чого амплітуда коливань зменшиться і буде спостерігатися покращення наступних показників: плавність ходу, рівень безпеки руху, стійкість, керованість, швидкість руху. Разом з тим прослідковується зменшення вантажопідйомності автобуса за рахунок збільшення довжини ресор, зменшується їх пружна міцність, збільшиться маса підвіски. Також при цьому потрібно внести значні зміни в конструкцію кріплення підвіски з рамою автобуса.

Одним з варіантів вирішення розглянутої проблеми може бути застосування так званих прогресивних ресор (рис 1).

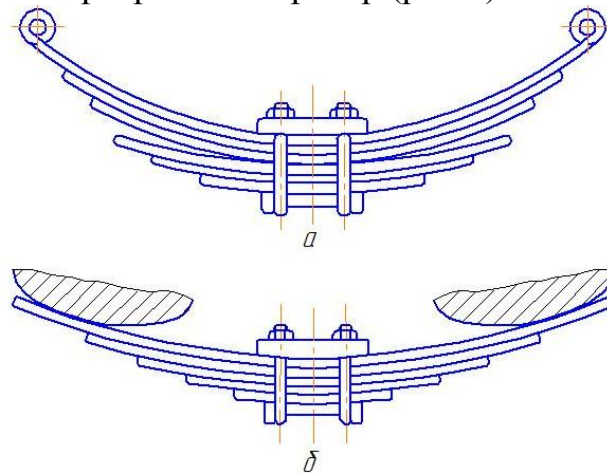


Рисунок 1 Прогресивні ресори: а – між листами ресор передбачуються зазори ; б – змінені конструкції кріплення кінців ресор

Жорсткість вказаних ресор змінюється по мірі завантаження автобуса. Зміна досягається або за допомогою того, що між деякими листами ресор передбачуються зазори (рис 1, а), які перекриваються при деформації ресори, або за допомогою конструкції кріплення кінців ресори (рис 1, б). Зазначене дозволяє значно зменшити жорсткість і амплітуду коливання, яка передається на раму автобуса БАЗ 08110, при цьому вдається зберегти його вантажопідйомність. Запропонована модифікація потребує не великих конструктивних змін і грошових затрат, а показники експлуатаційної надійності і безпеки руху автобуса значно зростуть в процесі перевезення пасажирів.

Таким чином, для підвищення показників ефективної надійності та

безпеки руху на автобусі Баз 08110 запропоновано декілька варіантів удосконалення його підвіски. Найоптимальнішим з них є застосування прогресивних ресор і переобладнання нею автобуса Баз 08110 буде мати ряд переваг:

- мінімальні грошові затрати на переобладнання і конструктивні зміни підвіски;
- збереження вантажопідйомності;
- суттєве зменшення жорсткості і амплітуди коливань, що передається на раму автобуса;
- підвищення плавності ходу, експлуатаційних показників надійності і безпеки руху пасажирів під час руху.

Удосконалення підвіски має велике значення, так як її якість не тільки визначає плавність ходу, але і значно впливає на інші експлуатаційні властивості ТЗ: паливну економічність, стійкість, прохідність, безвідмовність, довговічність і тягово-швидкісні властивості. Швидкість руху ТЗ по нерівних дорогах зазвичай обмежується не потужністю двигуна, а якістю підвіски. Тому, недостатня якість підвіски веде до загального зниження ефективності автомобільного транспорту.

Однією з найбільш перспективних підвісок для ТЗ, особливо автобусів є регульована пневматична підвіска, яка забезпечує підвищення плавності ходу в порівнянні з металевими підвісками (ресорними, пружинними, торсіонними) і зниження динамічного ходу підвіски, так як вона дозволяє підтримувати постійний рівень підлоги ТЗ при зміні статичної навантаження. Однак при русі по нерівній дорозі відбувається значний зсув вниз динамічного нейтрального положення коливань кузова (динамічної нейтралі) внаслідок несиметричності характеристик амортизаторів, а також через недосконалість характеристик регуляторів рівня підлоги (РУП), які визначаються їх конструктивними параметрами. Це змушує конструкторів збільшувати динамічний хід підвіски і рівень підлоги автобусів, що створює незручності для пасажирів. Для полегшення входу та виходу пасажирів, підвищення поперечної стійкості автобусів, необхідно вишукати можливості зниження рівня підлоги. Процес регулювання рівня підлоги вимагає витрати стисненого повітря, на отримання якого потрібні витрати палива. У зв'язку з цим виникає також проблема зменшення витраті повітря при русі автобуса. Найбільш простим шляхом вирішення зазначених проблем є стабілізація динамічної нейтралі за рахунок вдосконалення конструктивних параметрів РУП і його приводу.

Кінематичні схеми кермових приводів і підвіски є багатоланковими механізмами. Щоб не ускладнювати їх математичний опис, зроблено припущення, що їхні ланки абсолютно жорсткі, а в шарнірах ланок відсутні люфти.

Вплив кута позовжнього нахилу λ на кінематику кермових приводів доцільно розглядати разом з параметром p . Для цього використовуємо схему, зображену на рис. 2.

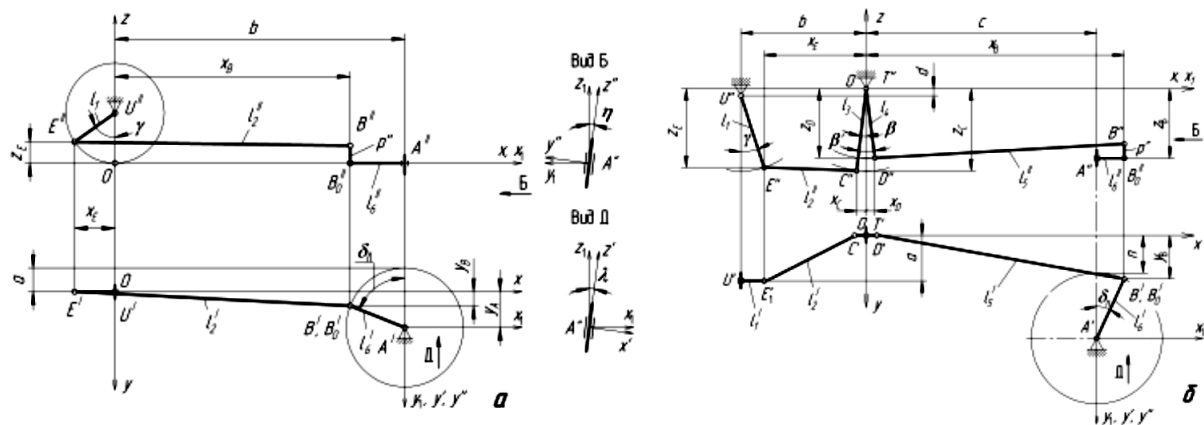


Рисунок 2 Кінематична схема кермового приводу автобуса з нерозрізною (а) і розрізною (б) поздовжніми тягами з параметрами γ , δ_n , p , λ , η

Для кермового приводу з нерозрізною поздовжньою тягою (рис. 2, а) вплив параметрів p і λ на значення кутів δ_n , δ_n при відповідних поворотах керованих коліс вліво та вправо дорівнюють:

$$\delta_n = \arcsin \frac{l_1[(b + p \cdot \sin \lambda) \sin \gamma + (l_1 - p \cdot \cos \lambda)(1 - \cos \gamma)] + l_6(l_6 - a)}{l_6 \sqrt{\{l_1[(1 - \cos \gamma) \sin \lambda + \cos \lambda \cdot \sin \gamma] + b \cdot \cos \lambda\}^2 + (l_6 - a)^2}} - \arctg \frac{l_6 - a}{l_1[(1 - \cos \gamma) \sin \lambda + \cos \lambda \cdot \sin \gamma] + b \cdot \cos \lambda}; \quad (1)$$

$$\delta_n = \arcsin \frac{l_1[-(l_1 - p \cdot \cos \lambda)(1 - \cos \gamma) + (b + p \cdot \sin \lambda) \cdot \sin \gamma] - l_6(l_6 - a)}{l_6 \sqrt{\{l_1[(1 - \cos \gamma) \sin \lambda - \cos \lambda \cdot \sin \gamma] + b \cdot \cos \lambda\}^2 + (l_6 - a)^2}} + \arctan \frac{l_6 - a}{l_1[(1 - \cos \gamma) \cdot \sin \lambda - \cos \lambda \cdot \sin \gamma] + b \cdot \cos \lambda}. \quad (2)$$

Для кермового приводу з розрізною поздовжньою тягою під час повороту керованих коліс вліво кут δ_n і вправо кут δ_n визначали за формулами:

$$\delta_n = \arcsin \frac{l_4 \{ [c + p \cdot \sin \lambda] \cdot \sin(\beta - \beta') + (l_4 - p) [1 - \cos(\beta - \beta')] \} + l_6(l_6 + n)}{l_6 \sqrt{\{ [c + l_4 \sin(\beta - \beta')] \cos \lambda + l_4 [1 - \cos(\beta - \beta')] \sin \lambda \}^2 + (l_6 + n)^2}} - \arctan \frac{l_6 + n}{[c + l_4 \cdot \sin(\beta - \beta')] \cos \lambda + l_4 [1 - \cos(\beta - \beta')] \sin \lambda}, \quad (3)$$

$$\delta_n = \arcsin \frac{l_4 \{ (c + p \cdot \sin \lambda) \sin(-\beta + \beta') - (l_4 - p \cdot \cos \lambda) [1 - \cos(-\beta + \beta')] \} - l_6(l_6 + n)}{l_6 \sqrt{\{ [c - l_4 \cdot \sin(-\beta + \beta')] \cos \lambda + l_4 [1 - \cos(-\beta + \beta')] \sin \lambda \}^2 + (l_6 + n)^2}} + \arctan \frac{l_6 + n}{[c - l_4 \cdot \sin(-\beta + \beta')] \cos \lambda + l_4 [1 - \cos(-\beta + \beta')] \sin \lambda}, \quad (4)$$

Аналогічно вплив кута поперечного нахилу η на кінематику кермових приводів розглядали разом з параметром p . Цей кут зображений у системі координат $A''x''y''z''$ (рис. 2). Для кермового приводу з нерозрізною поздовжньою тягою (рис. 2, а) вплив параметрів p і η на значення кута $\delta_{\text{час}}$ повороту керованих коліс вліво і вправо знаходили методом послідовних наближень отримані наступні рівняння:

$$\begin{aligned}
 & l_6^2 \cdot \cos^2 \eta \cdot \sin^2 \delta_x - 2l_6(b + l_1 \cdot \sin \gamma) \cos \eta \cdot \sin \delta_x + l_6^2 \cdot \cos^2 \delta_x - \\
 & - 2l_6[(l_6 - a) \cos \eta - l_1(1 - \cos \gamma) \sin \eta] \cos \delta_x + 2l_1[b \cdot \sin \gamma + (l_1 - p \cdot \cos \eta)(1 - \cos \gamma)] + \\
 & + 2l_6(l_6 - a) \cos \eta - l_6^2 = 0;
 \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned}
 & l_6^2 \cdot \cos^2 \eta \cdot \sin^2 \delta_n + 2l_6(b - l_1 \cdot \sin \gamma) \cos \eta \cdot \sin \delta_n + l_6^2 \cdot \cos^2 \delta_n - \\
 & - 2l_6[(l_6 - a) \cos \eta - l_1(1 - \cos \gamma) \sin \eta] \cos \delta_n - 2l_1[b \cdot \sin \gamma - (l_1 - p \cdot \cos \eta)(1 - \cos \gamma)] + \\
 & + 2l_6(l_6 - a) \cos \eta - l_6^2 = 0.
 \end{aligned} \quad (6)$$

Кути δ_n і δ_x під час повороту керованих коліс вліво та вправо для кермового приводу з розрізною поздовжньою тягою знаходили за цим же методом:

$$\begin{aligned}
 & l_6^2 \cdot \cos^2 \eta \cdot \sin^2 \delta_x - 2l_6 \cdot \cos \eta [c + l_4 \cdot \sin(\beta - \beta')] \sin \delta_x + l_6^2 \cdot \cos^2 \delta_x - \\
 & - 2l_6[(l_6 + n) \cos \eta - l_4(1 - \cos(\beta - \beta')) \sin \eta] \cos \delta_x + \\
 & + 2l_4[c \cdot \sin(\beta - \beta') + (l_4 - p \cdot \cos \eta)(1 - \cos(\beta - \beta'))] - l_6^2 + 2l_6(l_6 + n) \cos \eta = 0,
 \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned}
 & l_6^2 \cdot \cos^2 \eta \cdot \sin^2 \delta_n + 2l_6 \cdot \cos \eta [c - l_4 \cdot \sin(-\beta + \beta')] \sin \delta_n + l_6^2 \cdot \cos^2 \delta_n - \\
 & - 2l_6[(l_6 + n) \cos \eta - l_4(1 - \cos(-\beta + \beta')) \sin \eta] \cos \delta_n - \\
 & - 2l_4[c \cdot \sin(-\beta + \beta') - (l_4 - p \cdot \cos \eta)(1 - \cos(-\beta + \beta'))] - l_6^2 + 2l_6(l_6 + n) \cos \eta = 0.
 \end{aligned} \quad (8)$$

Перейдемо до визначення впливу значень ходів стиску й відбою підвіски керованих коліс на кут δR . Значення кута δ_n . На рис. 3 точки K і A знаходяться на осі O_x . Під час руху балки переднього моста відносно осі O_x вниз (хід відбою) і вгору (хід стиску) точка A рухається по дузі радіуса (рис. 3, а) для повороту керованих коліс вліво і для ходу відбій описується формулою:

$$\begin{aligned}
 & l_1[l_1 + (b - R(1 - \cos \theta)) \sin \gamma - (l_1 + R \cdot \sin \theta) \cos \gamma] + \\
 & \delta_x = \arcsin \frac{l_6 \cdot (l_6 - a) + R \cdot [(R - b)(1 - \cos \theta) + l_1 \sin \theta]}{l_6 \cdot \sqrt{[b + l_1 \cdot \sin \gamma - R \cdot (1 - \cos \theta)]^2 + (l_6 - a)^2}} - \\
 & - \arctan \frac{l_6 - a}{b + l_1 \cdot \sin \gamma - R \cdot (1 - \cos \theta)},
 \end{aligned} \quad (9)$$

А для значення кута δ_n (рис. 3, б) під час повороту керованих коліс вліво і ходу стиску:

$$\delta_n = \arcsin \frac{l_1[l_1 + [b - R(1 - \cos \theta)] \sin \gamma - (l_1 - R \cdot \sin \theta) \cos \gamma] + l_6(l_6 - a) + R[(R - b)(1 - \cos \theta) - l_1 \cdot \sin \theta]}{l_6 \sqrt{[b - R \cdot (1 - \cos \theta) + l_1 \cdot \sin \gamma]^2 + (l_6 - a)^2}} - \arctan \frac{l_6 - a}{b - R \cdot (1 - \cos \theta) + l_1 \cdot \sin \gamma}. \quad (10)$$

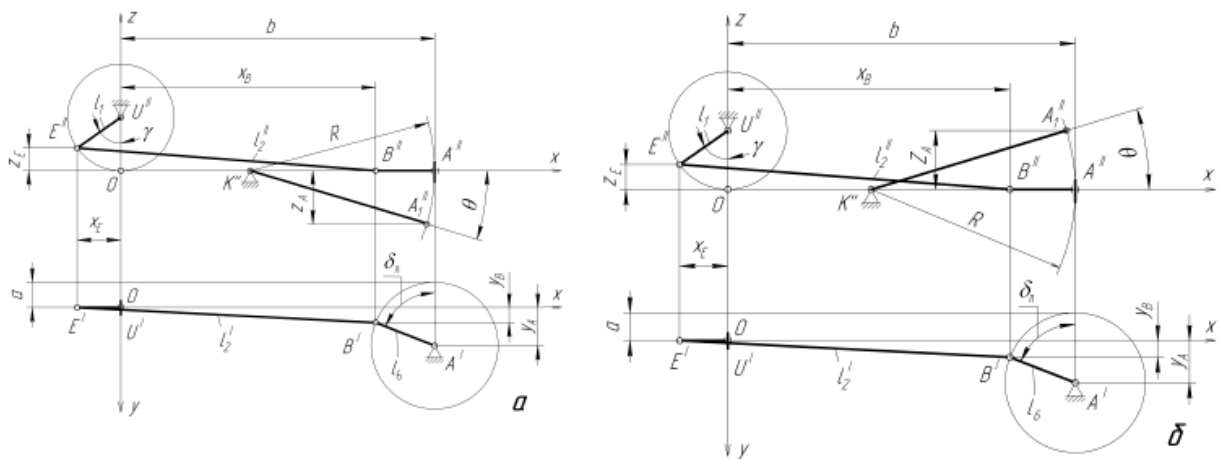


Рисунок 4 Кінематична схема кермового приводу автобуса з нерозрізною поздовжньою тягою: хід відбою (а) і хід стиску (б) з параметрами γ , δ_n , θ

Значення кута δ_n для правого повороту керованих коліс і ходу відбою та стиску розраховували за формулами відповідно:

$$\delta_n = \arcsin \frac{l_1 \left\{ -l_1 + [(b - R(1 - \cos \theta)) \sin \gamma + (l_1 + R \cdot \sin \theta) \cdot \cos \gamma] - l_6(l_6 - a) - R[(R - b)(1 - \cos \theta) + l_1 \cdot \sin \theta] \right\}}{l_6 \sqrt{[b - R \cdot (1 - \cos \theta) - l_1 \cdot \sin \gamma]^2 + (l_6 - a)^2}} + \arctan \frac{l_6 - a}{b - R \cdot (1 - \cos \theta) - l_1 \cdot \sin \gamma}; \quad (11)$$

$$\delta_n = \arcsin \left(\frac{l_1 \cdot \left\{ [-l_1 + (b - R(1 - \cos \theta)) \sin \gamma + (l_1 - R \cdot \sin \theta) \cdot \cos \gamma] - R[(R - b)(1 - \cos \theta) - l_1 \cdot \sin \theta] - l_6(l_6 - a) \right\}}{l_6 \cdot \sqrt{[b - R(1 - \cos \theta) - l_1 \cdot \sin \gamma]^2 + (l_6 - a)^2}} \right) + \arctan \frac{l_6 - a}{b - R(1 - \cos \theta) - l_1 \cdot \sin \gamma}. \quad (12)$$

Значення кута δ_n кермового приводу з розрізною поздовжньою тягою для лівого повороту керованих коліс і ходу відбою та стиску визначали за формулами відповідно:

$$\delta_n = \arcsin \frac{l_6 \cdot (l_6 + n) + l_4 \cdot [(c - R) \cdot \sin(\beta - \beta') + l_4(1 - \cos(\beta - \beta'))] - R[c - R - l_4 \cdot (1 - \cos(\beta - \beta')) \cdot \sin \theta - (c - R + l_4 \cdot \sin(\beta - \beta')) \cos \theta]}{l_6 \cdot \sqrt{[c - R(1 - \cos \theta) + l_4 \cdot \sin(\beta - \beta')]^2 + (l_6 + n)^2}} - \arctan \frac{l_6 + n}{c - R(1 - \cos \theta) + l_4 \cdot \sin(\beta - \beta')}; \quad (13)$$

$$\delta_n = \arcsin \frac{l_6 \cdot (l_6 + n) + l_4 \cdot [(c - R) \cdot \sin(\beta - \beta') + l_4(1 - \cos(\beta - \beta'))] - R \cdot [c - R + l_4 \cdot (1 - \cos(\beta - \beta')) \cdot \sin \theta - (c - R + l_4 \cdot \sin(\beta - \beta')) \cdot \cos \theta]}{l_6 \cdot \sqrt{[c - R(1 - \cos \theta) + l_4 \cdot \sin(\beta - \beta')]^2 + (l_6 + n)^2}} - \arctan \frac{l_6 + n}{c - R(1 - \cos \theta) + l_4 \cdot \sin(\beta - \beta')}. \quad (14)$$

У поданій нижче формулі для кермового приводу з нерозрізною поздовжньою тягою описані загальні залежності між кутом повороту сошки та кутом повороту лівого керованого колеса залежної передньої підвіски з урахуванням лівого та правого поворотів керованих коліс, кута початкового положення сошки, координат центра кульового пальця важеля поворотного кулака, кутів поздовжнього та поперечного нахилів осей шворнів і значень ходів стиску й відбою підвіски керованих коліс:

$$\sqrt{\left[\begin{aligned} & [b - R(1 - \cos \theta) - l_6 \cdot \sin \delta_{\pi} \cdot \cos \lambda + p \cdot \sin \lambda - l_1 \cdot \sin(\gamma_0 - \gamma)]^2 + \\ & + [l_6(1 - \cos \delta_{\pi} \cdot \cos \eta - \sin \delta_{\pi} \cdot \sin \lambda \cdot \sin \eta) - p \cdot \cos \lambda \cdot \sin \eta - a]^2 + \\ & + \left[\begin{aligned} & p \cdot \cos \lambda \cdot \cos \eta - R \cdot \sin \theta - l_6(\cos \delta_{\pi} \cdot \sin \eta - \sin \delta_{\pi} \cdot \sin \lambda \cdot \cos \eta) - \\ & - l_1(1 - \cos(\gamma_0 - \gamma)) \end{aligned} \right]^2 \end{aligned} \right]} - l_2 = 0, \quad (15)$$

де l_2 – довжина ланки.

Аналогічно для кермового приводу із розрізною поздовжньою тягою загальні залежності між кутом γ та δ_{π} отримують вигляд:

$$\sqrt{\left[\begin{aligned} & [c - R(1 - \cos \theta) - l_6 \cdot \sin \delta_{\pi} \cdot \cos \lambda + p \cdot \sin \lambda + l_4 \cdot \sin(\beta - \beta')]^2 + \\ & + [n + l_6(1 - \cos \delta_{\pi} \cdot \cos \eta - \sin \delta_{\pi} \cdot \sin \lambda \cdot \sin \eta) - p \cdot \cos \lambda \cdot \sin \eta]^2 + \\ & + \left\{ \begin{aligned} & p \cdot \cos \lambda \cdot \cos \eta - R \cdot \sin \theta - l_6 \cdot \cos \delta_{\pi} \cdot \sin \eta - \\ & - \sin \delta_{\pi} \cdot \sin \lambda \cdot \cos \eta - l_4[1 - \cos(\beta - \beta')] \end{aligned} \right\}^2 \end{aligned} \right]} - l_5 = 0, \quad (16)$$

де l_5 – довжина ланки; β – кут повороту ланки l_3 відносно O_z .

Розглянемо кінематичну схему кермового приводу і підвіски автобуса (рис. 4).

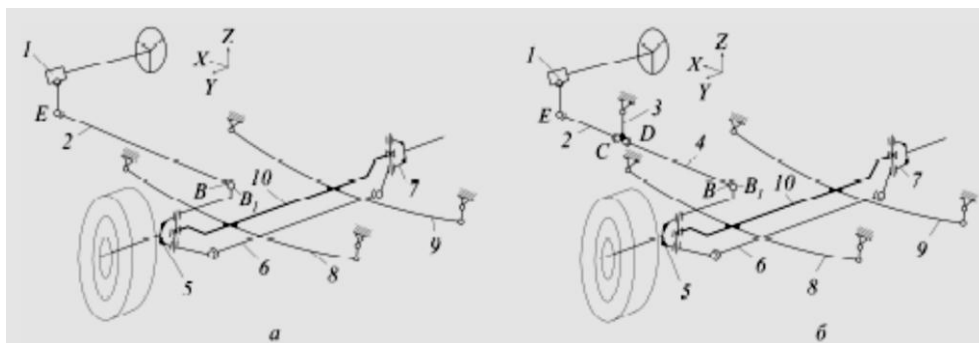


Рисунок 4 Кінематична схема кермового приводу і підвіски автобуса: а – варіант із суцільною поздовжньою тягою; б – варіант із розрізною поздовжньою тягою; 1 – кермовий механізм; 2, 4 – поздовжня тяга; 3 – маятниковий важіль; 5 – лівий поворотний кулак; 6 – поперечна тяга; 7 – правий поворотний кулак; 8, 9 – ресора; 10 – балка моста

Повертання передніх коліс здійснюється від кермового механізму 1 (рис.4, а) через сошку, поздовжню тягу 2, лівий поворотний кулак 5, поперечну тягу 6 й правий поворотний кулак 7. На відміну від схеми (рис. 4, а) у схемі (рис. 4, б) рух від сошки кермового механізму передається через дві поздовжні тяги 2, 4, які з'єднані з маятниковим важелем 3.

Механічне перенесення кінематичних схем кермового приводу та передньої підвіски з класичних передньомоторних безкапотних вантажівок (з двигуном над передньою віссю) на шасі автобуса призвело до значного видовження поздовжньої тяги 2 (рис. 4, а). Гальмівні випробування цього автобуса показали негативні результати. Наприклад, під час випробувань шасі з однією поздовжньою кермовою тягою при швидкості 20 км/год відведення передніх коліс вліво становило 0,2 м; при 30 км/год – 0,5 м; при 50 км/год – 1 м. Причиною була значна неузгодженість кінематики кермового приводу та підвіски.

Результати випробувань вимагали внесення змін у кінематику кермового приводу та підвіски. Тому виникла необхідність оцінити, наскільки неузгоджувались траєкторії руху двох ланок кульового шарніра $B-B_1$ (рис. 4, а) – поздовжньої тяги 2 (B) і лівого поворотного кулака 5 (B_1) при деформації ресор під час прямолінійного руху автобуса. В цьому випадку сошка перебувала в середньому умовно нерухомому положенні, а поздовжня тяга в разі деформації ресор, зумовленої нерівністю дороги, поверталась по радіусу R навколо кульового пальця сошки (точка E). Приведемо цей радіус до вертикальної площини XOZ , яка проходить через точку E і паралельна до поздовжньої осі автобуса.

Точка B (рис. 4, а) тяги 2 переміщається по дузі радіуса R навколо точки E . Значення абсциси точки B , коли вона перейшла в положення Q , визначаємо як $x = EB - EW$ або

$$x = R - \sqrt{R^2 - t^2} \quad (17)$$

Задаючи числові значення t ординат точки B тяги через кожні 10 мм і підставляючи їх у формулу (17) визначаємо відповідні абсциси на дузі радіуса $R = 1265$ мм. За координатами одержаних точок побудований графік 1 (рис.4,а).

Розрахуємо також траєкторію кульового шарніра поворотного кулака для випадку уявно від'єднаної від нього поздовжньої тяги. Положення точки B_1 пов'язано з деформацією ресори. Прив'яжемо цю точку до нейтральної лінії корінного листа ресори через відрізок $B_1 B_0$. Точка B_0 лежить на нейтральній осі корінного листа довжиною L . З достатньою для практики точністю приймемо, що нейтральна лінія корінного листа ресори є дугою кола радіусом R_1 при вертикальному навантаженні від нуля до максимуму. Знехтуємо також дуже малим зміщенням точок B_0 і B_1 у вертикальному напрямку (вздовж осі OZ), зумовленим зміщенням центра вушка ресори, яке з'єднане з сергою. Це означає, що центр цього вушка переміщається лише горизонтально паралельно осі OX . Таким чином, значення абсциси x_1 точки B_0 визначаємо за формулою:

$$x_1 = 2 \cdot p \cdot R_1 \frac{\arcsin \frac{L}{2R_1}}{360} \frac{L}{2} \quad (18)$$

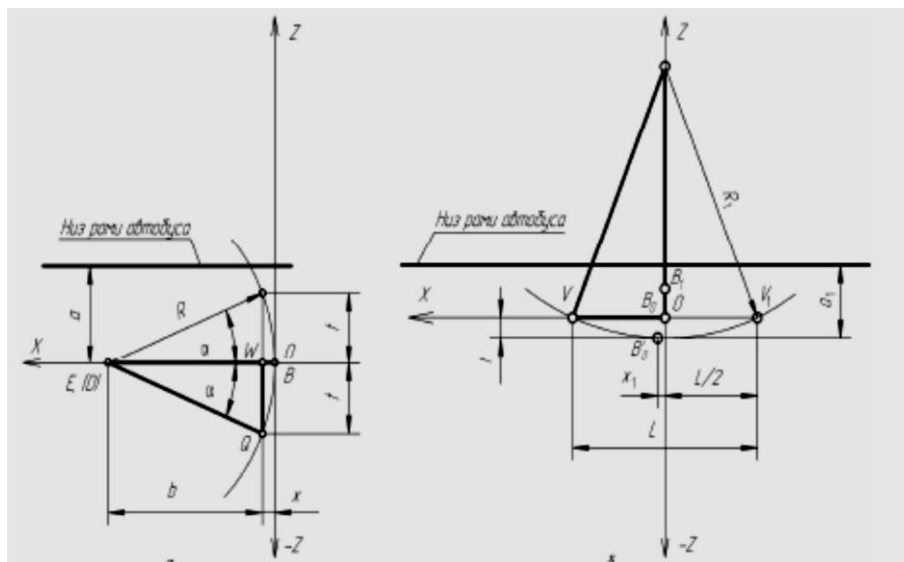


Рисунок 5 Розрахункові схеми: а – для визначення траєкторії точки В поздовжньої тяги 2; б – для визначення траєкторії точки В₁ кульового шарніру лівого поворотного кулака 5, VB₀V₁ – корінний лист ресори у випрямленому положенні, VB'₀V'₁ – у зігнутому положенні

Відлік починаємо від випрямленого корінного листа VB₀V₁, який рухаючись вниз, викривляється по дузі змінного радіуса R_1 , що постійно зменшується з переміщенням ресори вниз або вгору. Формула (18) описує також траєкторію точки B_1 , якщо довжина B_1B_0 значно менша за L . Задаючись значеннями ординати точки B_0 через кожні 10 мм, знайдемо відповідні значення абсцис x_1 , використавши формулу (18). Отримані результати справедливі також для точки B_1 , для якої побудуємо графік 2 (рис. 5, а). Вони свідчать про значні розходження траєкторії точки B (рис. 5, а) поздовжньої тяги 2 і траєкторії точки B_1 кульового шарніру лівого поворотного кулака. При значеннях $Z=\pm 100$ мм розходження Δx траєкторій становить 6 мм. Таке розходження й зумовило негативні результати при випробуваннях.

Розрахункова схема підвіски наведена на рис. 6.

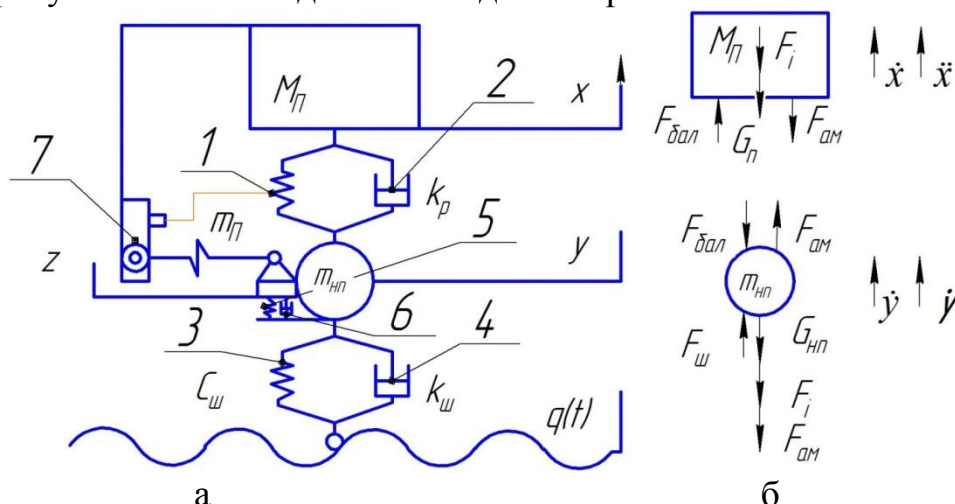


Рисунок 6 Розрахункова схема підвіски з пружнодемпіруючим приводом регулятора рівня підлоги

Рух системи розглядалося в інерціальній системі координат, пов'язаної із землею. Координату X будемо відраховувати від положення статичної рівноваги підресореною маси $M_{пн}$, а координату Y - від положення статичної рівноваги непідресореної маси $m_{нпн}$. Система рухається під дією кінематичного збурення, обумовленого мікропрофіль дороги, який описується функцією:

$$q=q(t), \quad (19)$$

де t – час, с.

Для дослідження коливальної системи було застосовано принцип Даламбера. Рівняння, що описують дану систему, приймуть вигляд (рис. 6, б):

$$\begin{cases} -F_{in} - G_n + F_{вал} - F_{ам} = 0; \\ -F_{инн} - G_{нн} - F_{вал} + F_{ам} - F_{амш} + F_{ш} = 0. \end{cases} \quad (20)$$

Тут: F_{in} – сила інерції підресореною маси; G_n – сила тяжіння підресореною маси; $F_{вал}$ – сила, створювана пружним елементом; $F_{ам}$ – сила, створювана амортизатором; $F_{инн}$ – сила інерції непідресореної маси; $G_{нн}$ – сила тяжіння непідресореної маси; $F_{амш}$ – сила, що імітує амортизуючі властивості шини; $F_{ш}$ – сила, що імітує пружні властивості шини.

Характеристика пружного елемента була представлена трьома ділянками. Значення зусилля в підвісці по ділянкам характеристики:

$$F(h) = \begin{cases} P \cdot S(h) + c_{сж} \cdot (h_{сж} - h) \text{ при } h \leq h_{сж}; \\ P \cdot S(h) \text{ при } h_{сж} < h \leq h_{отб}; \\ P \cdot S(h) + c_{отб} \cdot (h - h_{отб}) \text{ при } h \geq h_{отб}. \end{cases}, \quad (21)$$

де $h = X - Y$ – поточне значення висоти пневмобалона, $c_{сж}$ – жорсткість гумового буфера стиску, $c_{отб}$ – жорсткість гумового буфера відбою; P – тиск у пневмобалонах; $S(h)$ – ефективна площа пневмобалона залежно від деформації h . Тиск повітря визначалося з рівняння Менделєєва-Клапейрона.

Характеристика амортизатора прийнята лінійною, несиметричною, що є загальноприйнятим допущенням в теорії підресорювання. Тоді сила опору амортизатора визначається по залежності:

$$F_{ам} \left(\frac{dx}{dt} \cdot \frac{dy}{dt} \right) = \begin{cases} k_{отб} \cdot \left(\frac{dx}{dt} \cdot \frac{dy}{dt} \right) \text{ при } \frac{dx}{dt} \geq \frac{dy}{dt}; \\ k_{сж} \cdot \left(\frac{dx}{dt} \cdot \frac{dy}{dt} \right) \text{ при } \frac{dx}{dt} < \frac{dy}{dt} \end{cases}, \quad (22)$$

де $k_{отб}$, $k_{сж}$ – коефіцієнт опору амортизатора відповідно при відбої і при стисканні. Коефіцієнти визначалися методом енергетичної лінеаризації.

Пружна характеристика шини складалася з трьох ділянок і описувалася наступною залежністю:

$$F_{uu}(y, q) = \begin{cases} 0 & \text{при } (y-q) > f_{u_0}; \\ c_{uu} \cdot (f_{u_0} - (y-q)) & \text{при } f_{u_0} \leq (y-q) \leq f_{u_0} \\ c_{uu} \cdot (f_{u_0} - f_{u_0}) + c_{об} \cdot (f_{u_0} - (y-q)) & \text{при } (y-q) < f_{u_0} \end{cases}, \quad (23)$$

де f – початкова деформація шини; q – висота нерівностей дороги; c_{uu} – жорсткість шини, $f_{u_{max}}$ – мінімальна висота шини до упору в обід колеса, $c_{об}$ – жорсткість обода колеса. Таке уявлення пружною характеристики шини дозволяє враховувати відрив колеса від дороги. Амортизуючі властивості шини імітуються силою, пропорційної швидкості деформації шини:

$$F_{аму} \left(\frac{dy}{dt}, \frac{dq}{dt} \right) = k_{uu} \left(\frac{dy}{dt} - \frac{dq}{dt} \right) \text{ при } (y-q) < f_{u_0} \quad (24)$$

де k_{uu} – коефіцієнт демпфірування шини.

Сили інерції підресореною F_{in} і непідресореною $F_{инн}$ мас:

$$F_{in} = m_{II} \cdot \frac{d^2 \cdot x}{dt^2}; \quad F_{инн} = m_{III} \cdot \frac{d^2 \cdot y}{dt^2} \quad (25)$$

Рішення системи рівнянь здійснювалося чисельним методом Рунге-Кутти другого порядку.

Після підстановки цих виразів в систему отримаємо:

$$\begin{cases} -m_{II} \cdot \frac{d^2 \cdot x}{dt^2} - m_{II} \cdot g - F(x, y, T) + F_{AM} \left(\frac{dx}{dt}, \frac{dy}{dt} \right) = 0 \\ -m_{III} \cdot \frac{d^2 \cdot y}{dt^2} - m_{III} \cdot g - F(x, y, T) + F_{AM} \left(\frac{dx}{dt}, \frac{dy}{dt} \right) + F_{uu}(y, q(t)) - F_{AMIII} \left(\frac{dy}{dt}, \frac{dq(t)}{dt} \right) = 0 \\ \frac{dT}{dt} = \frac{1}{G \cdot G_v} \left[k_t \cdot \frac{S}{b} \cdot (T - T_{нар}) - P \cdot \frac{dV}{d(x-y)} \cdot \frac{d(x-y)}{dt} \right] \end{cases} \quad (26)$$

Розрахунок проводився для пневматичної підвіски автобуса. Нерівності дороги були задані синусоїдальним профілем. Результати розрахунку коливань підресореною маси наведені на рисунку 7.

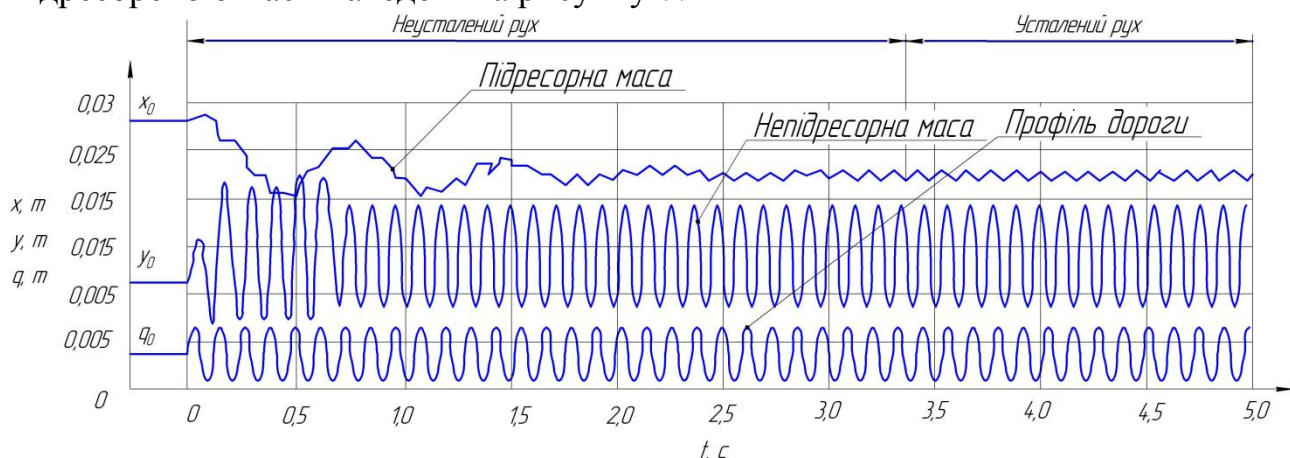


Рисунок 7 Розрахункова осцилограма коливань підресореною і непідресореною мас автобуса при синусоїдальному кінематичному збудженні

З рисунка видно, що на початку руху коливання обумовлені двома гармонійними складовими: коливаннями підвіски з власною частотою, і з частотою обурення від нерівностей дороги. У міру загасання низькочастотної гармоніки, обумовленої власною частотою підвіски, коливання переходять в режим усталеного руху. При цьому підресорена маса здійснює коливання з частотою обурює впливу, а ДН швидко зміщується вниз, зменшуючи динамічний хід підвіски. Пробій підвіски визначається по коливаннях висоти пневматичного балона (рис.8).

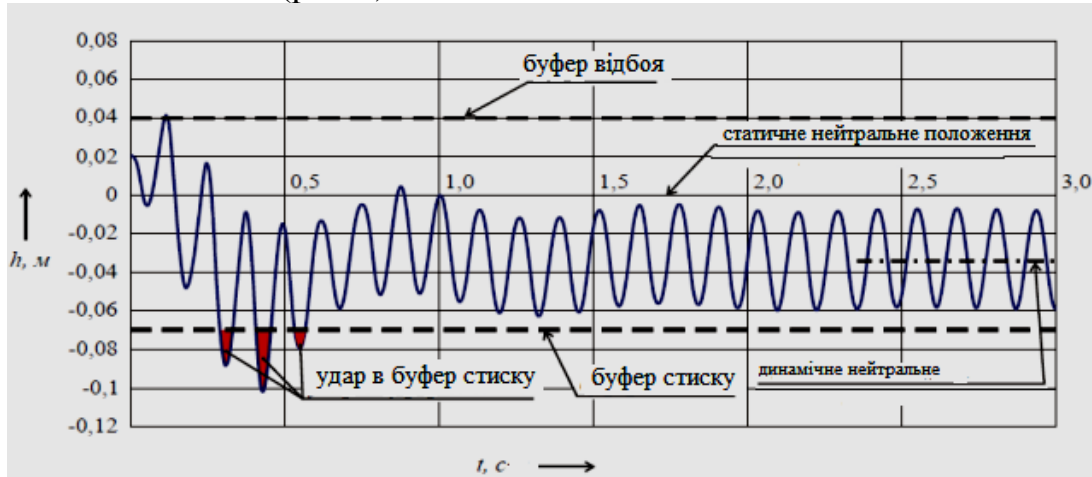


Рисунок 8 Коливання підвіски автобуса з ударами в буфер стиснення (з пробоями в буфер стиснення)

Відрив колеса від дороги визначається по рівності нулю значення сили шини.

Розглянуто пружно демпфуючий привід регулятора. Відповідно до розрахункової схемою (рис.2, а), математична модель підвіски транспортного засобу з пружнодемфруючий приводом регулятора рівня підлоги може бути представлена у вигляді такої лінійної системи диференціальних рівнянь:

$$\begin{cases} M_{\pi} \ddot{x} + k_p (\dot{x} - \dot{y}) + c_p (x - y) = 0; \\ m_{\text{шн}} \ddot{y} + k_{\text{шн}} (\dot{y} - \dot{q}) + c_{\text{шн}} (\dot{y} - \dot{q}) - k_p (\dot{x} - \dot{y}) - c_p (x - y) - k_{\pi} (\dot{z} - \dot{y}) - c_{\pi} (z - y) = 0; \\ m_{\pi} \ddot{z} + k_{\pi} (\dot{z} - \dot{y}) + c_{\pi} (z - y) = 0. \end{cases} \quad (27)$$

В результаті рішення системи отримана формула для розрахунку АЧХ відносних коливань між підресореною масою і масою регулятора:

$$\frac{z_0}{x_0} = \frac{\sqrt{(1 - 2\psi_p t_p 2\psi_{\pi} t_{\pi} - t_p^2)^2 + (2\psi_p t_p + 2\psi_{\pi} t_{\pi} - 2\psi_p t_{\pi} t_p^2)^2}}{\sqrt{(1 - 2\psi_p t_p 2\psi_{\pi} t_{\pi} - t_{\pi}^2)^2 + (2\psi_p t_p + 2\psi_{\pi} t_{\pi} - 2\psi_p t_p t_{\pi}^2)^2}}, \quad (28)$$

де

$$\psi_p = \frac{k_p}{2\sqrt{c_p M_{\pi}}}, \quad t_p = \omega \cdot \sqrt{\frac{M_{\pi}}{c_p}}, \quad \psi_{\pi} = \frac{k_{\pi}}{2\sqrt{c_{\pi} m_{\pi}}}, \quad t_{\pi} = \omega \cdot \sqrt{\frac{m_{\pi}}{c_{\pi}}}. \quad (29)$$

Експериментальним дослідженням регуляторів рівня підлоги. Метою дорожніх випробувань була перевірка теоретичних передумов про вплив РУП на параметри коливань підресореною і непідресореної мас і зсув ДН. Для цього проводився запис коливань пневмопідвіски з серійними і з удосконаленими регуляторами. Для проведення експериментів був створений контрольно-

вимірювальний комплекс. Типові осцилограми коливань ДН передньої і задньої підвісок при русі автобуса з серійним РУП показані на рис. 8, а з удосконаленим – на рис. 9.

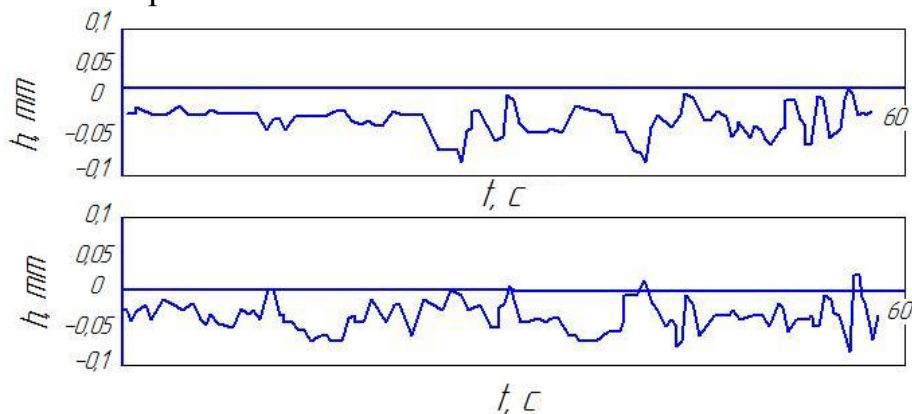


Рисунок 9 Осцилограми коливань підвіски автобуса з серійним регулятором рівня підлоги

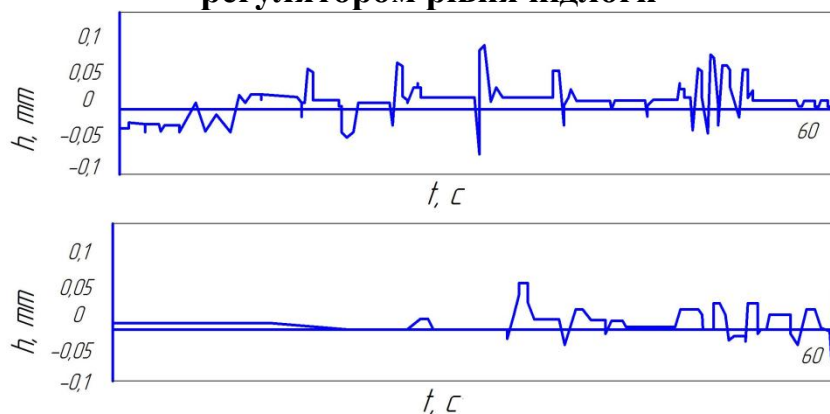


Рисунок 10 Осцилограма коливань підвіски автобуса

Як видно з порівняння отриманих осцилограм (рис.8 і 9), вдосконалений регулятор забезпечує значно більш стабільне положення ДН трохи вище статичного, а серійний регулятор дестабілізує становище ДН і зміщує її вниз.

Порівняння результатів експериментальних і теоретичних досліджень показали їх задовільну збіжність. Наприклад, в зоні першого резонансного сплеску амплітудно-частотної характеристики похибка склала 6...11%, що доводить адекватність розробленої математичної моделі.

Висновки

1. Недосконалість характеристик РУП, які визначаються його конструктивними параметрами, викликає в типових умовах експлуатації ТЗ зміщення вниз динамічної нейтралі (ДН), що призводить до частих пробоїв підвіски, знижує плавність хід, зменшує термін служби кузова та інших агрегатів, погіршує комфортність пасажирів, прискорює знос доріг і не дозволяють знизити рівень підлоги автобуса.

2. Розроблено теоретичні передумови вдосконалення конструкційних параметрів РУП пневматичної підвіски ТЗ, що включають математичну модель регульованої пневматичної підвіски з пружнодемпфуючим приводом РУП, що враховує відвід тепла через стінки пневмобалонів, відрив колеса від дороги і пробої підвіски. Удосконалення конструктивних параметрів РУП, полягає у

визначенні закону зміни його прохідних перетинів по куту повороту важеля, при якому в процесі русі ТЗ він стабілізує положення ДН, тобто компенсує її зниження, обумовлене несиметричною характеристикою амортизаторів, і одночасно зменшує витрату повітря підвіскою.

3. Розроблено методику, яка дозволяє на стадії проектування оцінити вплив конструктивних параметрів РУП положення ДН підвіски і визначити раціональні значення цих параметрів, що забезпечують стабілізацію ДН в умовах експлуатації. Застосування розробленої методики при проектуванні пневматичної підвіски дозволяє більш точно визначити необхідний динамічний хід підвіски, зменшити ймовірність пробою підвіски і знизити рівень підлоги автобуса на 5...10%.

4. Розроблені рекомендації щодо вдосконалення конструктивних параметрів РУП і використанню пружнодемпфуючого приводу РУП, дозволяють підвищити ресурс РУП на 30%,

5. Сухе тертя в регуляторі впливає на точність регулювання і повинно бути мінімальним. Частота власних коливань пружнодемпфіруючого приводу РУП вибирається в міжрезонансній зоні (близько 3 Гц), причому, чим більше сухе тертя, тим вище повинна бути власна частота.

6. Результати проведених стендових і дорожніх експериментальних досліджень задовільно узгоджуються з результатами розрахунків, виконаних з використанням розробленої математичної моделі. Похибка розрахунків відхилення ДН в зоні першого резонансного сплеску амплітудно-частотної характеристики, становить 6...11%.

Література

1. Аулін В.В., Замота Т.Н. Повышение качества приработки сферических трибосопряжений гидроагрегатов электрохимико-механическим методом. Трение и смазка в машинах и механизмах, 2015. – №5. – С.19-22.

2. Аулін В.В., Чернай А.Є. Підвищення експлуатаційної надійності та безпеки руху автобуса БАЗ 08110. Матеріали VIII міжн. наук.-практ. конф. "Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 19-21 жовтня 2015 року: зб. наук. праць. / Міністерство освіти і науки України, Вінницький національний технічний університет [та ін.]. – Вінниця: ВНТУ, 2015. – С. 32-34.

3. Аулін В.В., Гупка Б.В., Гупка А.В., Гриньків А.В. Методика дослідження перехідних процесів в зоні фрикційного контакту важконавантажених пар тертя сільськогосподарських машин. Актуальні задачі сучасних технологій: зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 17–18 листоп. 2016) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін.]. – Тернопіль: ТНТУ, 2016. – С.93-94.

4. Аулін В.В., Губка А.Б., Ткаченко А.Б. Вдосконалення методів контролю гальмівних властивостей автомобілів. Актуальні задачі сучасних технологій: зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. Молодих учених та

студентів, (Тернопіль, 17–18 листоп. 2016) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін]. – Тернопіль: ТНТУ, 2016. – С.97-98.

5. Аулін В.В., Чернай А.Є. Шляхи розв'язання проблеми підвищення надійності гідравлічних систем з золотниковим механізмом мобільної сільськогосподарської та автотранспортної техніки. Актуальні задачі сучасних технологій: зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 17–18 листоп. 2016) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін]. – Тернопіль: ТНТУ, 2016. – С.99-100.

6. Аулін В.В., Чернай А.Є., Замота Т.М. Шляхи розв'язання проблеми підвищення ресурсу золотникового гідророзподільника мобільної сільськогосподарської та автотранспортної техніки. Збірник тез III Всеукраїнської науково-практичної конференції "Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу с-х машин і знарядь". 29-30 березня 2017р. Житомир: Житомирський агротехнічний коледж, 2017.– С. 236-237.

7. Аулін В.В., Чернай А.Є., Замота Т.М. Підвищення довговічності золотникового гідророзподільника МСГТ та АТТ триботехнологіями припрацювання і відновлення. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. – 2017. – №8. – С. 121-126.

8. Аулін В.В., Чернай А.Є., Замота Т.М., Герук С.Н. Обеспечение приработки основных сопряжений гидроагрегатов. Техническое обеспечение инновационных технологии в сельском хозяйстве: сборник научных статей Международной научно-практической конференции (Минск, 22-24 ноября 2017 года) / редкол.: В.П., Чеботарев [и др.]. - Минск: БГАТУ, 2017. - С. 267-269.

9. Аулін В.В., Чернай А.Є., Замота Т.М. Аналіз причин виходу з ладу золотникових механізмів гідроагрегатів. Матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції. Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки. – Кропивницький: ЦНТУ, 2017. – С. 243-244.

10. Аулін В.В., Чернай А.Є., Замота Т.М. Повышение надежности гидроагрегатов приработкой их основных сопряжений. Зб. тез доповідей V Міжнародної науково-технічної конференції "Крамаровські читання" 22-23 лют. 2018 р., м. Київ / НУБіП. – К.: Видавничий центр НУБіП України, 2018. – С. 121-124.

11. Аулін В.В., Сандул В.В., Маковкін О.М. Методи підвищення експлуатаційної надійності елементів ходової частини автомобіля. Збірник наукових матеріалів міжнародної науково-практичної інтернет-конференції: "Інноваційні технології розвитку та ефективності функціонування автомобільного транспорту", ЦНТУ м.Кропивницький, Україна, 14-15 листопада 2018 року. Кропивницький. 2018. С.207-211.

12. Аулін В.В., Гриньків А.В., Замота Т.М. Характерные отказы и структура диагностической информации о техническом состоянии автомобилей Nissan X-trail. Зб. наук. матеріалів міжнар. науково-практичної інтернет-конференції: "Інноваційні технології розвитку та ефективності функціонування

автомобільного транспорту", ЦНТУ м.Кропивницький, Україна, 14-15 листопада 2018 року. Кропивницький. 2018. С.256-264.

13. Аулін В.В., Гриньків А.В., Замота Т.М., Караїчев А.А., Кириченко Є.О. Пути улучшения современной системы диагностирования автомобилей. Матеріали 1ої Міжнародної науково-практичної конференції "Підвищення надійності машин і обладнання. Increase of Machine and Equipment Reliability", 17-19 квітня 2019 р. – Кропивницький : ЦНТУ, 2019. – С.218-223.

14. Аулін В.В., Гриньків А.В. Метод визначення тенденцій зміни технічного стану засобів транспорту з використанням критеріїв статистичної інформативності та відносної чутливості. Зб. тез доповідей V Міжнародної науково-технічної конференції "Крамаровські читання" 22-23 лют. 2018 р., м. Київ / НУБіП. – К.: Видавничий центр НУБіП України, 2018. С. 132-135.

15. Аулін В.В., Голуб Д.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В. Методологічне обґрунтування дослідження та розв'язання проблеми надійності функціонування транспортних систем/ Матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції. Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки. – Кропивницький: ЦНТУ, 2017. – С.

16. Аулін В.В., Гриньків А.В. Реалізація удосконалення стратегії технічної експлуатації засобів транспорту та її техніко-економічна оцінка. Актуальні задачі сучасних технологій. Збірник тез доповідей Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів, (Тернопіль, 16–17 листопада 2017 р.). Том III. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017. – С.12-13.

УДК 378.1;656

**ВЫПУСКНАЯ РАБОТА В РАМКАХ ПОДГОТОВКИ БАКАЛАВРА ПО
СПЕЦИАЛЬНОСТИ «ТРАНСПОРТНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»**

Горяинов А.Н. к.т.н., доц.

Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства
имени Петра Василенко

Abstract

The examples of the implementation of bachelor's work in the specialty of transport technologies are considered. A classification of bachelor's works is proposed. The structure of a typical bachelor's work is proposed.

Keywords: bachelor's work, transport technology, classification, structure

Введение

Введение в действие в 2018 году стандарта высшего образования для специальности 275 Транспортные технологии (бакалавр) [1] сделало обязательным выпускную квалификационную работу. До этого учебные заведения при подготовке бакалавров могли выбирать между квалификационной работой и государственным экзаменом. Соответственно, перед многими университетами стала задача организовать процесс подготовки и реализации выпускных работ. Учитывая, что стандарт вступил в силу с 2018-2019 учебного года, то выпуск студентов, поступивших в 2018 году после школы, состоится в 2022 году. Однако, наряду со студентами, которые поступают после школы, также в университетах осуществляется прием после техникумов. В зависимости от сроков обучения, после техникума, выпуск по требованиям стандарта 2018 года может реализоваться в 2020 году (уже реализовался – например в [2]) и в 2021 году.

Анализ предыдущих исследований

Бакалаврская работа по специальности «транспортные технологии» не является чем-то принципиально новым в Украине. Некоторые университеты уже практиковали такой подход при подготовке бакалавров. Из доступных примеров в Украине это [3]. Более поздний пример – [4]. Соответственно, есть опыт и в странах постсоветского пространства (например, [5]). Абсолютно является логичным, что каждая выпускающая кафедра по специальности «Транспортные технологии» формирует требования к бакалаврской работе в соответствии со своим накопленным научным и педагогическим опытом. Однако в настоящий момент отсутствуют научные работы, которые бы обобщили и систематизировали материал в этой области.

Постановка проблемы

На теперешний день выполнение бакалаврской работы предусматривает достаточно большое количество учебных часов (кредитов) в учебном плане образовательной программы (например, 9 кредитов или 270 часов согласно [6]). В большинстве случаев это больше отдельных учебных дисциплин. В то же время обеспеченность методическими материалами бакалаврских работ явно уступает по сравнению с учебными дисциплинами. Поэтому существует определенный вакуум по этому вопросу.

Цель и задачи

Целью является систематизация опыта подготовки и реализации такого образовательного компонента как квалификационная выпускная работа бакалавра по специальности 275 «Транспортные технологии». Во внимание принимается автомобильный транспорт.

В качестве основных задач выделим: анализ опыта университетов, разработка подхода к реализации бакалаврской работы.

Результаты решения основных задач

В работе [3] выделены следующие основные направления тем дипломных работ – рис. 1. Выделим здесь направление 3 и 6. Третье направление связано со вспомогательной подсистемой реализации транспортных услуг. Это можно отнести к специализации выпускающей кафедры. Шестое направление выделяет научный характер квалификационной работы. Обычно такие работы имеют явно индивидуальный характер.



Рисунок 1 Основные направления тем дипломных работ (на основании [3, с.4-6])

В качестве количественных нормативов дипломной работы в [3] указаны следующие: пояснительная записка (рекомендуемый объем - 50 ... 70 листов формата А4), графическая часть (презентация PowerPoint 97-2003 - не менее 7 слайдов, или чертежи - не менее 4 листов формата А1).

Другой подход к выделению сфер выполнения бакалаврской работы представлен в [7]. Выделяется такой спектр проблем [7, с.3-4]:

1. Технология и организация грузовых перевозок.
2. Технология и организация пассажирских перевозок.
3. Организация и безопасность дорожного движения.
4. Международные перевозки грузов и пассажиров.
5. Логистика.
6. Проектирование транспортной инфраструктуры.
7. Организация функционирования объектов транспортной инфраструктуры.
8. Экономика автотранспортного предприятия.

9. Разработка логистических схем поставок
10. Менеджмент грузовых перевозок.
11. Менеджмент пассажирских перевозок.
12. Маркетинг транспортных услуг.
13. Безопасность транспортного процесса.
14. Мультимодальные и интермодальные перевозки.
15. Маркетинговые исследования рынка.
16. Новые методы оценки качества работы подвижного состава.

Такое деление проблемных направлений достаточно неплохо дополняет классификацию рис.1. Также в материалах [7] указана взаимосвязь преддипломной практики и непосредственно дипломного проектирования – рис.2.

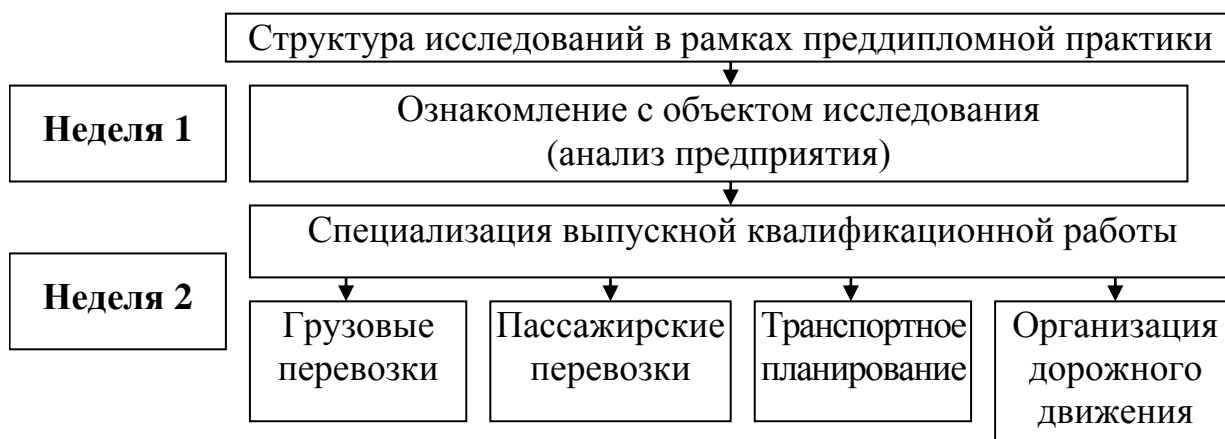


Рисунок 2 Основные элементы работы в период преддипломной практики (на основе [7, с.7-10])

Далее рассмотрим опыт подготовки бакалаврских работ по родственным специальностям вне Украины.

Согласно [5, с.7] объем пояснительной записки должен составлять около 100 страниц. В данном материале достаточно четко проведено разделение структуры для производственных и исследовательских бакалаврских работ. Представим сравнение в табл.1. Согласно данному подходу отличие производственной бакалаврской работы от исследовательской заключается в двух главах – 2 и 3.

Таблица 1 Структура и описание бакалаврской работы (на основании [5, с.8-9])

Глава работы	Производственная работа	Исследовательская работа
Глава 1	На основе анализа литературы и производственного опыта формулируются задачи выпускной квалификационной работы, которые необходимо решить для достижения поставленной цели.	
Глава 2	Посвящается обоснованию методов и методик решения задач, поставленных в главе 1. Для этого анализируются	Описывается общая методика исследований, объект и предмет исследований, рабочая гипотеза, разрабатывается целевая функция,

	все имеющиеся методы и методики. При необходимости разрабатываются новые или совершенствуются известные.	определяется тип модели, выводится или принимается (с соответствующими обоснованиями) вид математической модели, проводятся другие аналитические исследования.
Глава 3	Посвящается решению поставленных задач и анализу полученных результатов. Особое внимание уделяется расчету различных вариантов и выбору наилучшего.	Обосновывается выбор способа получения экспериментальных данных, описываются используемые приборы и оборудование, оценивается погрешность измерений, составляется план эксперимента, излагается методика обработки экспериментальных данных, приводятся результаты эксперимента и производится их анализ. Сопоставляются и анализируются результаты теоретических и экспериментальных исследований.
Глава 4	Состоит из разделов: 4.1 Методика практического использования результатов. 4.2 Экономическая эффективность. В разделе 4.1 излагается методика практического использования полученных результатов непосредственно на производстве. При этом подробно описываются и отражаются на слайдах иллюстративной части действия работников предприятия всех уровней, связанных с решением рассматриваемой задачи. Разрабатываются дополнения к должностным инструкциям. В разделе 4.2 приводится методика расчета и расчет экономического эффекта от использования предлагаемых рекомендаций. При этом особое внимание уделяется тем показателям, на улучшение которых направлены рекомендации. Рассчитываются значения этих показателей до и после внедрения.	
Глава 5	Разрабатываются вопросы охраны труда, охраны окружающей среды и гражданской обороны.	

В работе [8] общий объем бакалаврской работы обозначен в 60-70 страниц. Общее количество глав – три [8, с.10-11]:

- глава 1 (освещаются теоретико-методологические основы изучаемой проблемы);

- глава 2 (носит аналитический характер. В ней теоретические положения конкретизируются по материалам конкретного предприятия, по которому выполняется работа, раскрывается действие механизма экономических процессов, глубоко анализируется и оценивается современное состояние, выявляются закономерности и тенденции развития на основе использования

собранных первичных документов, различных источников статистической информации за принятый в работе период);

- глава 3 (предусматривается разработка конкретных мероприятий, предложений по решению проблем, выявленных, обоснованных и поставленных во второй главе).

В материалах [9] на бакалаврскую работу отводится 60-80 страниц. Структура работы предусматривает 4-ре раздела [9, с.6-7]:

- глава 1 (Аналитическая часть - на основе анализа литературы и производственного опыта формулируются задачи работы, которые необходимо решить для достижения поставленной цели.);

- глава 2 (Расчетно-технологическая часть - посвящается решению поставленных задач и анализу полученных результатов. Особое внимание уделяется расчету различных вариантов и выбору наилучшего. Обосновывается выбор способа получения экспериментальных данных, описываются используемые приборы и оборудование, оценивается погрешность измерений, составляется план эксперимента, излагается методика обработки экспериментальных данных, приводятся результаты эксперимента и производится их анализ. Сопоставляются и анализируются результаты теоретических и экспериментальных исследований.);

- глава 3 (Безопасность профессиональной деятельности);

- глава 4 (Экономическая часть);

Отдельно выделим опыт реализации подготовки и реализации бакалаврской работы через введение в учебный план подготовки бакалавров специальной дисциплины. Примером является [10] – дисциплина «Защита выпускной квалификационной работы». На данную дисциплину не планируется ни одного часа аудиторной работы. В такой ситуации не понятен механизм реализации такой дисциплины. Но сам подход заслуживает внимание. Возможно есть смысл создавать учебные дисциплины, которые были бы посвящены именно вопросам выполнения бакалаврской работы.

В работе [10] представлена следующая структура бакалаврской работы:

1 раздел – характеристика и анализ предмета и объекта исследования;

2 раздел – проектная часть (мероприятия по совершенствованию транспортного процесса);

3 раздел – оценка эффективности предлагаемых проектных решений (экономический, социальный, экологический и иной эффекты);

4 раздел - охрана труда (техника безопасности/ экологическая безопасность).

В работе [11] выделены такие части бакалаврской работы [11, с.14]:

- обзорная часть;

- аналитическая часть;

- технологическая часть;

- проектная часть (предлагаемые мероприятия);

- экономическая часть.

Основываясь на результаты проведенного анализа, а также опираясь на опыт руководства выпускными работами студентов, предлагается следующий подход к подготовке и реализации бакалаврских работ.

Содержательная часть работы может состоять из нескольких разделов (их количество может варьироваться в зависимости от задач исследования).

Выделим следующие формы реализации бакалаврской работы (классификация по признаку типичности):

1) типовая квалификационная работа по заданным кафедрой исходным данным и выполняемая по утвержденной методике кафедры;

2) индивидуализированная квалификационная работа по данным реально действующих предприятий с набором стандартных разделов;

3) индивидуализированная квалификационная работа с уклоном на научные разработки (без обязательного набора разделов работы, но с соблюдением принципов, присущих научным работам);

4) гибридная форма квалификационной работы (с элементами предыдущих вариантов).

Типовая форма квалификационной работы представляет собой набор проектов в сфере транспорта. Основой является использование проектного подхода. Условно вся работа разделена на три части (табл.2), которые ассоциируются с отдельными элементами транспортного процесса. В зависимости от необходимости каждая часть может быть реализована более чем одним разделом. Например, в пределах части «Экономико-экологические проекты и оценки транспортной деятельности» может отдельно быть реализован раздел «Инвестиционный проект выбора подвижного состава» и раздел «Охрана труда». Однако, чтобы не превышать средние объемы типовой квалификационной работы следует пытаться составлять структуру из трех разделов.

Таблица 2 - Общая структура типовой квалификационной работы

Название элемента структуры	Примерный объем (%)
Введение	2
1. Особенности подготовительного (подготовительного и заключительного) этапа транспортного процесса (К проектам этого раздела можно отнести - маркетинговые исследования, формирование грузовых партий, погрузочные (разгрузочные) операции, научные проекты по теме, предмету, объекту исследования и т.п.)	20
2. Технологии реализации транспортных услуг (К проектам этого раздела можно отнести - транспортные задачи; кросс-докинг; маршрутизация; графики работы водителей, транспортных средств, участников транспортного процесса; графики совместной работы, паспорта маршрутов, системы навигации, взаимодействие видов транспорта, цепи поставок,	40

транспортно-складские операции и т.д.)	
3. Экономико-экологические проекты и оценки транспортной деятельности (К проектам этого раздела можно отнести - оценка технологических решений, инвестиционные проекты выбора подвижного состава, проекты ресурсосбережения на транспорте, проекты по охране труда, проекты по организации дорожного движения и т.п.)	20
Выводы	2
Список использованных источников	1
Приложения	15

В качестве основы для реализации отдельных проектов в рамках квалификационной работы следует рассматривать курсовые работы и проекты, практические и лабораторные методики, а также другие научно-методические разработки кафедры (статьи, монографии, пособия, патенты, отчеты и т.д.).

Структуру второй формы квалификационной работы предлагается представить следующим образом - табл. 3 (на основе [10]).

Таблица 3 Общая структура индивидуализированной квалификационной работы по данным реально действующих предприятий (на основе [10])

Название элемента структуры	Иллюстративный материал (количество слайдов)	Объем раздела текстовой части, страниц
Введение	-	2
1. Характеристика и анализ предмета и объекта исследования	3-4	10
2. Проектная часть (мероприятия по совершенствованию транспортного процесса)	3-4	20
3. Оценка эффективности предлагаемых проектных решений (экономический, социальный, экологический и иной эффекты)	1-2	10
4. Охрана труда	0-1	6
Выводы	0-1	1
Список использованных источников	-	2
Приложения	-	10
Всего	7-12	61

Выводы

1. Выполнение выпускной бакалаврской работы рассматривается как учебный элемент, который подытоживает полученные знания и навыки студента. При этом, зачастую, студент может сталкиваться с многими проблемами, которые не были раскрыты в период обучения. Поэтому

целесообразно увеличивать количество методических и справочных материалов, способствующих лучшей подготовки бакалаврских работ.

2. Предложена классификация бакалаврских работ в зависимости от уровня стандартности (типичности).

3. Предложена структура типовой бакалаврской работы, основанная на проектном подходе. Это позволит интегрировать бакалаврскую работу с учебными элементами образовательной программы (прежде всего с курсовыми проектами и работами).

4. Использование типовой бакалаврской работы является одним из эффективных вариантов выполнения данного вида учебной работы в условиях глобальных ограничений (например, в условиях пандемий) или других ограничений (например, инклюзивное образование).

5. Материалы исследований нашли отражение в [4].

Литература

1. Про затвердження стандарту вищої освіти за спеціальністю 275 «Транспортні технології (за видами)» для першого (бакалаврського) рівня вищої освіти. Наказ МОН України від 29.10.2018 № 1171 <https://mon.gov.ua/storage/app/media/vishcha-osvita/2018/10/31/275-transportni-tehnologii-za-vidami-dlya-pershogo-bakalavrskogo-rivnya-osviti.pdf>

2. Кафедра транспортних технологій і логістики Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка <http://khntusg.com.ua/department/kafedra-transportnih-tehnologij-i-logistiki/>

3. Методичні вказівки до виконання та оформлення пояснювальної записки і графічної частини дипломної роботи бакалавра (для студентів кафедри логістичного управління та безпеки руху на транспорті усіх форм навчання, що навчаються за спеціальністю 275 – «Транспортні технології (за видами)»)/Укл. Н.Б.Чернецька-Білецька, Є.В. Михайлов, С.О.Семенов – Сєверодонецьк: Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2017. – 31 с. http://library.snu.edu.ua/index/povnotekstovi_metodichni_materiali_zagalnyy_spisok_za_disciplinami/0-321

4. Кваліфікаційна робота на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр» : Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи для студентів першого рівня вищої освіти денної (заочної) форми навчання спеціальності 275 Транспортні технології / Горяїнов О.М., Войтов В.А. – Харків : ХНТУСГ, 2020. – 41 с. <https://bit.ly/Method-31-2020-Goryainov>

5. Методическое руководство по выполнению выпускной квалификационной работы для обучающихся направления подготовки 23.03.01 Технология транспортных процессов всех форм обучения / сост. М.Ю. Акимов, Д.А. Захаров; Тюменский индустриальный университет. – Тюмень: Издательский центр БИК ТИУ, 2019. – 32 с. https://www.tyuiu.ru/wp-content/uploads/2009/12/Method_rukovodstvo_VKR_2019.docx

6. Навчальний план (бакалаврський). Спеціальність 275 «Транспортні

технології». Освітня програма «Транспортні технології (міський транспорт)». 2019. https://tsl.kname.edu.ua/images/files/OK/TT_NP.pdf

7. Програма переддипломної практики студентів спеціальності 275 – «Транспортні технології» (бакалавр на основі освітньо-кваліфікаційного рівня «молодший спеціаліст») / Розроб.: Біліченко В.В. Цимбал С.В. Романюк С.О. – Вінниця, ВНТУ, 2016. – 18 с. <http://atm.vntu.edu.ua/metod/PPP-275-TT.pdf>

8. Кувшинова Е.В. Методические указания по организации и выполнению выпускной квалификационной работы для студентов очной и заочной формы обучения по направлению подготовки 23.03.01 ТЕХНОЛОГИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ (профиль «Организация перевозок и управление на автомобильном транспорте»). - Чебоксары: Волжский филиал МАДИ, 2019. – 45 с. http://www.vf.madi.ru/dok/obraz_program/metodich/230301OP/23.03.01_OP_1.pdf

9. ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА. Методические указания для обучающихся по направлению подготовки 23.03.01 «Технология транспортных процессов» всех форм обучения / Уральский государственный лесотехнический университет. – Екатеринбург, 2019. – 31 с. <http://elar.usfeu.ru/bitstream/123456789/8708/1/metod-19-41.pdf>

10. Защита выпускной квалификационной работы. Рабочая программа дисциплины по направлению подготовки 23.03.01 Технология транспортных процессов. Профиль «Организация и безопасность движения» / Сост. Пресняков В.А., Берштейн А.И.; Владивостокский государственный университет экономики и сервиса. - Артем, 2016. – 27 с. <http://www.vvsu.ru/files/92FF957F-5C91-4542-B617-E774B43FD18F.pdf>

11. Программа итоговой государственной аттестации для направления подготовки 23.03.01 Технология транспортных процессов. Профиль «Организация перевозок и управление на автомобильном транспорте». А.А.Чечеткина, В.Н. Соболин – Калининград, КГТУ, 2016. – 57 с. http://www.klgtu.ru/upload/about/info/education/bgarf/ooop_vo/b_ttp/FOS_TTP.pdf

УДК 631.372

**МЕТОД УПРАВЛІННЯ ТЕХНІЧНИМ СТАНОМ РУХОМОГО СКЛАДУ
ПРИ ОПЕРАТИВНОМУ (ПОТОЧНОМУ) ТА ДОВГОСТРОКОВОМУ
ПЛАНУВАННІ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ**

**Аулін В.В., д.т.н., проф.,
Лисенко С.В., к.т.н., доц.,
Гриньків А.В., к.т.н.,
Чуж Д.О., ст.,
Тирса Я.В., ст.,
Сидоренко І.В., ст.**

Центральноукраїнський національний технічний університет

Abstract

Strategies and tactics of maintenance and repair of rolling stock of the motor transport enterprise and also a number of problems which arise at the same time are considered. Possible ways to solve these problems are substantiated. Mandatory preventive, control and diagnostic works and forecasting of service life and troubleshooting are defined. Inhomogeneous Markov models of functional reliability of cars taking into account emergency repair and preventive maintenance are offered. The information graph of manufacturing of a detail or assembly of knot, system of maintenance of operational reliability of cars is constructed.

Key words: strategy, tactics of maintenance and repair, car, technical condition, diagnostic model.

Вступ

Планово-запобіжна система (ПЗС) обслуговування і ремонту, що діє на автотранспорті, поряд з позитивними сторонами характеризується і рядом недоліків. Деякі з них пов'язані з переважним розвитком автотранспорту екстенсивним шляхом, що призвело до значного відставання забезпеченості виробничо-технічної бази (ВТБ) автотранспортного підприємства (АТП) від норм, які існували, а також затримки практичної реалізації системи підтримання працездатності парку рухомого складу на основі діагностичної інформації.

Сутність діючої системи ТО і ремонту автомобілів полягає в наступному. Технічні обслуговування (щоденне – ЩО, ТО-1, ТО-2 і сезонне – СО) виконуються примусово у плановому порядку через встановлені пробіги, а ремонтні роботи - в міру потреби, після відмов або виявлення несправностей, а також за планом через певний пробіг, тобто профілактичний ремонт.

Під час ЩО після роботи або перед виїздом на лінію проводиться загальний контроль систем, які гарантують безпеку руху, а також мийні і заправні роботи. Під час ТО-1 і ТО-2 виконується обов'язковий перелік контрольно-діагностичних, мастильних, кріпильних і регулювальних робіт. СО виконується навесні і восени.

Під час ПР в АТП виконують контрольно-діагностичні, розбірні, регулювальні, слюсарно-механічні і ряд інших спеціалізованих операцій з окремих видів робіт.

Крім того, за «Положенням про технічне обслуговування і ремонт рухомого складу автомобільного транспорту» 1994 р. (далі - «Положення») передбачаються загальна Д-1 і поглиблена Д-2 діагностики. Під час Д-1 визначають технічний стан вузлів і механізмів, які гарантують безпеку руху і придатність автомобіля до експлуатації, а під час Д-2 уточнюють обсяги ТО і потребу в ремонті.

Аналіз попередніх досліджень

Реалізувати систему ТО і ремонту можна різними методами: спеціалізованих і комплексних бригад, кількома різновидами агрегатного (дільничним, зональним, вузловим), операційно-постовим, методами комплексного і єдиного обслуговування тощо. Проте всі вони будуються на планово-профілактичній основі і відрізняються між собою в основному номенклатурою технічних обслуговувань, ступенем механізації технологічних процесів ТО і ремонту, наявністю фонду оборотних агрегатів і рядом інших факторів.

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 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 трудомісткостей 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 трудомісткостей на кожний конкретний автомобіль. Передбачені для компенсації даного недоліку коефіцієнти не можуть повністю розв'язати користування питання, оскільки не враховується вся різноманітність умов експлуатації, та й самі умови експлуатації для багатьох автомобілів не лишаються сталими 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.

Прийняті в «Положенні» коефіцієнти коригування також мають недоліки, головним чином у суті їх вихідних першоджерел і обґрунтування. Наприклад, коефіцієнтом K_1 , призначеним для коректування нормативів ТО і ремонту залежно від умов експлуатації, тільки наближено характеризується справжній вплив умов роботи автомобіля на зміну його технічного стану. Розроблені практичні рекомендації дають можливість істотно поліпшити значення цього важливого фактору.

В разі використання коефіцієнта K_2 який характеризує модифікацію рухомого складу і організацію його роботи, не враховується маса автомобіля, ступінь використання його вантажопідйомності і пробігу з вантажем, тим часом як ці показники значною мірою впливають на спрацювання агрегатів та їх довговічність.

Подібні зауваження можна зробити і щодо інших коефіцієнтів.

Отже, діюче «Положення», не враховуючи повною мірою переваг прогресивної системи профілактичного обслуговування і ремонту рухомого складу на базі діагностичної інформації і яку широко використовують на різних видах транспорту в зарубіжних країнах та достатньо розробленої в нашій країні, гальмує розвиток технічної експлуатації автомобілів.

Постановка проблеми

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, контрольньо-діагностичних, регулювальних і ремонтних операціях, введено три види інтегральних обслуговувань, які включають у себе всі обов'язкові роботи, контрольньо-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.

Діагностична ідеологія дешевша, але для реалізації цієї тактики (технології) треба вміти вимірювати безперервно або періодично контрольовані (діагностичні) параметри, потрібна вища культура праці, сучасне контрольньо-діагностичне устаткування (станції для діагностування і прогнозування стану

автомобіля).

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.

Мета та завдання

Метою даної роботи є управління технічним станом рухомого складу при оперативному та довгостроковому плануванні ТОіР.

Для реалізації поставленої мети розв'язували наступні завдання:

1. Виявлення можливих шляхів вирішення проблеми ТОіР рухомого складу.
2. Запропонувати метод управління технічним станом рухомого складу.
3. Теоретичне обґрунтування принципів управління працездатністю рухомого складу.

Результати вирішення основних завдань

Фрагмент схеми основних напрямів інтенсифікації автомобільного транспорту і способів їх реалізації наведена на рис.1).

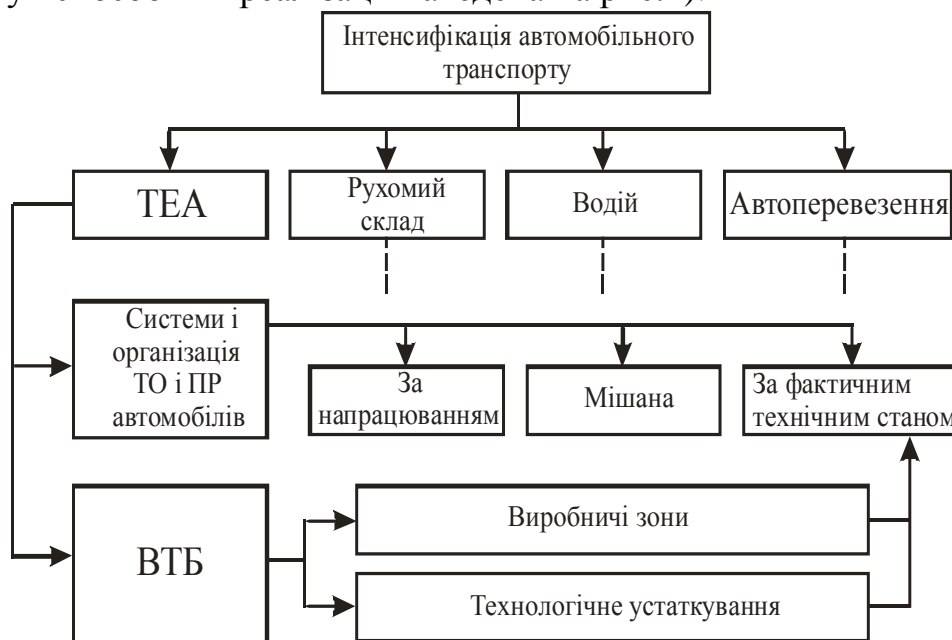


Рисунок 1 Фрагмент схеми інтенсифікації автомобільного транспорту за управлінням технічного стану рухомого складу.

Важливу роль відведено вдосконаленню технічної експлуатації автомобілів (ТЕА), до якої належать: система та організація ТО і ремонту, виробничо-технічної бази (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). 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.

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 – вибіркоче контрольне ЗД системи (агрегату) після УН. До УН належать регулювання, заміни та інші заходи, виконувани 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 *m* 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 D_k .

Іноді одночасно з УН виконують операції ОР, а разом з D_k – 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.

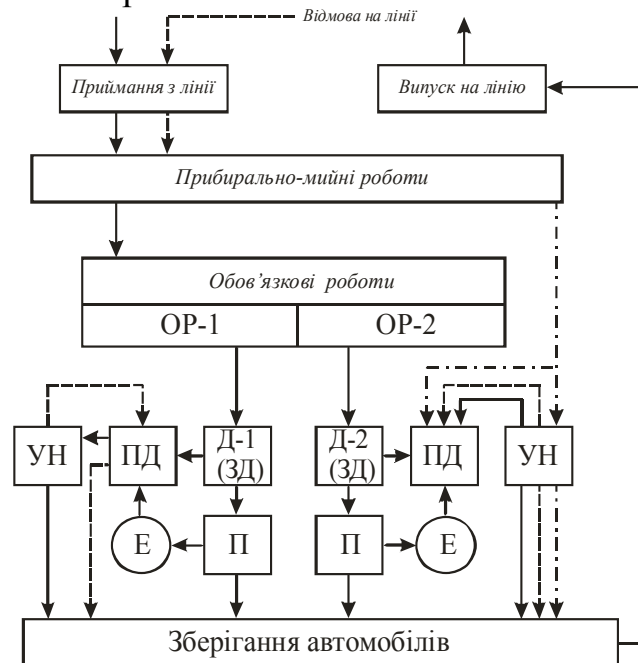


Рисунок 2 Система ТО і ПР автомобілів залежно від технічного стану (система ОР-Д-УН)

Суцільною лінією позначено основний технологічний маршрут, штриховою можливий технологічний маршрут.

Розглянемо два рівні керування технічним станом рухомого складу: довгострокове планування - при проектуванні нових чи реконструкції діючих підприємств автотранспорту, при розрахунку річних виробничих програм; оперативне (поточне) планування - для визначення конкретного терміну постановки автомобіля на профілактичні впливи.

Для довгострокового планування вимагаються основні нормативи, необхідні для виконання технологічного розрахунку, пробіг до капітального ремонту, періодичність технічних впливів обов'язкових і діагностичних робіт, трудомісткість ОР, Д і УН; тривалість простою рухомого складу в ТО і ремонтах. Вихідними даними для їхнього визначення для конкретних типів і моделей рухомого складу є нормативні значення ТО, ПР і КР по другим частинам "Положення-94" чи по окремих автомобілях по рекомендаціях заводів-виготовлювачів.

При оперативному плануванні норми пробігу до КР і періодичності ТО встановлюються в літрах палива, що витрачається, трудомісткості ОР і Д приймаються орієнтовно такими ж, як і при довгостроковому плануванні, значення нормативів трудомісткості УН повинні визначатися за результатами

діагностування.

Принциповим питанням, що викликає іноді зауваження, є питання оперативного планування профілактичних впливів по сумарній витраті палива замість пробігу в км. При цьому автори зауважень посилаються на "більш складні розрахунки при використанні витрати палива, їхня громіздкість, поява додаткових труднощів, необхідність значних матеріальних і людських витрат". Усе відзначене не відповідає дійсності, оскільки це суб'єктивні думки без практичної перевірки запропонованої методики.

Зазначені зауваження обумовлені недостатньою інформацією по суті нової системи ТО і ремонту рухомого складу і її практичному використанню, відсутністю нормативно-технічної бази і нечіткістю викладу окремих питань по коректуванню нормативів ТО і ремонту автомобілів. Насправді пропонувані методики оперативного планування профілактичного обслуговування по сумарній витраті палива в літрах є значно простіше й об'єктивніше, враховують реальні умови експлуатації автомобілів за кожний день їхньої роботи.

Норми пробігу до КР, ТО-2 і ТО-1 у "Положенні-94" і його других нормативних частинах приведені для першої категорії умов експлуатації. Однак при цьому не зазначено, для яких навантажень на автомобіль (порожній, навантажений на 50 чи 100%) і яких значень коефіцієнтів використання вантажопідйомності і пробігу вони встановлені, хоча сама логіка однозначно визначає подібний взаємозв'язок. Більшість автомобілів протягом дня, тижня і місяця експлуатуються в різних дорожніх умовах з різними швидкостями і навантаженнями. При тому самому пробігу автомобіля зміна технічного стану чи прискорюється затримується в залежності від кількості роботи, виконаної його агрегатами і вузлами. На цю роботу, крім відзначених вище факторів, впливають також температура навколишнього середовища, сили тертя в механізмах і вона забезпечується тільки за рахунок згорання палива. Тому визначати оптимальні періодичності впливів у км для кожного автомобіля практично неможливо, а усереднення пробігів приводить до грубих помилок.

У результаті виконаних теоретичних досліджень удалося установити дуже просту, але дуже цінну для практики залежність між пробігом автомобіля і витратою палива в даних умовах експлуатації. Ця залежність у загальному виді запишеться так:

$$L_{ТВ} \cdot H_{п} = A_{ТВ}, \quad (1)$$

де $L_{ТВ}$ – пробіг автомобіля до технічного впливу; $H_{п}$ – норма витрати палива в л/100км; $A_{ТВ}$ – постійна для даного автомобіля величина, що досить просто і точно розраховується. Наприклад, при визначенні пробігу до капремонту ЗИЛ-431410 вона дорівнює $95,9 \cdot 10^5$ л.

При визначенні пробігу до ТО-2 (ОР-2) $A_{ТО-2}=4360$ л, при визначенні пробігу до ТО-1 (ОР-1) $A_{ТО-1}=1090$ л. Фізичний зміст приведених формул полягає в наступному: якщо автомобіль витратить $95,9 \cdot 10^5$ л палива, його треба відправляти в капремонт. Якщо витратить 4360 л - у ТО-2, якщо 1090 л - у ТО-1.

У запропонованому методі відпала необхідність вводити спеціальні коефіцієнти коректування умов експлуатації, як це передбачено в "Положенні-94". Витрата палива є діагностичним параметром і побічно показує фактичний

технічний стан автомобіля.

Таким чином, для цього автомобіля $L_{кр} = 95,9 \cdot 10^5 / \text{Нт км}$. Якщо автомобіль без вантажу працює на дорогах 1 рік ($H_{п} = 28 \text{ л}/100 \text{ км}$), то

$L_{кр} = 300000 \text{ км}$. Якщо автомобіль буде працювати у важких дорожніх умовах з повним навантаженням ($H_{п} = 60 \text{ л}/100 \text{ км}$), його пробіг до капремонту зменшиться до 140 тис. км.

Цей метод науково обґрунтований, є оригінальним і може знайти широке практичне застосування не тільки в Україні, але й в інших країнах. Користуючись приведеною формулою, можна прогнозувати залишковий ресурс автомобіля і його агрегатів для різних умов експлуатації.

Таким чином, витрата палива є інтегральним показником, що враховує різноманіття факторів, що впливають на технічний стан автомобілів: експлуатаційні умови перевезень, навантаження на агрегати, кваліфікацію водія і т.п.

При широкому впровадженні обчислювальної техніки виконання обліку фактичної витрати палива і пробігів до технічних впливів стане звичайною бухгалтерською операцією. ПК буде інформувати про необхідність виконання того чи іншого технічного впливу на конкретний автомобіль, що працює у визначених умовах експлуатації.

Запропонований метод дозволяє при дуже обмеженій інформації про нормативну базу автомобілів іноземних фірм установлювати норми витрати палива і періодичності технічних впливів для різних умов експлуатації.

На перехідному етапі доцільно поряд з новою методикою визначення періодичності по витраті палива зберегти і стару методику в км (аналогічно тому, як визначається, наприклад, потужність двигуна в кВт і л. с.).

Нормативи пробігу до КР і періодичності ТО для довгострокового планування встановлюються для еталонних умов експлуатації (першої категорії). Якщо технологічний розрахунок буде вироблятися для випадку експлуатації рухливого складу в інших категоріях, то дані нормативи необхідно коректувати. Для коректування пробігів використовується тільки один коефіцієнт, отриманий через відношення нормативних значень витрати палива; для коректування трудомісткості ОР і Д також застосовується один коефіцієнт, що враховує число технологічно сумісного рухомого складу; для коректування трудомісткості УН, крім зазначених коефіцієнтів, необхідно враховувати спосіб збереження рухливого складу і пробіг автомобілів з початку експлуатації.

Оперативне (поточне) планування засноване на тім, що для конкретного автомобіля, як уже відзначалося, добуток пробігу до даного технічного впливу в км на норму витрати палива в л/100 км є величина постійна. Напрямок автомобіля на відповідне профілактичний вплив повинний здійснюватися при досягненні ним установлених (розрахункових) значень сумарної витрати палива. При цьому відпадає необхідність у використанні коефіцієнтів коректування періодичності, тому що це відбувається автоматично через сумарну витрату палива, фіксовану наростаючим підсумком з моменту виконання попереднього впливу.

Періодичності впливів у літрах витраченого палива зазначені для першої

категорії умов експлуатації, однак при оперативному плануванні коректувати їх для інших категорій немає необхідності (тобто вони ті самі для будь-яких умов роботи рухомого складу). При відхиленні кожного з показників, що характеризують умови експлуатації, у гіршу сторону – дорожніх, атмосферно-кліматичних, транспортних, неправильного вибору водієм режиму руху і т.д. буде збільшуватися витрата палива і швидше наступить день чергового обслуговування. Таким чином, система коректування нормативів по ТОіР автомобілів значно простіше, що діяла в "Положенні-94".

Умови експлуатації пропонується оцінювати по середній технічній швидкості. Так, у відмінних умовах експлуатації (1 категорія) ця швидкість змінюється в межах 60...48; для 2-гої – 48...37; для 3-тьої – 37...31; для 4-тої – 31...27 і 5-тої – 27...23 км/год.

Щоб точно визначити середню технічну швидкість, треба знати час "чистого" руху. Для цього на автомобілях варто встановлювати лічильники часу руху (лічильники моточасів). Ці прості і недорогі прилади можуть замінити дорогі і дуже складні електронні імпорتنі тахографи. Що стосується трудомісткості виконуваних робіт, то нова нормативна база повинна бути приведена для довгострокового планування. Фактична трудомісткість повинна визначатися індивідуально за результатами діагностування агрегатів і систем даного автомобіля. У зв'язку з цим створенню і розвитку сучасних методів і засобів діагностування необхідно приділяти особливу увагу. Його розвиток – застава справного технічного стану автомобілів, безпеки руху, економії палива і зниження токсичності на автотранспорті.

Початкова працездатність є деякою постійною величиною, що характеризує технічний стан транспортного засобу. У процесі експлуатації відбувається старіння під впливом цілого ряду факторів:

$$R = R_n[f(r_c, r_p, r_o, r_e)], \quad (2)$$

де r_c – вплив навколишнього середовища; r_p – вплив спектра робочих режимів автомобілів; r_o – протидія старінню (зношуванню) прийнятої системи профілактики й ремонту; r_e – вплив кваліфікації водія, ремонтного персоналу й культури експлуатації.

У загальному виді цільова функція завдання управління початкового рівня працездатності при проектуванні й виготовленні автомобіля виражається

$$R_n = f(M, K, T), \quad (3)$$

де $f(M, K, T)$ – деяка функція, що відбиває вплив властивостей матеріалу M , конструктивного рішення K і технології виробництва T .

Комплексне забезпечення працездатності автомобіля реалізується за двома напрямками: конструкційно-технологічним й організаційно-технічним. Перший є пріоритетом підприємств автомобілебудування; ефективність рішення його характеризується показниками, закладеними в тягачі й причіпний склад на перших етапах життєвого циклу – проектування, технологічна підготовка до виробництва, виробництво. Другий – завдання сфери реалізації й експлуатації (оцінюються ефективністю моделей, методів і форм управління

працездатністю транспортних машин засобами автотранспортних підприємств).

Існуюча дотепер система технічного обслуговування й ремонту рухомого складу автомобільного транспорту, що базується на помилкових концепціях середньостатистичних оцінок і гаданої відсутності протиріч у ній, досягла бар'єра ефективності, стала економічно не вигідною й не відбиває вимог сьогодення. Причиною даного становища є відсутність науково обґрунтованих методів індивідуального управління працездатністю рухомого складу, що базуються на теорії живучості складних систем. Необхідна кардинальна зміна філософії забезпечення працездатності: не як "вилікувати", а як домогтися того, щоб рухомий склад був постійно "здоровим" за інтенсивною технологією, що характеризується такими основними особливостями:

- контролепридатною конструкцією рухомого складу, що забезпечує на етапі експлуатації швидке одержання інформації про зміну технічного стану;
- компенсаторним характером, що полягає у відновленні робочих функцій регулюваннями сполучень, вузлів і механізмів експрес-замінами елементів, що відмовили, і діагностичним налагодженням (тренувальною активацією);
- постсиндромною профілактикою усунення декількох несправностей, ушкоджень або назриваючих відмов, режими й методи, що не завжди співпадають із застосовуваними (на відміну від симптоматичного управління, коли впливи спрямовані на усунення одного симптому зниження працездатності);
- багатоспрямованістю управління, що усуває всі ланки з непрацездатним станом.

У цій проблемі важливу роль відіграють два основні завдання, властиві сферам виробництва й експлуатації транспортних засобів. Одне складається з виявлення найменш надійних агрегатів, вузлів і деталей, розробки й здійснення рекомендацій з удосконалення їхньої конструкції та якості виготовлення з метою підвищення надійності знову створюваної продукції. Інше завдання полягає в удосконаленні технічної експлуатації автомобілів з метою підтримки високої працездатності рухомого складу в процесі його тривалої роботи за оптимальних матеріальних і трудових витрат. Таким чином, завдання сфер виробництва й експлуатації в проблемі управління надійністю автомобілів тісно пов'язані між собою. Вони доповнюють одне одного й спрямовані на єдину мету – підвищення надійності й ефективності їхньої роботи.

Динаміка зміни технічного стану автомобілів цілком визначається впливом агресивних факторів умов експлуатації. Тому загальна методологія вирішення проблеми підвищення ресурсу й надійності рухомого складу автомобілів з урахуванням реальних режимів й умов експлуатації може застосувати системний підхід, базуючись на марковській моделі динамічного програмування. Модель включає спектр властивостей автотранспортних засобів і навколишнього середовища $\{E, Y, Q, \text{и}, W\}$, де E – безліч станів за весь період експлуатації (з урахуванням рівня проектування, якості виготовлення й міжремонтного ресурсу); Y – безліч припустимих керувань (впливу обслуговуючого персоналу); Q – сімейство умовних розподілів на $E \times Y \times E$, що

описують динаміку прийнятих рішень (вплив прийнятої системи технічного обслуговування й ремонту); η – параметри середовища (умови експлуатації), функціонал $W: E \times Y \rightarrow R^+$, що оцінює безпосередню корисність прийнятих рішень (на всіх етапах життєвого циклу автотранспортних засобів). За допомогою даної моделі чисельно вирішується багато завдань управління працездатністю й пошуком оптимальної експлуатації автомобілів.

З огляду на те, що процес використання автомобілів є випадковим і визначається впливом випадкових факторів і параметрів середовища, розглянуто імовірнісний метод аналізу працездатності автомобілів.

Досліджено дві неоднорідні марковські моделі функціональної надійності автомобілів, що працюють у випадковому нестандартному режимі. У першій моделі враховується аварійний ремонт (АР) експрес-заміною деталі, що відмовила, або вузла, а в другій, більш загальній, додатково враховується й профілактичне обслуговування. У першій моделі, обумовленій графом із трьома станами (рис. 3), при кратних інтенсивностях марковських процесів відомі:

$$\lambda_0(\ell) = \lambda_0 S(\ell), \quad \eta_0(\ell) = \eta_0 S(\ell), \quad \eta_1(\ell) = \eta_1 S(\ell) \quad \text{і} \quad \mu_0(\ell) = \mu_0 S(\ell). \quad (4)$$

Необхідно знайти моменти й закони розподілу характеристик функціональної надійності відновлюваних вузлів: імовірність справної роботи $P_n(\ell)$, імовірність простою автомобілів в АР $P_p(\ell)$, коефіцієнти готовності K_r й простою K_p .

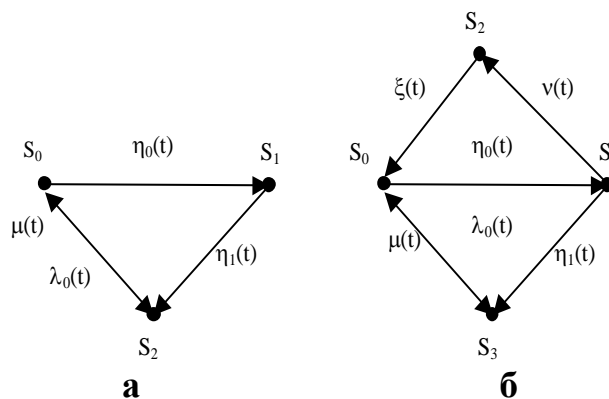


Рисунок 3 Графи відновлюваного – а, обслуговуючого – б вузла

Графу на рис. 3,а відповідає система стохастичних диференціальних рівнянь зі змінними коефіцієнтами:

$$P_0'(\ell) = -(\eta_0 + \lambda_0)S(\ell)P_0(\ell) + \mu S(\ell)P_2(\ell); \quad (5)$$

$$P_0'(\ell) = \eta_0 S(\ell)P_0(\ell) - \eta_1 S(\ell)P_1(\ell). \quad (6)$$

Якщо після експрес-заміни вузла виконується й профілактика, то в цьому випадку в моделі враховується інтенсивність виведення автомобілів на

обслуговування $\nu(\ell) = \nu S(\ell)$ й інтенсивність профілактики $\xi(\ell) = \xi S(\ell)$ (граф моделі показано на рис.3, б). Динаміка випадкового процесу описується системою рівнянь, розв'язуючи які при $P_i(0) = P_i$ й $i = \overline{0,3}$, в остаточному підсумку одержуємо граничні значення ймовірностей: справної роботи $P_u(\ell) = P(\ell) + P_1(\ell)$; $K_r = z_0 + z_1$; простою автомобілів на профілактиці $P_n(\ell) = P_2(\ell)$, $K_u = \eta_0 \nu z_0$; простою

під час ремонту $P_p(\ell) = P_3(\ell)$; $K_p = 1 - z_0 - z_1 - \eta_0 \nu z_2$.

Важливою обставиною для розробки системи забезпечення експлуатаційної надійності автомобілів є можливість моделювання взаємодії елементів автомобілів, тому що його стан у більшості випадків визначається саме цим явищем. Модель управління працездатністю автомобілів відносять до числа керованих систем, що включають керовану $S_1(X)$ і керуючу $S_2(R)$ системи. Між ними існує два зв'язки X і R - вектори стану відповідно керованої й керуючої систем. Модель структури системи управління має вигляд

$$S = S(U, X, Y, V, R), \quad (7)$$

у якій модель функціонування зображується як

$$Y = \Phi(U, X, V), \quad (8)$$

де $\Phi(U, X, V)$ – оператор, відповідно до якого керована система перетворить входи й виходи.

Математичні моделі структури (5) і функціонування (6) системи є вихідними для розробки математичних моделей керування розвитком і функціонуванням. З огляду на те, що структурна ієрархічна модель має ряд недоліків, автомобілів розглянуто як семантичну структурну модель, динамічна система й стохастична еволюція якої описується марковським процесом з кінцевою безліччю станів.

Модель включає безліч внутрішніх відносин і зовнішніх зв'язків $R = \{r_1, r_2, \dots, r_n\}$, що істотно впливають на експлуатаційну надійність автомобілів (параметри технічного стану, комплекси обслуговування й ремонту, устаткування, персонал), що утворюють підмножини станів $F = F_1 \cup F_2 \cup \dots \cup F_n$.

У семантичній структурній моделі автомобілів (рис.4) вершини представляють деякі сутності (об'єкти, процеси), а дуги – відносини між сутностями, які вони зв'язують. Окружностями представлені елементи, що відповідають об'єктам реальної конструкції автомобілів, квадратами – властивості елементів, що характеризуються параметрами технічного стану, трикутниками – розмірні ланцюги. Дуги відзначені відношеннями r_i внутрішнього середовища й зовнішніх впливів. Модель буде задаватися у вигляді мережі $S(E, R)$, що має безліч елементів E , пов'язаних відношеннями R . Структурна модель S , що складається з A елементів з підмножиною станів F , має

$$E = A \cup F = A \cup F_1 \cup F_2 \cup \dots \cup F_n \dots \quad (9)$$

Між різними класами елементів E структурної моделі (5) виникає деяка підмножина відносин R_i з R . Наприклад, серед A елементів виникає підмножина відносин R_A , серед F станів – R_F і т.д. Звідси семантична структурна модель може мати вигляд

$$S(E, R) = S(A, R_A) \cup S(F_i, R_{Fi}) \cup \dots \cup S(F_n, R_{Fn}), \quad (10)$$

де $S(A, R_A)$ - модель справного стану; $S(F_i, R_{Fi})$ – модель i -го стану.

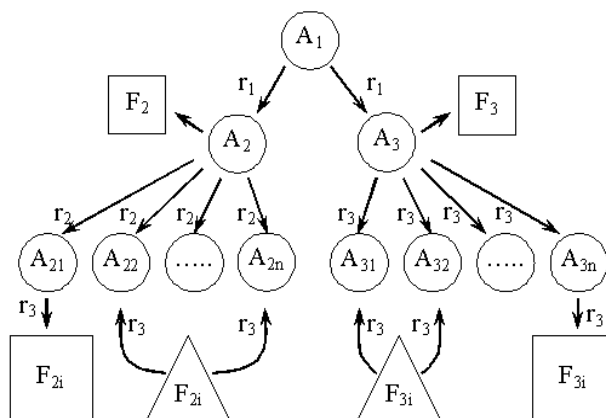


Рисунок 4 Семантична структурна модель автомобіля : A_1 – автомобіль; A_2 – автомобіль-тягач; A_3 – причіпний склад; A_{2n}, \dots, A_{3n} – елементи структури автомобіля

На рівні виробництва управління формуванням працездатності причіпного складу визначається технологічним процесом виготовлення й складання, що може вважатися джерелом дефектних деталей (вузлів), що піддавалися відбраковуванню за результатами спостереження інформаційно-вимірювальних систем контролю й діагностики. Технологічний процес представляється у вигляді сукупності структурних схем виготовлення кожної деталі або складання вузла – рис. 5 й еквівалентного їм інформаційного графа (рис. 6).

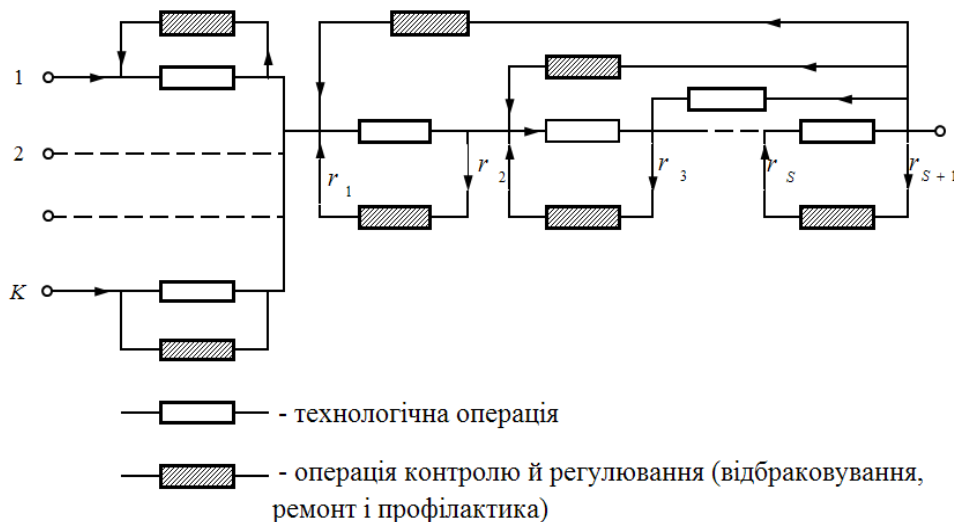


Рисунок 5 Структурна схема виготовлення деталі або складання вузла

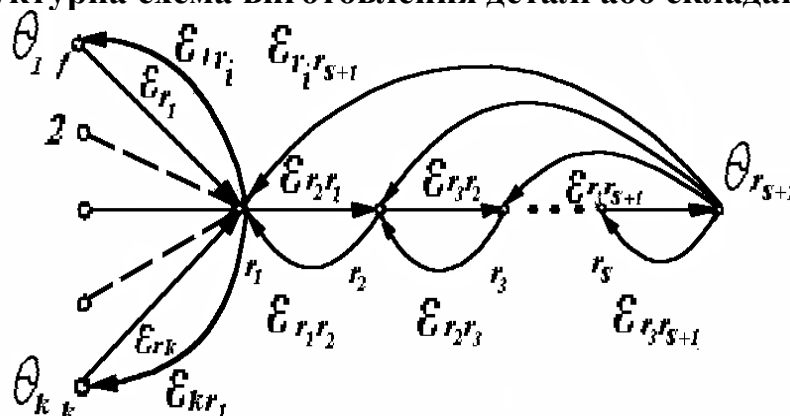


Рисунок 6 Інформаційний граф виготовлення деталі або складання вузла

Розроблено моделі надійності технологічного процесу виготовлення й складання, урахування оперативно складних умов (у вигляді обмеження на ймовірності операції), алгоритми оптимального визначення ймовірностей використовуються в системі управління (рис. 7), що включає підсистеми контролю й діагностування 7, обчислювальний комплекс 4 з підсистемами нагромадження, обробки, аналізу, прийняття й видачі керуючого впливу 4.1 й 4.2, підсистеми складання, ідентифікації оперативної інформації про технологічний процес 2 - 3, а також зовнішньої (експертної або рекламційної) інформації зі сфери експлуатації 5. Вимоги до підсистем 2 й 3 принципово відмінні від вимог до традиційних систем збору даних про відмови. Вони є основою для визначення форми прояву відмов (дефектів), установлення їхніх технологічних причин з метою напрацювання заходів щодо їхнього попередження. На підставі переліку ознак дефектів, що відповідають вимогам вірогідності й повноти, розроблено засоби контролю й системи діагностування, а також чіткий класифікатор форм прояву відмов і дефектів.

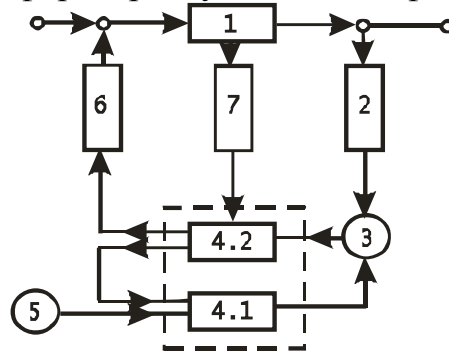


Рисунок 7 Схема системи управління технологічним процесом виробництва автомобільних тягачів і причепів

Система контролю й діагностування стає замкнутою і діючою, комплексно вирішує цільові завдання тільки у тому випадку, коли забезпечується вирішення проблеми діагностування на всіх етапах життєвого циклу виробів. При цьому велике значення мають глибина й ймовірність діагностування з урахуванням підвищення контролепридатності транспортних засобів завдяки використанню устаткування, убудованих датчиків й апаратури. Виходячи із цього, на етапі проектування доцільно рекомендувати: проектувати весь автомобіль із урахуванням контролепридатності; документацію на систему технічного діагностування зробити складовою частиною проектної документації на автомобіль; вивчити як сам об'єкт діагностування, так і його дефекти, їхні ознаки, прояви, симптоми; розглянути модель справного об'єкта, модель несправних модифікацій, що виникають у результаті технологічних порушень на стадії виробництва й експлуатаційних ситуацій; розробити систему діагностування, алгоритм, технологію.

При виробництві система управління технологічними процесами контролю має передбачати чотири контури. За першим контуром контролюються геометричні параметри й розміри виготовлених на заводі деталей, а також здійснюється вхідний експрес-діагноз вузлів, що надходять від постачальників. Завдання цього контуру - не допустити до складання браковані деталі з відхиленнями від технічних умов. Другий контур має здійснювати

діагностичний контроль зварених вузлів, що надходять зі стапелів. За третім контуром необхідно контролювати складальні вузли. Діагностичне настроювання експлуатаційних якостей гальмової й ходової системи виконується на стендах з біговими барабанами за четвертим контуром. Між контурами здійснюється зворотний зв'язок для оперативного усунення несправностей, компенсації спрацювань і налагодження технологічного оснащення й устаткування. Етап експлуатації автомобіля передбачає тісний зв'язок системи сервісу з виробником рухомого складу (рис. 8).



Рисунок 8 Система забезпечення експлуатаційної надійності автомобілів

Використовуючи бортові системи контролю технічного стану, виконується процес обов'язкових робіт, що передбачають кріпильні, мастильні й діагностичні роботи. Наявність зовнішніх комп'ютерних систем має забезпечувати процес пошуку несправностей і можливих відмов у різних елементах агрегатів, вузлів і систем автомобіля. Повна інформація про стан і робочі процеси автомобіля збирається в банк даних на діагностичних комплексах сервісу, що використовують стаціонарні комп'ютеризовані системи. З огляду на складні умови експлуатації автомобілів і різні режими роботи, процес виконання обов'язкових робіт прогнозується по бортовим комп'ютерам і перевіряється стаціонарним комплексом сервісу. Рухомий склад, конструкція якого не передбачає бортових систем контролю, обслуговується за інформацією стаціонарних сервісних систем з урахуванням рекомендацій заводів-виробників.

Висновки

1. Основні пропозиції по коректуванню структури "Положення-94" повинні бути спрямовані на більш чітке обґрунтування його призначення, логічну побудову розділів і підрозділів відповідно до технології нової системи ТО і ремонту автомобілів, введення додаткового матеріалу по контрольно-

діагностичному устаткуванню, що є основою для одержання діагностичної інформації.

2. При удосконалюванні змісту "Положення-94" необхідно уточнити принципи питання нової концепції побудови системи профілактичного обслуговування і ремонту рухливого складу автотранспорту; розмежувати питання довгострокового й оперативного планування ТО і ремонту; привести приклади розрахунків по коректуванню нормативів ТО і ремонту рухомого складу з указівкою всіх необхідних коефіцієнтів; привести інформаційні і метрологічні вимоги до контрольно-діагностичного устаткування.

3. Для широкого впровадження нової системи ТО і ремонту автомобілів повинні використовуватися методики вибору раціонального варіанта організації діагностичних робіт для конкретних підприємств, форм розвитку виробничо-технічної бази для реалізації на них нових технологічних процесів.

4. Впровадження системи підтримки рухомого складу в працездатному стані на базі діагностичної інформації дозволить підвищити безпеку руху, скоротити витрату палива і знизити токсичність газів, що відробили, зменшити потребу в кваліфікованій робочій силі і витрати на запасні частини.

Література

1. 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.

2. Аулін В.В., Головатий А.О., Сандул В.В. Оптимальність та перспективність застосування основних стратегій технічного обслуговування і ремонту транспортних засобів. Актуальні задачі сучасних технологій: зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 17–18 листоп. 2016) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін]. – Тернопіль: ТНТУ, 2016. – С.95-96.

3. Аулін В.В., Гриньків А.В., Бруцький О.П. Прогнозування діагностичних параметрів технічного стану систем і агрегатів транспортних засобів. Вісник інж. академії України. – 2016. – №4. – С. 202-206.

4. Аулін В.В., Гриньків А.В. Формування раціональної кількості діагностичних параметрів засобів транспорту, що експлуатуються у сільськогосподарському виробництві. Матеріали Х міжнародної науково-практичної конференції "Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 23-25 жовтня 2017 р.: збірник наукових праць. – Вінниця: ВНТУ, 2017. – С.18-21.

5. Аулін В.В., Замота О.М. Економічна ефективність системи технічного обслуговування і ремонту мобільної сільськогосподарської та автотранспортної техніки з елементами прогнозування. Актуальні задачі сучасних технологій. Збірник тез доповідей Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів, (Тернопіль, 16–17 листопада 2017 р.). Том III. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017. – С.16-17.

6. Аулін В.В., Гриньків А.В. Метод визначення тенденцій зміни

технічного стану засобів транспорту з використанням критеріїв статистичної інформативності та відносної чутливості. Зб. тез доповідей V Міжнародної науково-технічної конференції "Крамаровські читання" 22-23 лют. 2018 р., м. Київ / НУБіП. – К.: Видавничий центр НУБіП України, 2018. – С. 132-135.

7. Аулін В.В., Замота Т.Н., Замота О.Н., Гриньків А.В. Техніко-економічне обґрунтування переваг інтелектуальної стратегії технічного обслуговування та ремонту легкового автомобіля. Вісник інж. академії України. – 2017. – №4. – С.50-56.

8. Аулін В.В., Гриньків А.В., Голуб Д.В., Агапоненко М.І. Розробка критерію вдосконалення системи технічної експлуатації засобів транспорту з врахуванням необхідної діагностичної інформації. Міжвузівський збірник "Наукові нотатки". – Луцьк: Луцький НТУ, 2018. – №62. – С.17-20.

9. Аулін В.В., Замота Т.М., Гриньків А.В., Замота О.М., Чернай А.Е. Переваги інтелектуальної стратегії технічної експлуатації з точки зору економічної ефективності. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. - 2018. - Вип. 192. - С. 29-40.

10. Аулін В.В., Гриньків А.В. Методи виявлення та діагностики несправностей систем та агрегатів машин. Матеріали 1ої Міжнародної науково-практичної конференції "Підвищення надійності машин і обладнання. Increase of Machine and Equipment Reliability", 17-19 квітня 2019 р. – Кропивницький : ЦНТУ, 2019. – С.188-190.

11. Аулін В.В., Гриньків А.В., Головатий А.О. Системна концепція аналізу автотранспортної техніки та зміни її технічного стану під час експлуатації. Матеріали VIII-ої міжн. наук.-практичної інтернет-конф. «Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту», 14-15 квітня 2020 року: зб. наук. праць / МОН України, ВВНТУ [та інш.]. – Вінниця: ВНТУ, 2020. – С.20-22.

12. Аулін В.В., Гриньків А.В., Головатий А.О. Рівні завдань та структура функціонування системи технічного сервісу транспортних машин. Інноваційні технології розвитку машинобудування та ефективного функціонування транспортних систем: матеріали II Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції 25-27 березня 2020 р. Рівне : НУВГП, 2020. С. 123-125.

УДК 621.43

**АНАЛІЗ ФАКТОРІВ НА ВИКИДИ ОКСИДІВ АЗОТУ
ПРИ ВИКОРИСТАННІ ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА
ДЛЯ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ**

Колодницька Р.В. к.т.н., доц.

Державний університет "Житомирська політехніка"

Abstract

The trend of using the alternative fuels is increasing because it is global warming. For example, biodiesel improves the balance of carbon dioxide on the planet and reduces soot emissions compared with diesel fuel. But using of biodiesel in internal combustion engines tends to show higher nitrogen oxides emissions compared with diesel. The impact of flame temperature, ignition delay and density of the fuel on NOx formation were analysed. Emissions of nitrogen oxides increase with increasing load. In no-load modes, biodiesel shows lower emissions of nitrogen oxides than diesel.

Keywords: automotive transport; nitrogen oxides; biodiesel; ignition delay; flame temperature

Вступ

Українські науковці прикладають великі зусилля для того, щоб транспорт в Україні був "зеленим", розвиваючи перспективні методи зменшення екологічного навантаження автомобільного транспорту на довкілля. Автомобілі, що використовують дизельне паливо, мають великі викиди оксидів азоту, сажі і також канцерогенів, що впливає на здоров'я населення і особливо дітей. Заборона дизельних двигунів, які ще й мають великі викиди вуглекислого газу в деяких країнах Європи, приводять до того, що автомобілі з цими двигунами все більше і більше продаються в Україні. На даний момент в Україні біля 80% автобусів мають вік більший, ніж 10 років. Дизельне біопаливо (біодизель) використовується в Європі як добавка до дизельного палива з тим, щоб зменшити викиди вуглекислого газу, а також канцерогенів. Біопаливо, що виготовлене з рослинної олії, що була у вжитку, а також з залишків тваринного жиру використовується в Лондоні, Великобританія у 9 500 автобусах. З цього року Великобританія почала застосовувати в якості палива для міських автобусів дизельне біопаливо, що виготовлене із залишків кави. Для роботи одного автобуса на біопаливі (B20) у суміші з дизельним паливом цілий рік потрібно всього 2,55 млн чашок кави. Оскільки дизельне біопаливо має підвищені викиди оксидів азоту, моделювання викидів оксидів азоту від автомобільного транспорту - досить актуальна задача. Вирішити цю задачу неможливо без розуміння процесів, що відбуваються у двигунах внутрішнього згоряння.

Аналіз попередніх досліджень

Теоретичне і експериментальне дослідження викидів оксидів азоту при використанні дизельного палива та біопалива розглянуто в роботах [1-10]. Аналіз впливу факторів на викиди оксидів азоту при використанні палив, що містять кисень, зроблений в [1]. В роботі [2] розглянуто вплив окремих

молекул, що входять до складу біодизельного палива на викиди оксидів азоту. Деякі аспекти розпилування, випаровування та згоряння дизельного біопалива показані в роботах [3-9].

Викиди оксидів азоту у великій степені залежать від температури у камері згоряння і також від концентрації кисню, який присутній у продуктах згоряння [10]. Більші викиди оксидів азоту від біодизельного палива пояснюють в основному тим, що це паливо, як правило, має трішки меншу затримку займання, ніж дизельне паливо. Ця менша затримка займання підвищує максимальні температури і тиск у циліндрі. Все це пов'язано з вищим цетановим числом палива, що, як правило, має біодизельне паливо у порівнянні з дизельним паливом.

Дослідження, що проведені з двигунами Cummins для суміші B35 показують, що оксиди азоту при використанні біодизельного палива збільшуються тільки для порівняно старих моделей двигунів (наприклад, Cummins 855). Для нових моделей двигунів (DDC series 60) викиди оксидів азоту були трішки меншими для біодизельного палива, ніж для дизельного палива. Викиди оксидів азоту відрізнялися для різних циклів випробування вантажівок з двигунами [10], що показано в таблиці 1.

Таблиця 1. Викиди оксидів азоту для дизельного палива (D2) і для суміші його з біодизельним паливом (B35) для різних циклів (DDC series 60)

WVU truck cycle			WVU 5-mi route cycle		
B35	D2	%	B35	D2	%
16.597	16.957	2.123017	16.631	17.986	7.533637

В роботі [2] показано, що за умови однакового часу впорскування, молекули з довгими ланцюжками жирної кислоти мали більші викиди оксидів азоту, ніж молекули з короткими ланцюжками. Деякі молекули мають тенденцію утворювати більші викиди як частинок, так і оксидів азоту. Наприклад, це спостерігалось у випадку ненасичених молекул (з подвійними зв'язками), коли як NO_x , так і викиди частинок збільшувалися зі збільшенням ступені ненасиченості [2,8]. Як показали експерименти, поліненасичений метиловий ефір (C18:3) виробляє найбільшу кількість оксидів азоту, що ще раз підтверджує той факт [8], що молекули з більшою затримкою займання виробляють більшу кількість оксидів азоту. Отже, експерименти доводять, що викиди оксидів азоту збільшуються зі збільшенням кількості подвійних зв'язків, якщо затримка займання не змінюється спеціально.

Як відомо, за постійного навантаження (чи то буде фіксований початок впорскування, чи початок згоряння), затримка займання корелює з викидами NO_x . Але механізм цього впливу ще не зовсім зрозумілий. Оптична діагностика [2] показала, що оксиди азоту формуються не на ранніх швидких стадіях згоряння (premixed combustion phase), а на пізнішій стадії дифузійного згоряння. Деякі дослідники вважають, що при швидкому згорянні збагачених палива за низьких температур одержуються значні викиди оксидів азоту. Також було показано, що коли більша доля палива згорає при швидкому

початковому режимі згоряння, це може привести до підвищення глобальної температури газу в циліндрі, що приводить до більшого формування оксидів азоту.

Значний вплив на викиди NO_x має в'язкість палива. Аналіз робіт, де проаналізовано викиди NO_x як функцію в'язкості і виявлено збільшення NO_x з підвищенням в'язкості за низьких температур, зроблено в [8]. Оскільки кінематична в'язкість біодизеля більша, ніж у дизельного палива, це зменшує витоку палива під час впорскування і призводить до підвищення тиску, а також до просунутого часу впорскування. Просування часу впорскування сприяє збільшенню маси палива, що вводиться, що, у свою чергу, призводить до збільшення викидів NO_x . Отже, можна досягти зниження викидів NO_x приблизно на 3,52% при зниженій в'язкості соєвого метилового ефіру до рівня нафтового дизельного палива.

Хоча кількість публікацій щодо дизельного палива за останні 15 років зросла експоненціально, але все ще мало приділено уваги дослідженню впливу різних факторів на викиди оксидів азоту при згорянні палива.

Постановка проблеми

Для зменшення шкідливих викидів від автомобільного транспорту з ДВЗ потрібно глибоке розуміння процесів самозаймання та згоряння палива. Самозаймання палива характеризується двома основними параметрами: початкова температура (мінімальна температура, за якої може відбуватися процес самозаймання палива) і затримка займання (час між впорскуванням палива і його займанням). Ці параметри залежать від тиску в камері згоряння, типу і хімічного складу палива та інш. Хімічна кінетика самозаймання включає в себе біля 1000 хімічних реакцій і біля сотні компонентів палива. Додаткові труднощі полягають в тому, що ми не знаємо коефіцієнтів швидкості всіх реакцій, і вирішення цієї задачі потребує багато часу і коштів, оскільки часто пов'язано з використанням суперкомп'ютера. Дослідники працюють над тим, щоб зменшити кількість рівнянь, які описують згоряння дизельного палива у двигунах внутрішнього згоряння.

Для вирішення проблеми зниження викидів оксидів азоту при використанні дизельного біопалива для автомобільного транспорту є важливим глибоке розуміння факторів, що впливають на ці викиди і можливість управління ними.

Мета та завдання

Мета даної роботи: проаналізувати вплив різних факторів на утворення оксидів азоту у ДВЗ автомобільного транспорту при використанні дизельного біопалива. Завдання даної роботи: визначення кореляцій між викидами оксидів азоту, густиною палива, температурою полум'я та затримкою займання палива.

Результати вирішення основних завдань проблеми

Викиди NO від згоряння палива у ДВЗ можна підрахувати, використовуючи наступне рівняння [1]:

$$\frac{d[\text{NO}]}{dt} = 2k[\text{O}][\text{N}_2], \quad (1)$$

де $[NO]$ – концентрація окислу азоту; $[O]$ – концентрація атомарного кисню; $[N_2]$ – концентрація молекул азоту; k – коефіцієнт швидкості реакції.

Коефіцієнти швидкості реакцій можна описати за допомогою рівняння Арреніуса:

$$k = AT^\beta \exp[-E/(R_0T)], \quad (2)$$

де E – енергія активації; R_0 – газова постійна; T – температура, К; A та β – постійні.

Завдяки сильній залежності від температури термічні викиди NO в основному ігноруються за температури менше, ніж 1800К. Мюллер та ін. [1] відмічає, що термічні викиди NO_x мають тенденцію до збільшення при збільшенні 1) температури в циліндрі; 2) часу перебування суміші в циліндрі за високої температури; 3) концентрації атомів кисню та N_2 .

1. Вплив різних факторів на утворення оксидів азоту

В даній роботі проаналізовано вплив температури полум'я, густини палива, затримки займання палива на термічне утворення NO_x у ДВЗ.

1.1. Вплив температури полум'я

Як правило, температуру газів в циліндрі двигуна оцінюють за допомогою рівняння ідеального газу. Наприклад, в [1]:

$$T = \frac{pV}{nR_0}, \quad (3)$$

де p – вимірний тиск в циліндрі; V – об'єм циліндру; N – кількість молів; R_0 – універсальна газова константа ($R_0 = 8.314$ Дж/моль/К).

Під адіабатичною температурою полум'я розуміють температуру суміші під час горіння за постійного тиску без перетворення тепла і без зміни кінетичної чи потенційної енергії. Ця температура для вуглеводневих палив тісно пов'язана з відношенням C/H . Якщо це відношення збільшується, то збільшується і температура полум'я. Формування CO_2 потребує більше енергії, ніж формування H_2O . Таким чином, для описання впливу складу вуглеводнів (включаючи подвійні зв'язки) на температуру полум'я можна використовувати відношення C/H . Але для біодизельних палив це відношення може бути менш точним. Мюллер та ін. [1] рекомендує для палив, що містять кисень, використовувати наступне відношення:

$$\frac{C}{H_{eff}} = \frac{C - \frac{1}{4}O_+ - \frac{1}{2}O_-}{H}, \quad (3)$$

де O_+ та O_- – кількість атомів кисню з одинарними і подвійними зв'язками.

Використовуючи (3), $(C/H)_{eff}$ складає 0.552 та 0.522 для дизельного та біодизельного палив, відповідно.

Для умов експериментальних досліджень в одноциліндровому двигуні [1] (тиск газу 63 бари, температура палива 95°C, початкова температура повітря 910 К) одержуємо температури адіабатичного полум'я для різних палив та складових компонентів (молекул) біодизельного палива, що показані у табл. 2.

Таблиця 2. Температури адіабатичного полум'я T_{ad} для палив і їх компонентів.

Паливо	$(C/H)_{eff}$	T_{ad} , К
C16:0	-	2660
C18:0	-	2665
C18:1	-	2670
C18:2	-	2680
C18:3	-	2700
B100	522	-
D2	552	2700

Отже, температура адіабатичного полум'я для компонентів (молекул) біодизельного палива є меншою, ніж для дизельного палива. Звідси слідує, що можемо очікувати меншу температуру полум'я для біодизеля (B100), ніж для дизельного палива.

В роботі [4] було зроблено припущення, що середня температура газів в циліндрі під час згоряння палива буде на 80К більша, ніж температура, що одержана для ідеального циклу. Таке припущення приводить до наступної розрахункової формули адіабатичної температури полум'я T_f :

$$T_f = 298.15 \times r^{0.3} + 80, \quad (4)$$

де r - коефіцієнт стиснення.

Одержана в результаті розрахунків за формулою (4) адіабатична температура полум'я при згорянні дизельного палива, що складає 783. 6К (при використанні коефіцієнта стиснення $r = 17.5$), видається нам занадто низькою. Можливо, припущення, що було зроблено в роботі [4] не є правомірним.

1.2. Вплив густини палива

Густина біодизельного палива більша, ніж дизельного палива. Моделювання густини дизельного біопалива, а також молекул, з яких складається це паливо, викладено в монографії [7]. Випаровування біодизельного палива детально розглянуто в монографії [6]. Вплив густини палива на викиди оксидів азоту розглянуто в роботі [4]. Розпилення палива високої густини є гіршим, ніж палива низької густини, що призводить до збільшення діаметра крапель палива. Це збільшує фізичну затримку займання палива, що представляє собою час від початку впорскування палива до досягнення умов хімічної реакції. У цей період паливо розпилюється, випаровується, змішується з повітрям і температура піднімається до температури самозаймання. Більша фізична затримка збільшує максимальний тиск під час початкової частини процесу горіння, отже, пікова температура також збільшується, що в свою чергу збільшує концентрацію NOx.

В даній роботі для розрахунку густини компонентів (молекул) дизельного палива використовувалась методика, що викладена в монографіях [6,7].

1.3. Вплив затримки займання палива

Моделювання затримки займання для молекули біодизельного палива з числом атомів вуглецю, що дорівнює 10 без подвійних зв'язків (C10:0) за тиску 20 атм, що входить до складу біодизельного палива, виконано в роботі [9]. Було

зроблено висновок, що затримка займання залежить від цетанового числа тільки за низьких та середніх температур, а за високих температур затримка займання не залежить від цетанового числа.

Спостерігалася наступна загальна тенденція, яка заключається в тому, що палива з кращою здатністю до запалювання (більшим цетановим числом), мають менші викиди оксидів азоту, тому що вони мають коротшу довжину LOL (lift off length), а значить і більш багату суміш і менше виділеного тепла під час займання палива [1]. Палива із більшим цетановим числом мають тенденцію бути більш насиченими, тобто вони мають менше відношення С/Н і нижче значення адіабатичної температури полум'я, значить і менші викиди оксидів азоту.

Затримку займання молекул біодизельного палива оцінювалася за залежностями, що приведені в [9].

2. Моделювання викидів оксидів азоту для стаціонарних двигунів та автомобільних двигунів

В роботі [4] розглядається окремо моделювання оксидів азоту для стаціонарного двигуна та автомобільного двигуна. Розрахунок викидів оксидів азоту (ppm) для двигунів автомобіля можна виконати, використовуючи наступну кореляцію [4]:

$$NEI = 20956.69 \times \rho_f [(1 + C(-9.91/1000 L^2 + 1.608L - 18.431))] * \exp(2.9 * ID - 19.627) * \exp(4626.44/T_{fl}) \quad (5)$$

де ρ_f - густина палива [кг/ м³]; L - навантаження [%]; ID - затримка запалювання [мс]; T_{fl} - температура полум'я [К]; $C = 1$ для умов навантаження, % ($C = 0$ без навантаження).

Розрахунок викидів оксидів азоту (ppm) для стаціонарного двигуна:

$$NEI = 20956.69 \times \rho_f [(1 + C(-5.740/1000 L^2 + 0.0995L - 0.603))] * \exp(0.948 * ID - 18.83) * \exp(4626.44/T_{fl}) \quad (6)$$

Без врахування навантаження формули спрощуються. Для стаціонарного двигуна рівняння (5) приймає вигляд:

$$NEI = 20956.69 \times \rho_f * \exp(0.948 * ID - 18.83) * \exp(4626.44/T_{fl}) \quad (7)$$

Для автомобільного двигуна рівняння (6) приймає вигляд:

$$NEI = 20956.69 \times \rho_f * \exp(2.9 * ID - 19.627) * \exp(4626.44/T_{fl}) \quad (8)$$

Як видно із порівняння рівнянь (5), (7) та (6), (8) різниця міститься в затримці займання палив. Дослідники [4] вважають, що затримки займання одного і того ж палива мають бути різними в умовах стаціонарних двигунів і автомобільних двигунів. Такий висновок вони зробили із порівняння викидів оксидів азоту цих двигунів. Затримка займання в роботі [4] знаходилася, виходячи із викидів NO_x, а також із допущення, що активаційна енергія формування NO_x постійна для всіх палив і рівна 38,465.61 Дж/моль.

В таблицях 3, 4 показані затримки займання та викиди NO_x за різних навантажень у випадку використання стаціонарного двигуна та автомобільного двигуна, відповідно. Таблиці містять дані, що були одержані в [4]. Порівняння викидів NO_x показано на рис.1.

Таблиця 3. Затримка займання (ID) та викиди NOx (стаціонарний двигун)

Навантаження, %	Дизельне паливо, ID (мс)	NOx (ppm)	Біодизель (CVRME)	NOx (ppm)
0	1.74	252	1.68	246
25	1.72	478	1.64	453
50	1.67	534	1.59	825
75	1.63	993	1.55	952
100	1.59	940	1.52	986

Таблиця 4. Затримка займання (ID) та викиди NOx (автомобільний двигун)

Навантаження, %	Дизельне паливо, ID (мс)	NOx (ppm)	Біодизель	NOx (281ppm)
0	0.96	273	0.92	281
20	0.52	811	0.501	847
40	0.317	1041	0.304	1106
60	0.207	1343	0.198	1475
80	0.143	1384	0.137	1565
100	0.104	1116	0.099	1192

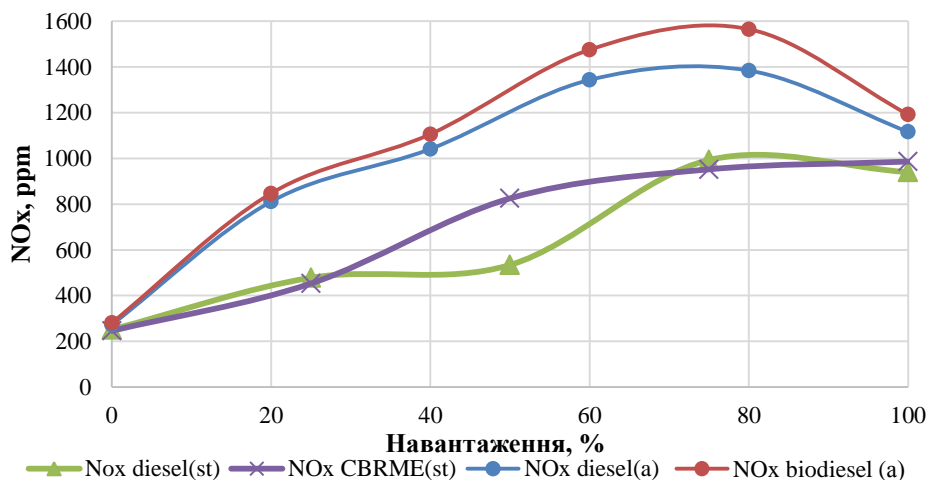


Рисунок 1 Порівняння викидів NOx для дизельного (diesel) та біодизельного палива (biodiesel, CBRME) для стаціонарного двигуна (st) та автомобільного двигуна (a)

Як видно з рис.1 викиди оксидів азоту ростуть зі збільшенням навантаження як для дизельного палива так і для біодизельного палива. Максимальні викиди для двох палив спостерігаються в діапазоні навантаження 60-80%. В режимах без навантаження, як показано у дослідженні [4], біодизельне паливо має менші викиди NOx, ніж дизельне.

Висновки

1. Температура полум'я, затримка займання та густина палива – важливі фактори, що впливають на утворення оксидів азоту в ДВЗ автомобільного транспорту.

2. Викиди оксидів азоту збільшуються зі збільшенням навантаження. В режимах без навантаження біодизельне паливо показує менші викиди оксидів азоту, ніж дизельне паливо.

3. Оскільки біодизельні палива мають менші значення затримки займання, ніж дизельне паливо, це являється тим фактором, що зменшує викиди оксидів азоту.

4. Підвищення температури полум'я сприяє формуванню більшої кількості викидів оксидів азоту. Розрахунок температури полум'я дизельних біопалив і їх компонентів потребує додаткових досліджень.

Література

1. Mueller CJ, Boehman AL, Martin GS. (2009). An experimental Investigation on the Origin of Increasing NOx Emissions When Fuelling a Heavy-Duty Compression Engine with Soy biodiesel. SAE. 2009-01-1792. pp. 1-28.

2. Schonborn A., Ladommatos N., Williams J., Allan R., Rogerson J. (2009). «The influence of molecular structure of fatty acid monoalkyl esters on diesel combustion», Combustion and Flame, No. 156, pp. 1396 – 1412.

3. T. Kaya, O. A. Kutlar and O. O. Taskiran, Evaluation of the partially premixed compression ignition combustion with diesel and biodiesel blended diesel at part load condition, Engineering Science and Technology, an International Journal, <https://doi.org/10.1016/j.jestch.2020.07.011>

4. Saravanan, Subramani & Govindan, Nagarajan & Anand, S. & Sampath, Shobana. (2012). Correlation for thermal NOx formation in compression ignition (CI) engine fuelled with diesel and biodiesel. Energy. 42. 401–410. 10.1016/j.energy.2012.03.028.

5. Колодницька Р.В. Процеси випаровування та згоряння дизельного біопалива у двигунах внутрішнього згоряння: монографія. /Р.В. Колодницька. – Житомир : ЖДТУ, 2018. – 192 с.

6. Колодницька Р.В. Розпилювання дизельного палива та біопалива у двигунах внутрішнього згоряння: монографія. / Р.В. Колодницька. – Житомир: ЖДТУ, 2017. – 210 с.

7. Гутаревич Ю.Ф. Розрахункові дослідження впливу рециркуляції відпрацьованих газів на утворення оксидів азоту при застосуванні комбінованого методу регулювання потужності сучасного бензинового двигуна / Гутаревич Ю.Ф., Карев С.В. // Вісник НТУ. – К : НТУ. – 2012. – Вип. 26., – С. 133–138.

8. Колодницька Р.В. Викиди оксидів азоту при використанні дизельного біопалива. //Вісник Житомирського державного технологічного Університету – Житомир: ЖДТУ № 2 (82) 2018 р. Технічні науки. – С.63 – 68.

9. Колодницька Р.В. Моделювання затримки займання дизельного біопалива в ДВЗ автомобільного транспорту / Р.В. Колодницька, О.П. Кравченко // Наукові праці Міжнародної науково-практичної конференції присвяченої 90-річчю Харківського автомобільно-дорожнього університету та 90-річчю автомобільного факультету "Сучасні тенденції розвитку автомобільного транспорту та галузевого машинобудування" (16-18 вересня 2020 р.). – Х.: ХНАДУ, 2020. - С. 239-241.

УДК 004.89:656.13:658.5

**ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ЕЛЕМЕНТИ ЕКСПЕРТНИХ СИСТЕМ В ГАЛУЗІ
ТРАНСПОРТУ І ВИРОБНИЦТВА**

Аулін В.В., д.т.н., проф.,

Гриньків А.В., к.т.н.,

Лівіцький О.М., здоб.,

Кернус Р.О., ст.

Центральноукраїнський національний технічний університет

Abstract

Development of expert systems with use of elements of technologies of creation of artificial intelligence is considered. Comparative analysis revealed differences between artificial intelligence systems and conventional software systems. The classification of expert systems on various grounds is given. The stages of their existence and the scales that characterize the complexity of the tasks are highlighted. The tools of development of intelligent expert systems are allocated. The structure of the process of decision making in expert systems is indicated, a number of aspects of realization of technology of creation of intelligent expert systems are allocated. Three main principles of designing intelligent expert systems are given and the main requirements are formulated.

Key words: expert systems, intelligent elements, artificial intelligence, efficiency, structured approach.

Вступ

На сьогоднішній день відпрацьованими є елементи технології створення штучних інтелектуальних систем на прикладі розробки експертних систем (ЕС). Зазначимо, що ЕС отримали вельми широке поширення в багатьох сферах людської діяльності, в т.ч. на транспорті і у виробництві, а технології їх створення мають універсальний характер і не вимагають апаратних реалізацій [1-3].

ЕС – це можуть бути складні програмні комплекси, що акумулюють знання фахівців в конкретних предметних областях і тиражують цей емпіричний досвід для консультацій менш кваліфікованих користувачів [4]. В більш ранніх ЕС не було можливості врахувати зміну знань, що накопичувалися при розв'язанні певних проблем і завдань. Це так звані статичні ЕС. Типові статичні ЕС містять наступні основні компоненти: базу знань; робочу пам'ять; вирішувач (інтерпретатор); систему пояснень; компоненти придбання знань; інтерфейс з користувачем.

База знань ЕС призначена для зберігання довгострокових даних. Ці дані описують досліджувану область, а також формуються і правила, що описують доцільні перетворення даних цієї області. База даних (робоча пам'ять) служить для зберігання поточних даних розв'язуваного завдання (проблеми). Інтерпретатор особа або система, що набирає послідовність необхідних правил та виконує їх обробку на основі наявних даних в БЗ. Відображення системи розв'язку конкретного завдання (проблеми), а також відповідних знань, що для нього використовувались займається система пояснень. Це полегшує

тестування системи і підвищує довіру користувача до отриманого результату.

Необхідні елементи накопичення знань потрібні і для накопичення ЕС відповідними знаннями за допомогою діалогових форм з експертом-користувачем, а також для корегування вже наявних знань.

Мета та завдання

Метою даної роботи є з'ясувати сутність, класифікацію та принципи побудови експертних систем з інтелектуальними елементами.

Для реалізації мети розв'язувались наступні завдання:

1. Порівняльний аналіз систем штучного інтелекту і програмних систем.
2. Класифікація експертних систем.

Результати та вирішення основних завдань

Розробкою ЕС займаються високо-кваліфіковані спеціалісти різнорідних областей:

- експерти проблемної області, до якої відносяться завдання;
- аналітики, які є фахівцями з розробки інтелектуальних транспортних (ІТС) і виробничих (ІВС) систем;
- програмісти, які здійснюють реалізацію ЕС.

Експерти постійно оновлюють знання в ЕС, а також здійснюють перевірку та оцінку результатів, які отримано. В свою чергу аналітики постійно допомагають експертам отримувати важливі залежності та проводити структурування знань, що важливі для роботи ЕС. Аналітики також проводять аналіз відповідно до поставлених знань, самостійно підбирають підходи для обробки даних, знань, а також формують інструментальний апарат для ЕС. Програмісти потім оновлюють або заново формують програмне середовище ЕС відповідно до рекомендацій експертів та аналітиків.

Створення інтелектуального програмного забезпечення для ІТС і ІВС суттєво відрізняється від розробки традиційних програм з використанням відомих алгоритмічних мов (табл. 1).

Таблиця 1 Відмінності систем штучного інтелекту від звичайних програмних систем

Характеристика	Програмування в системах штучного інтелекту	Традиційне програмування
Тип обробки	Символьне	Числове
Метод	Евристичний пошук	Точний алгоритм
Задання кроків рішення	Неявне	Явне
Шукане рішення	Раціональне	Оптимальне
Управління і дані	Змішане	Роздільне
Знання	Неточне	Точне
Модифікації	Часті	Рідкісні

Будь-яка ЕС повинна мати, принаймні, два режими роботи. Під час формування знань експерт коректує та додає дані в систему, що в майбутньому дають можливість ЕС автоматично розв'язувати певні завдання (проблеми) з певної прикладної області. Експерт дає інформацію у вигляді опису проблемних областей певних даних та бази правил. Дані дають характеристику

конкретної області або завданню. Правила визначають взаємні зв'язки, що існують між даними, і способи маніпулювання даними, характерні для даного класу завдань.

У режимі консультації користувач ЕС повідомляє системі конкретні дані про розв'язуване завдання і прагне отримати з її допомогою результат. Користувачі-неспеціалісти звертаються до ЕС за результатом, не вміючи отримати його самостійно. Користувачі-фахівці використовують ЕС для прискорення і полегшення процесу отримання результату. Слід підкреслити, що термін "користувач" є багатозначним, оскільки використовувати ЕС можуть і експерт, і аналітик, і програміст. Тому, коли хочуть підкреслити, що мова йде про те, для кого розроблялася ЕС, використовують термін "кінцевий користувач".

В консультаційному режимі необхідні дані про конкретне завдання надаються в оперативну пам'ять. Інтерпретатор або вирішувач ґрунтуючись на вхідних даних з оперативної пам'яті і бази правил ЕС пропонує рішення. Особливістю ЕС є те, що вони як комп'ютерні програми при вирішенні прикладного завдання (проблеми) виконують необрану послідовність операції, а також їх сама формує.

На даний час є значна кількість класів програмних додатків, в рішеннях яких необхідно виконувати зміни, що здійснюються в зовнішньому середовищі підчас реалізації програмного продукту. Для вирішення таких завдань (проблеми) необхідно застосовувати динамічні ЕС, які поряд з компонентами статичних систем містять підсистему моделювання зовнішнього середовища і підсистему зв'язку з ним. Підсистема зовнішнього середовища необхідна для прогнозування, аналізу та адекватної оцінки його стану. Зміни в умовах поставленого завдання (проблеми) потребують динамічних змін знань в ЕС, щоб описати необхідну логіку реального світу та завдання (проблему).

ЕС класифікують за: програмним продуктом; станом розробки або існування; складністю або масштабністю; областю проблемного напрямку; можливістю при вирішенні завдань.

Тип додатку характеризується такими ознаками:

- можливість взаємодії додатка з іншими програмними засобами;
- можливість виконувати додаток і переносити його на різні платформи;
- архітектура додатку.

Зазначимо, що стадія існування ЕС характеризує ступінь завершеності її розробки. Прийнято виділяти наступні стадії ЕС:

– дослідницький прототип – вирішує представницький клас завдань (проблем) проблемної області, але може бути нестійкий в роботі і не повністю перевірений;

– діючий прототип дає можливість ефективно розв'язувати поставлені завдання, але при складних задачах споживає багато пам'яті та часу;

– виробнича система – забезпечує високу якість вирішення всіх завдань при мінімумі часу і пам'яті;

– комерційна система – придатна не тільки для використання розробником, а й для продажу різним споживачам [6].

Масштаб ЕС характеризує складність вирішуваних завдань і пов'язаний з типом використовуваного ПК. За цією ознакою розрізняють:

– малі ЕС – призначені для первинного навчання і проходження можливості застосування технології ЕС для розглянутого класу завдань;

– середні ЕС зазвичай інтегровані з певними БД, до їх складу входять незначний перелік додатків;

– великі ЕС в основному інтегровані з високо потужними електронними таблицями, БД та реалізуються на потужних серверах та спецкомп'ютерах;

– символні ЕС зазвичай реалізуються для певних досліджень, мають орієнтацію на аналіз символної інформації, функціонують на спецкомп'ютерах.

Область проблемного напрямку характеризує досліджувану область ЕС, має опис об'єктів з їх властивостями та розв'язуваних завдань (проблем). Дана інформація має чітку структуру даних, а розв'язок завдання (проблеми) представляється у вигляді: формул; правил; набору ітерацій і т.п.

У зв'язку з цим проблемне середовище визначається характеристиками відповідної предметної області і типів вирішуваних в ній завдань (проблем).

Ступінь новизни може бути різною і визначається видом знань, закладених в ЕС, і методами їх обробки. Для організації ефективного проектування та реінжинірингу потрібно формувати не лише самі проектні рішення, але і мотиви їх прийняття. ЕС, які вирішують завдання (проблеми) проектування, реалізують процедури виведення рішення і пояснення отриманих результатів;

Прогнозування являється передбаченням наслідків визначених подій або явищ на основі аналізу наявних даних. ЕС, які можуть прогнозувати різноманітні ситуації дають можливість логічно вивести імовірні наслідки з певною надійністю. При прогнозуванні ЕС в більшості випадків використовують динамічні моделі, в яких значення параметрів "підганяються" під задану ситуацію. Виведені з цих моделей наслідки складають основу для прогнозів з ймовірними оцінками.

Плануванням є побудова планів дій об'єктів, здатних виконувати деякі функції. Робота ЕС з планування заснована на моделях поведінки реальних об'єктів, які дозволяють проводити логічний висновок наслідків запланованої діяльності.

Експертні системи при навчанні виконують такі функції: діагностика помилок та підказування правильних рішень; акумулювання знань про гіпотетичного "учня" і його характерних помилок; діагностування слабкості в пізнаннях "учнів" і знаходження відповідних коштів для їх ліквідації. Системи навчання здатні планувати акт спілкування з "учнем" залежно від його успіхів передачі необхідних знань.

Підтримка прийняття рішень являється сукупністю процедур, що

забезпечує особа, яка приймає рішення, необхідною інформацією та рекомендаціями, що полегшують процес прийняття рішення. Такого роду ЕС надають допомогу фахівцям у виборі і/або генерації найбільш раціональної альтернативи з множини можливих при прийнятті відповідальних рішень.

Завдання (проблеми), що стосуються аналізу даних можливо віднести до діагностики та прийняття рішень. Завдання синтезу дають можливість здійснювати управління, проектування та стратегічного планування. Комбіновані завдання охоплюють моніторинг, навчання та прогноз.

Інструментальні засоби розробки інтелектуальних додатків мають наступні основні параметри:

- рівень використовуваної мови програмування;
- парадигми програмування і механізми реалізації;
- спосіб подання знань;
- механізми виведення і моделювання;
- затрати на придбання знань;
- технології розробки додатків.

Різноманітність способів подання знань в ЕС обумовлено тим, щоб з найбільшою ефективністю представити різні типи проблемних середовищ з найбільшою ефективністю. Зазвичай спосіб представлення знань в ЕС характеризують моделлю представлення знань. В якості типових моделей подання знань передусім є правила (продукції); фрейми (або об'єкти); семантичні мережі, логічні формули. Зазначимо, що інструментальні засоби, що мають у своєму складі більше однієї моделі подання знань є гібридними. Більшість з тимчасових засобів, як правило, використовує об'єктно-орієнтовану парадигму, об'єднану з парадигмою, орієнтованою на правила.

Розглянемо механізми формування висновку і моделювання ЕС. У статичних ЕС єдиним активним агентом, що змінює інформацію, є механізм її формування. У динамічних ЕС зміна даних відбувається не тільки внаслідок функціонування механізму виконуваних тверджень, але також у зв'язку зі змінами оточення завдання, які моделюються спеціальною підсистемою або надходять ззовні. Механізми формування висновку в різних середовищах можуть відрізнятися способами реалізації різноманітних процедур:

Структура процесу формування рішення в ЕС містить в собі наступне:

- побудова дерева доведення на основі навчальної вибірки (індуктивні методи придбання знань) і вибір маршруту на цьому дереві в режимі рішення завдання;
- компіляція мережі доведення зі специфічних правил в режимі придбання знань і пошук рішення на цій мережі в режимі вирішення завдань;
- генерація мережі доведення і пошук рішення в режимі розв'язання завдання, при цьому генерація мережі здійснюється в ході виконання операції зіставлення, що визначає пари "правило-сукупність даних", на яких умови цього правила задовольняються;
- в режимі вирішення завдань (проблем) ЕС здійснює вироблення

припущень; виконання міркувань щодо обґрунтування припущень; генерацію альтернативних мереж доведення; пошук рішення в цих мережах.

Пошук або вибір рішення в ЕС реалізується наступним чином:

– пошук виконується від даних до мети, а також від цілі до даних, що характеризує його двонаправленість;

– порядок перебору вершин в мережі доведення – "пошук в ширину", при якому спочатку обробляються всі вершини, безпосередньо пов'язані з поточною оброблюваною вершиною G ;

– "пошук в глибину", коли спочатку розкривається одна найбільш значуща вершина – G_1 пов'язана з поточною G_i , потім вершина G робиться поточною, і для неї розкривається одна найбільш значуща вершина G_2 і т.д.

Що стосується технології створення інтелектуальних ЕС, то можна виділити ряд наступних етапів:

– дослідження здійсненності проекту;

– розробка загальної концепції системи;

– розробка і тестування серії прототипів;

– розробка і випробування головного зразка;

– розробка і перевірка розширених версій системи;

– прив'язка системи до реального робочого середовища.

Проектування інтелектуальних ЕС засноване на трьох головних принципах:

1. Ефективність експертної системи обумовлена перш за все потужністю бази знань і можливостями її поповнення, а також використовуваними методами (процедурами) обробки інформації.

2. Знання, що дозволяють експерту (або експертній системі) отримати якісні та ефективні рішення завдань (проблем), є в основному евристичними, емпіричними, невизначеними, правдоподібними.

3. Активність діалогу користувача з ЕС під час її роботи дає можливість користуватися неформальними знаннями і завданнями (проблемами).

Перед тим як приступити до розробки ЕС, аналітик повинен розглянути питання, чи слід розробляти ЕС для цього додатка. Розробка ЕС починається, коли вона реально можлива, доцільна, а також методи програмної інженерії знань відповідають поставленому завданню (проблемі) [7].

Доцільність ЕС можлива при виконанні наступних вимог:

– наявність експертів в цій галузі, які вирішують завдання значно краще, ніж фахівці початківці;

– експерти оцінюють запропоновані варіанти рішень, щоб оцінити якість ЕС;

– експерти здатні вербалізувати (висловити природною мовою) і пояснити використані методи, інакше важко розраховувати на те, що знання експертів будуть "витягнуті" і вкладені в ЕС;

– вирішення завдання вимагає в основному обґрунтованих міркувань, а не конкретних дій;

- завдання не повинно бути занадто важким, тобто його рішення повинне займати у експерта декілька годин або днів, а не тижнів або років;
- завдання можуть бути неформальні, але обов'язково повинні відноситися до певної та структурованої області;
- рішення завдання не повинно в значній мірі спиратися на "здоровий глузд", оскільки подібні знання поки не вдається в достатній кількості закласти в системи штучного інтелекту.

При розробці ЕС використовують також концепцію швидкого прототипу, сутність якої полягає в тому, що розробники не намагаються побудувати відразу кінцевий продукт. Початковий етап дає можливість створити прототип, що характеризує наступним вимогам: можливість вирішити типові завдання і мінімальний час та ресурси на його розробку. При виконанні цих умов стає можливим паралельно вести процес накопичення і налагодження знань, здійснюваний екпертом, і процес вибору (розробки) програмних засобів, що виконується аналітиком і програмістом. Для задоволення вказаним вимогам при створенні прототипу використовуються різноманітні інструментальні засоби, що прискорюють процес проектування ЕС.

Традиційна технологія реалізації ЕС включає шість основних етапів, що представлені на рис. 1.

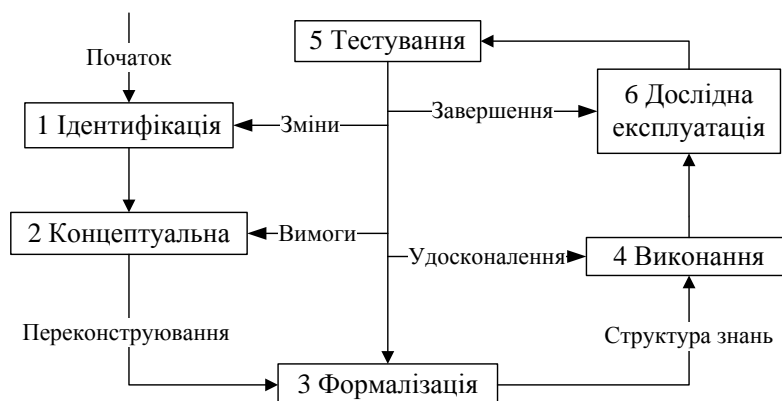


Рисунок 1 Етапи розробки експертних систем

З'ясуємо сутність різних станів проектування експертних систем. Етап ідентифікації формує завдання, цілі, підбір експертів, опис користувачів. Концептуалізація дає можливість проаналізувати предметну область, формуються поняття, взаємозв'язки між ними, рекомендуються методи для розв'язування переліку завдань. Етап формалізації дає можливість вибрати інструментальні засоби та основні способи представлення знань, понять, проводиться моделювання робочої системи, оцінюється адекватність системи при вирішенні поставлених завдань, представлення та маніпулювання знаннями розглянутої предметної області.

На етапі виконання здійснюється заповнення бази знань. Основою ЕС є знання та їх накопичення, тому етап вимагає виконання найбільш трудомістким. Процес формування знань під час діалогу з експертами;

організація знань, дає можливість структурувати знання та більш зручно їх представити для роботи в автоматичному режимі. Накопиченням знань займається аналітик, який проводить аналіз діяльності експерта під час вирішення конкретних завдань [8].

На етапі тестування експерт і аналітик в інтерактивному режимі з використанням діалогових і пояснювальних засобів перевіряють компетентність ЕС. Процес тестування триває до тих пір, поки експерт не вирішить, що система досягла необхідного рівня компетентності.

Етап дослідної експлуатації дає можливість оцінити придатність ЕС для роботи з користувачами. Отримані результати можуть показати необхідність суттєвої модифікації ЕС.

При створенні ЕС не має конкретної послідовності зазначених раніше етапів. Під час розробки необхідно переходити на попередні етапи та оцінювати рішення, що на них приймалися.

Структурований підхід під час реалізації ЕС дає можливість структурувати знання в проблемній області. Даний підхід обумовлений, тим що для деяких додатків використання низько формалізованих знань не дає можливість вирішувати ряд завдань. Такий підхід до побудови ЕС схожий на структурне програмування. Однак стосовно ЕС мова йде не про те, щоб структурування завдання (проблеми) було доведено до точного алгоритму (як в традиційному програмуванні), а передбачається, що частина завдання (проблеми) вирішується за допомогою евристичного пошуку. Структурований підхід в різних додатках доцільно поєднувати з поверхневим або глибинним [9].

При глибинному підході реалізація ЕС базується на моделі прикладного проблемного середовища, де вона функціонує. Модель може бути визначена різними способами: декларативно, процедурно. Необхідність використання моделей в ряді програм викликана прагненням виправити недолік поверхневого підходу, пов'язаний з виникненням ситуацій, які не описані правилами, що зберігаються в базі знань. ЕС розроблені із застосуванням глибинних знань. При виникненні невідомої ситуації вони здатні самостійно визначити, які дії слід виконати, а також за допомогою деяких загальних принципів, справедливих для даної галузі експертизи.

Глибинний підхід вимагає явного опису структури і взаємозв'язку між різними сутностями проблемної області. У цьому підході необхідно використовувати інструментальні засоби, що володіють можливостями моделювання: об'єкти з приєднаними процедурами, ієрархічне на проходження властивостей, активні знання (програмування, кероване даними), механізм передачі повідомлень об'єктам (об'єктно-орієнтоване програмування) і т.п.

В штучному інтелекті експертні системи сформувалися як самостійний напрям в кінці 1970-х рр. Історія ЕС почалася з повідомлення японського комітету з розробки ПК п'ятого покоління, в якому основна увага приділялася розвитку інтелектуальних здатностей комп'ютерів з тим, щоб вони могли оперувати не тільки даними, але і знаннями, як це здійснюють фахівці

(експерти) при виробленні рішень. Група по експертних системах при Комітеті British Computer Society визначила ЕС як "впровадження в ПК компонентів досвіду експерта, заснованої на знаннях, в такій формі, що машина може дати інтелектуальну пораду або прийняти рішення щодо оброблюваної функції". Однією з важливих властивостей ЕС є здатність пояснити хід своїх міркувань, які зрозумілі для користувача [10, 11].

Область дослідження ЕС являє собою інженерію знань. Е. Фейгенбаум ввів цей термін, а його трактування свідчить про привнесення принципів і інструментарію з області штучного інтелекту в рішення прикладних проблем, що вимагають знань експертів. ЕС застосовуються для вирішення неформалізованих проблем, до яких відносять завдання, що володіють однією (або декількома) з наступних характеристик:

- завдання, в деяких випадках не можливо сформулювати в точних числових значеннях;
- предметна область транспортних та виробничих систем з точки зору початкових даних та баз знань мають постійні: неоднозначності та суперечності при формуванні завдань;
- цілі неможливо висловити за допомогою чітко визначеної цільової функції;
- не існує однозначного алгоритмічного рішення завдання;
- алгоритмічне рішення існує, але його не можна використовувати через великі розмірності простору рішень і обмежень на ресурси (час, пам'ять).

Зазначимо, що ЕС дуже важлива область дослідження для вдосконалення та формування баз даних, а також при організації процесів прийняття рішення. Дані системи добре себе зарекомендували в бізнесі, проектуванні технічних та технологічних систем та різних напрямках транспортної галузі [10, 12-15].

У багатьох випадках ЕС є інструментом, що підсилює інтелектуальні здібності експерта. Крім того, ЕС може виступати в ролі: консультанта для непрофесійних користувачів; асистента - експерта - людини в процесах аналізу варіантів рішень; партнера - експерта в процесі вирішення завдань, що вимагають залучення потоків знань з різних предметних областей.

Класифікацію ЕС проводять за наступними ознаками: спосіб формування рішень; спосіб обліку тимчасових ознак; вид використовуваних даних і знань; число використаних джерел знань.

ЕС можливо розділити: аналізуючі та синтезуючі. В аналізуючих ЕС виконується вибір рішень з раніше відомих знань, а синтезуючі ЕС дають можливість формувати рішення з різнорідних частин знань. Статичні ЕС вирішують завдання з незмінними даними і знаннями в процесі вирішення, а динамічні ЕС – допускають такі зміни.

За видами використовуваних даних і знань розрізняють ЕС з детермінованими і невизначеними знаннями. Невизначені дані мають наступні характеристики: нечіткість, неповність, а також часткова, або повна

ненадійність. ЕС можуть створюватися з використанням одного або декількох джерел знань.

У відповідності до перерахованих ознак можна виділити чотири основні класи ЕС (рис. 2): класифікуючі, довизначені, трансформуючі і мультиагентні [14, 16].

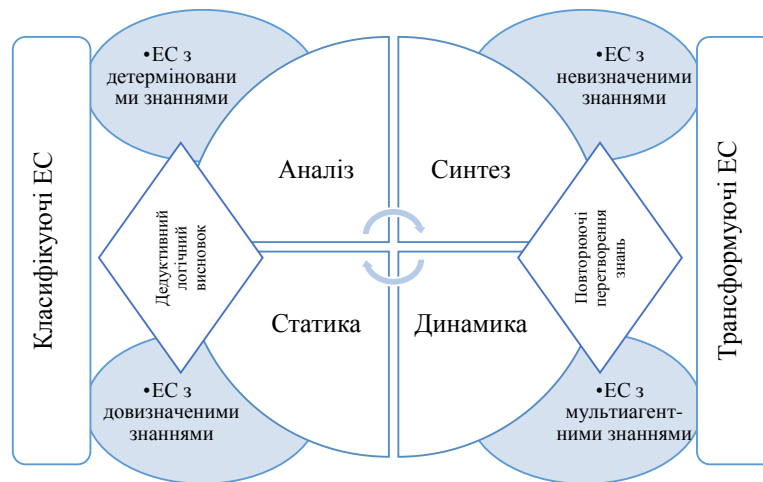


Рисунок 2 Розподіл експертної системи на класи при розв'язанні завдань

Класифікуючі ЕС вирішують завдання розпізнавання ситуацій. Важливим методом вироблення рішень, в даних ЕС є логічний дедуктивний висновок в завершуючому варіанті. Довизначені ЕС використовуються для вирішення завдань з неповністю визначеними даними і знаннями. Дані ЕС мають завдання, що стосуються роз'яснення нечітких знань та вибору напрямку для можливого знаходження раціонального рішення. Баєсівський імовірнісний підхід, коефіцієнти впевненості, нечітка логіка використовуються в якості методів обробки невизначених знань.

Трансформуючі ЕС взаємодіють з синтезуючими властивостями, що передбачають можливе перетворення знань під час прийняття рішення, або розв'язання завдання. ЕС даного класу використовуються різні способи обробки знань:

- генерація і перевірка гіпотез;
- логіка припущень і замовчувань;
- для усунення невизначеності в ситуаціях використовуються метазнання більш загальних закономірностей.

До трансформуючих ЕС відносяться мультиагентні системи. Дані системи – є динамічними та дають можливість інтеграції декількох джерел знань. Інтегровані джерела обмінюються інформацією під час розв'язання поставленого завдання. Системи даного класу мають такі можливості:

- врахування альтернативності варіантів прийняття рішення при застосуванні різнорідних джерел знань, а також можливості визначення протиріч;
- вирішення завдань з можливістю їх розподілення та декомпонуванням, що має на меті розподіл на підзавдання та залучення самостійних джерел знань;

- застосування різних стратегій формування висновків залежно від типу розв'язуваної проблеми;
- обробка великих масивів інформації баз даних;
- використання математичних моделей і зовнішніх процедур імітації розвитку ситуацій.

Висновки

1. Виявлено, що компонента зв'язку із зовнішнім середовищем актуальна для автономних інтелектуальних систем (ІС) (роботів), а також для інтелектуальних систем управління. Зв'язок із зовнішнім середовищем здійснюється через систему датчиків і контролерів (ІТС і ІВС) [5].

2. Управління є функцією організованої системи, що підтримує певний режим її діяльності. ЕС даного типу призначені для управління поведінкою складних систем.

3. Проектування інтелектуальних експертних систем, їх ефективність та формування та прийняття рішень.

4. Ефективність роботи інтелектуальних експертних систем залежать в значній мірі від використаних фізичних та програмних засобів. Більш раціональний ефективний підхід для конкретних експертних систем може об'єднувати в собі комплекс поверхневого, структурного та глибинного підходів.

5. Головною відмінністю ЕС і систем штучного інтелекту від систем обробки даних є використання символного, а не числового способу їх представлення, а тому застосовується процедура логічного висновку і евристичного пошуку рішень як методи обробки інформації.

Література

1. Аулін В.В., Гриньків А.В., Головатий А.О., Лисенко С.В., Голуб Д.В., Кузик О.В., Тихий А.А. Методологічні основи проектування та функціонування інтелектуальних транспортних і виробничих систем. монографія під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. – Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2020.
2. Chen Xue-Mei, Wei Zhong-Hua. Vehicle management system based on multinode RFID cards. 30th Chinese Control Conference (CCC). 2011. P. 5497-5499.
3. Manikondan P., Yerrapragada A.K., Annasamudram S.S. Intelligent traffic management system. Sustainable Utilization and Development in Engineering and Technology (STUDENT): IEEE Conference. 2011. P. 119-122.
4. Гаврилова Т.А., Хорошевский В. Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. Питер, 2000. С.159-168
5. Samad T. Perspectives in Control Engineering Technologies, Applications, and New Directions. Intelligent Transportation Systems: Roadway Applications. 2001. P. 348 -369.
6. Schutte J. Recent trends in automatic train controls. IEEE Intelligent Transportation Systems. 2001. P. 813 -819.
7. Ручкин В. Н., Костров Б. В., Колесенков А. Н. Трехуровневый экспресс-мониторинг чрезвычайных ситуаций на базе интеллектуальных КФС. Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2017.

№ 2. С. 164-172.

8. Кудж С. А., Цветков В. Я. Сетевое управление и киберфизические системы. Образовательные ресурсы и технологии. 2017. № 2 (19). С. 86-92.

9. Bortyakov D.E., Mescheryakov S.V., and Shchemelinin D.A. Integrated Management of big data traffic systems in distributed production environments. Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. 2014. № 1. С. 105-113.

10. Aulin V., Lyashuk O., Hrynkiv A., Pavlenko O., Velykodnyi D., 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.

11. Боровской А.Е., Новиков И.А., Шевцов А.Г. Внедрение интеллектуальных транспортных систем в рамках национальных программ повышения безопасности дорожного движения. Вестник ХНАДУ. 2013. Вип. 61-62. С. 279-284.

12. Попов Э.В. Искусственный интеллект: в 3-х т. Т. 1. Системы общения и экспертные системы. Москва: Радио и связь, 1990.

13. Aulin V.V., Hrynkiv A.V., Pankov A.O., Zamota T.M., Lyashuk O.L., Tykhyi A.A., Kuzyk A.V. Development of mechatronic module for the seeding control system. INMATEH – Agricultural Engineering, vol. 59, no.3 / 2019. – P. 181-188.

14. Аулін В.В., Солових А.Є., Дігтяр Б. Економіко-математичне модулювання процесів управління підприємством в умовах господарського ризику і невизначеності. Наук. праці КДТУ. Екон. науки. 2000. Вип.8. С.151-156.

15. Петров Е.А., Краус В.А. Уровни управления интеллектуальной транспортной системой. Вестник СибАДИ. 2013. Вип. 3 (31). С 61-66.

16. Капский Д.В., Навой Д.В., Пегин П.А. Управление в интеллектуальной транспортной системе. Наука и техника. 2018. т. 17. №5. С. 401-412.

17. Аулін В.В., Гриньків А.В., Головатий А.В. Рівні завдань та структура функціонування системи технічного сервісу транспортних машин. Інноваційні технології розвитку машинобудування та ефективного функціонування транспортних систем: матеріали II Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції 25-27 березня 2020 р. Рівне : НУВГП, 2020. С. 123-125.

УДК 620.178.162

ВПЛИВ ФУЛЕРЕНОВІСНИХ ОЛИВ НА ФРИКЦІЙНУ ВЗАЄМОДІЮ МЕТАЛЕВИХ ТРИБОСПРЯЖЕНЬ

Деркач О.Д., к.т.н., доц.,

Кабат О.С., к.т.н., доц.,

Владімеров О.О., маг.

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Abstract

The influence of fullerenes' soot concentration, which added to oil M10Г2к on few tribotechnical characteristics «steel-steel» was investigated. It was found, that optimal volume of fullerene soot in the oil was 0,1% of the weight. At this level of concentration can be seen the lowest values of coefficient of friction – 0,045, and intense of linear wearing - $2,7 \times 10^{-9}$. Through optical investigation the participation of fullerene soot in surface forming mechanism and saturated with carbon was confirmed, it provided an increase in tribotechnical characteristics of the samples.

Keywords: fullerene soot, oil, concentration, tribotechnical characteristics.

Вступ

Підвищення надійності та довговічності роботи вузлів тертя машин і механізмів, які працюють за умови високих навантажень, швидкостей та температур, є актуальним завданням і вирішується воно різними методами [1-2]. Почасти, його можна вирішити за рахунок підвищення змащувальних якостей мастильних матеріалів. Це значно зменшить температурне навантаження, силу тертя та величину зношування робочих поверхонь деталей, що труться. Як відомо, до олив пред'являються ряд вимог, серед яких виділимо наступні: високі мийні та протизносні властивості, здатність виводити продукти зносу із зони тертя, зниження температурного навантаження і коефіцієнта тертя. Ще ряд інших вимог забезпечують багаточисленні присадки, що додаються до олив. Проте, сьогодні створилися передумови до створення змащувальних матеріалів з високими змащувальними якостями, що вирішують проблеми безрозбірного відновлення робочих поверхонь трибосистем. Одним із шляхів підвищення змащувальних якостей олив є використання модифікуючих присадок, зокрема, фулеренів.

Аналіз попередніх досліджень

Ефективним є застосування фулеренів в якості модифікаторів пластичних мастил і олив [3]. Також, досліджувалося використання карбонових мікросфер у якості наповнювачів олив [4]. В обох випадках, додавання фулеренових матеріалів призводило до зниження коефіцієнта тертя і зносу. Очевидно, що застосування фулеренів у оливах забезпечує зміну характеру тертя при

фрикційній взаємодії сталевих деталей за рахунок трибохімічних реакцій у зоні контакту [5]. Це дозволяє значно зменшити тертя та зношування деталей у вузлах машин і механізмів, що сприяє підвищенню їх надійності та довговічності. Отримані залежності змащувальних властивостей олив, наповнених фулеренами C_{60} від в'язкості мінеральної основи [6]. Встановлено, що застосування фулеренів дозволяє не тільки зменшити тертя та зношування деталей, що знаходяться у фрикційній взаємодії, а і відновлювати пошкоджені поверхні тертя. Виявлено, що низькі коефіцієнт тертя та знос забезпечуються за рахунок прокатки сферичних наночастинок [7]. Тобто, зниження коефіцієнта тертя забезпечується не стільки ефектом ковзання, скільки ефектом перекочування молекул та їх груп по поверхнях тертя робочих тіл. Таким чином, можна стверджувати, що завдяки своїм фізико-хімічним властивостям фулерени можуть впливати на зменшення тертя та зношування деталей при фрикційній взаємодії і у середовищі модифікованих ними олив [8 – 11].

Постановка проблеми

Однак застосування фулеренів в оливах сьогодні є надто дорогим і економічно не виправданим процесом при застосуванні, наприклад, у сільськогосподарському машинобудуванні. Проте, при отриманні фулеренів утворюються побічні продукти, серед яких науковий інтерес представляє фулеренова сажа (ФС), яка у своїй структурі може містити до 10 % мас. фулеренів. Описані вище результати створюють передумови для досліджень впливу ФС і на трибосистеми типу «сталь-сталь». Передбачається, що ці матеріали також можуть бути ефективним модифікатором олив. Особливо це стосується модифікації недорогих широкоживаних олив, таких як, наприклад, M10Г2к. Тому актуальним завданням є визначення впливу ФС на змащувальні властивості олив при фрикційній взаємодії металевих трибоспряжень.

Мета і завдання

Мета роботи полягала у визначенні впливу фулереновмісної оливи шляхом дослідження трибологічних властивостей пари тертя «сталь-сталь» при використанні ФС.

Для досягнення мети досліджували фрикційну взаємодію пари тертя «сталь-сталь» при змащуванні модифікованою ФС оливою.

Результати вирішення основних завдань

Для проведення досліджень були підготовлені оливи, модифіковані 0,1; 0,3 та 0,5% мас. ФС. Такий діапазон концентрації модифікатора було вибрано відповідно і до власних попередніх робіт [12, 13].

Результати досліджень зміни коефіцієнта тертя пари тертя «сталь-сталь» при фрикційній взаємодії у середовищі вихідного та модифікованого мастила наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Деякі властивості зразків змащувальних композицій

	Контроль	ФС, % мас.		
		0,1	0,3	0,5
Коефіцієнт тертя f_{mp}	0,052	0,045	0,052	0,057
Температура в зоні контакту T , °C	95	85	89	101
Інтенсивність зносу, $I \times 10^{-9}$	3,2	2,8	3,2	5,2
Шорсткість поверхні R_a , мкм	0,39	0,25	0,23	0,21

Відповідно до результатів досліджень отримані концентраційні залежності мають системно зростаючий характер. Виявлено, що в області концентрацій модифікатора ФС 0,1 % спостерігається зниження значення коефіцієнту тертя, температури та значне – інтенсивності лінійного зношування (табл.1). Причому зменшення цих параметрів коливається в межах 10-20% менше, ніж при терті у не модифікованій оливі. Із зростанням масової долі ФС у оливі, усі вказані параметри стабільно зростають. Вже при масовій долі ФС у оливі 0,5 % значення коефіцієнта тертя f_{mp} перевищило значення у базовому варіанті. Це пов'язано з тим, що негативна дія відходів, як основи ФС, проявляється у вигляді абразивного зношування, а позитивна дія фулеренів, недостатня і не компенсує зношування елементів трибоспряження.

Відомо [14, 15], що фулерени, навіть у малих кількостях здатні активно формувати структури на поверхнях тертя. Це призводить до утворення твердої і пружної антифрикційної плівки, яка підвищує трибологічні властивостей пари тертя, що ми і виявили.

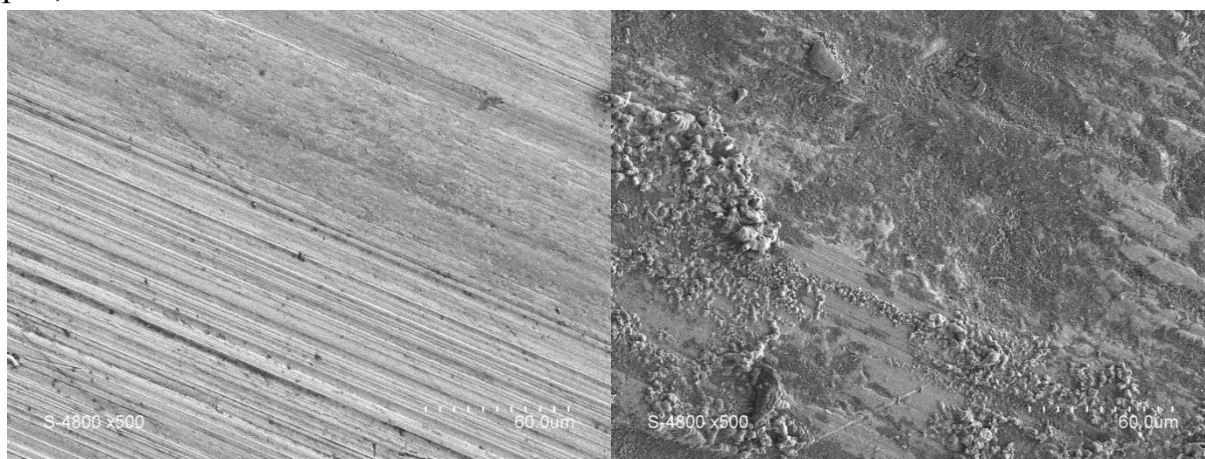


Рисунок 1 - Мікрометричні знімки поверхонь тертя після фрикційній взаємодії у середовищі оливи: (а) - контроль та (б) модифікованої 0,1 % ФС оливи. Зображення $\times 500$ разів.

Так, на поверхні, зображеній на рис. 1, а, спостерігаються мікронерівності рельєфу без яких-небудь суттєвих включень і домішок. А поверхня (рис. 1, б) вкрита дискретною плівкою, що і є основним чинником, який впливає на зменшення тертя та зношування фрикційної пари при терті у модифікованій оливі. Поверхня має різну структуру, присутні нашарування і, очевидно, візуально видно концентровані ФС ділянки.

Висновки

Встановлено, що введення фулеренової сажі у оливу у оптимальній кількості 0,1 % мас. забезпечує зниження: коефіцієнта тертя – на 19 %; температури в зоні контакту – на 11 %; інтенсивності лінійного зносу – на 13 %; шорсткість робочої поверхні тертя – на 36 %.

Виявлено, що на поверхнях тертя при фрикційній взаємодії в середовищі модифікованої фулереновою сажею оливи, відбувається процес утворення плівки, яка змінює характер тертя, сприяючи при цьому покращенню триботехнічних характеристик металевих зразків, виготовлених із Сталь 45.

Рекомендовано до використання оливу M10G2k, з додаванням 0,1 % мас. фулеренової сажі.

Література

1. Миронова, Д.Ю. Современные тенденции развития науки и техники и маркетинг инноваций [Текст] / Д.Ю. Миронова. – СПб.: Университет ИТМО, 2005. – 83 с.
2. Боголюбов, А. Н. Теория механизмов и машин в историческом развитии ее идей [Текст] / А. Н. Боголюбов. – М.: ЛЕНАНД, 2017 – 466 с.
3. Wu, Y.Y. Experimental analysis of tribological properties of lubricating oils with nanoparticle additives [Text] / Y.Y. Wu, W.C. Tsui, T.C. Liu // Wear. 2007 - Vol. 262(7-8). - P. 819-825.
<https://doi.org/10.1016/j.wear.2006.08.021>.
4. Alazemi, A. A. Ultrasmooth Submicrometer Carbon Spheres as Lubricant Additives for Friction and Wear Reduction [Text] / A. A. Alazemi, V. Etacheri, A. D. Dysart, L.-E. Stacke, V. G. Pol, F. Sadeghi // ACS Appl. Mater. Interfaces. 2015 – Vol. 7(9). - P. 5514-5521. DOI: 10.1021/acsami.5b00099.
5. Erdemir, A. Superlubricity [Text] / A. Erdemir, J.-M. Martin. – Am.: Elsevier, 2007 – 499 p.
6. Ku, B.-C. Tribological effects of fullerene (C60) nanoparticles added in mineral lubricants according to its viscosity [Text] / B.-C. Ku, Y.-C. Han, J.-E. Lee, J.-K. Lee, S.-H. Park, Y.-J. Hwang // International Journal of Precision Engineering and Manufacturing. 2010 – Vol. 11(4). – P. 607-611.
DOI 10.1007/s12541-010-0070-8
7. Rapoport, L. Polymer Nanocomposites with Fullerene-like Solid Lubricant [Text] / L. Rapoport, O. Nepomnyashchy, A. Verdyan, R. Popovitz-Biro, Y. Volovik,

B. Ittah // *Advanced Engineering Materials*. 2004 – Vol. 6 (1-2). – P. 44-48. DOI 10.1002/adem.200300512.

8. Yoshimoto, S. Synthesis of a fullerene/expanded graphite composite and its lubricating properties [Text] / S. Yoshimoto, J. Amano, K. Miura // *Journal of Materials Science*. 2010 – Vol. 45(7). – P. 1955-1962. DOI 10.1007/s10853-009-4187-z.

9. Грузинская, Е.А. Фуллереновая сажа электродугового синтеза [Текст] / Е.А. Грузинская, В.А. Кескинов, М.В. Кескинова, К.Н. Селинов, Н.А. Чариков // *Наносистемы: физика, химия, математика*. 2012 - № 3(6). – С. 83-90.

10. Kireyenko, O.F. Fullerene black as an antifriction and antiwear additive to lubricating oils [Text] / O.F. Kireyenko, Boris M. Ginzburg, V.P. Bulatov // *Journal of Friction and Wear*. 2002 – Vol. 23(3). – P. 64-68.

11. Rapoport, L. Slow Release of Fullerene-like WS₂ Nanoparticles from Fe-Ni Graphite Matrix: A Self-Lubricating Nanocomposite [Text] / L. Rapoport, M. Lvovsky, I. Lapsker, V. Leshchinsky Y. Volovik, Y. Feldman, A. Margolin, R. Rosentsveig, R. Tenne // *Nano Letters*. 2001 – Vol. 1(3). – P. 137-140.

DOI: 10.1021/nl005516v.

12. Деркач, О.Д. Застосування геомодифікаторів для поверхонь тертя при технічній експлуатації сільськогосподарської техніки [Текст] / О.Д. Деркач, О.І. Буря, Б.Г. Харченко // *Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка*. 2011 - № 109. - С. 199-203.

13. Деркач, О.Д. Обґрунтування параметрів фуллереновмісних олів [Текст] / Деркач О.Д., Губа М.І., Кабат О.С. // *Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка*. 2013 - № 134. – С. 172-179.

14. Kumar, N. Improving the lubricating properties of 10W40 oil using oxidized graphite additives [Text] / N. Kumar, A. T. Kozakov, V. I. Kolesnikov, A. V. Sidashov // *Journal of Friction and Wear*. 2017 – Vol.38. – P. 349-354. <https://doi.org/10.3103/S1068366617050051>.

15. Shakirullah, M. Spent Lubricating Oil Residues as New Precursors for Carbon [Text] / M. Shakirullah, Im. Ahmad, M. A. Khan, M. Ishaq, M. Saeed // *Fullerenes, Nanotubes and Carbon Nanostructures*. 2006 – Vol. 14. P. 39-48. <https://doi.org/10.1080/15363830500538615>.

16. Aulin V., Hrynkiv A., Lysenko S., Rohovskii I., Chernovol M., Lyashuk O., Zamota T. Studying truck transmission oils using the method of thermal-oxidative stability during vehicle operation. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. Vol. 1 (6 - 97). P. 7-12.

УДК 004.89:656.13:658.5

**РОЛЬ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ У
ТРАНСПОРТНИХ І ВИРОБНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВАХ ТА ЇХ
КЛАСИФІКАЦІЯ**

**Аулін В.В., д.т.н., проф.,
Гриньків А.В., к.т.н.,
Головатий А.О., асп.,
Лисенко С.В., к.т.н., доц.,
Лівіцький О.М., здоб.**

Центральноукраїнський національний технічний університет

Abstract

The principles on which intelligent information systems at the transport and industrial enterprises are based are considered. Classification of information systems was performed using the method of artificial intelligence. The role of self-learning system in intelligent information systems based on methods of automatic classification of situations from real practice is clarified. Attention is paid to inductive and adaptive information systems in transport and industrial enterprises in the direction of artificial intelligence.

Key words: information system, artificial intelligence, classification, inductance, adaptability, software.

Вступ

Інтелектуальні системи проникають в усі сфери нашого життя, тому важко провести сувору класифікацію напрямків, за якими ведуться активні і багаточисельні дослідження. Розробка інтелектуальних інформаційних систем (ІС) або систем, заснованих на знаннях, – один з головних напрямків штучного інтелекту (ШІ). Важливим завданням реалізації даних систем є дослідження, отримання та використання знань експертів підчас розв'язання складних різнорідних прикладних проблем. При побудові систем, заснованих на знаннях (СЗЗ), використовуються знання, накопичені експертами у вигляді конкретних правил вирішення тих чи інших завдань. Даний напрямок ставить за мету відтворення мислення людини (аналіз та синтез) при вирішенні складно структурованих завдань. При створенні нових баз знань, які відображають ядро СЗЗ, виконується розробка моделей для отримання та подальшої структуризації знань.

Результати вирішення основних завдань

Інтелектуальні інформаційні системи (ІС) ґрунтуються на принципах формування знань з можливістю розробки алгоритмів для розв'язання прикладних завдань у транспортних та виробничих системах, що виникають при різних запитах користувачів. Основними ознаками ІС є: адаптивність; можливість самонавчання; вирішення слабоформалізованих завдань, висока комунікативність. Засоби інтелектуальної інформації можуть використовуватися для реалізації різних функцій, які виконуються ІС.

Класифікацію ІС проведено за ознаками якими є наступні інтелектуальні функції (рис.1); комунікативна здатність; вирішення складних слабоформалізованих завдань; здатність до самонавчання; адаптивність.

Комунікативна здатність є способом взаємодії кінцевого користувача з системою. Вирішення складних слабо формалізованих завдань вимагають побудови оригінального алгоритму в залежності від конкретної ситуації, невизначеності і динамічності вихідних даних і знань. Здатність ПС до самонавчання означає вміння автоматично отримувати знання з накопиченого досвіду і застосовувати їх для вирішення завдань. Що стосується адаптивності ПС, то це її здатність до розвитку у відповідності з об'єктивними змінами області знань.

Метод штучного інтелекту (ШІ) застосовується для посилення комунікативних здатностей інформаційних систем. Це призвело до появи систем з інтелектуальним інтерфейсом: інтелектуальні бази даних; природно-мовний інтерфейс; гіпертекстові системи; системи контекстної допомоги; системи когнітивної графіки. Інтелектуальні бази даних у транспортній і виробничій галузі на відміну від традиційних, дозволяють забезпечувати вибірку необхідної інформації, що не присутня в явному вигляді, а виводиться із сукупності даних, що зберігаються.

Метою роботи є з'ясування ролі інтелектуальних інформаційних систем у транспортних і виробничих підприємствах та проведення їх класифікації.

Основні завдання реалізації методу:

1. Виявлення ролі інтелектуальних інформаційних систем на транспортних і виробничих підприємствах та методів їх формування.
2. Класифікація інтелектуальних інформаційних систем.

Системна інформація формується для доступу до інтелектуальної бази даних з максимальною доступністю користувачеві, щоб можна було виконувати конкретний пошук текстової інформації, а також різних даних з можливістю голосового формування команд. Найбільш яскраво це проявляється в системах машинного перекладу. Для реалізації останнього необхідно вирішити проблеми морфологічного, синтаксичного і семантичного аналізу, а також завдання синтезу висловлювань на природній мові. При цьому морфологічний аналіз дає можливість здійснювати розпізнавання і перевірку правильності написання слів в словнику. Для проведення синтаксичного контролю необхідно виконувати розклад повідомлень, що надходять на окремі компоненти, виконати граматичну відповідність існуючим правилам наявних знань, а також формування недостаючих частин. Семантичний аналіз забезпечує встановлення змістовної правильності синтаксичних конструкцій. На відміну від аналізу синтез висловлювань полягає в перетворенні цифрового подання інформації в уявлення природною мовою.

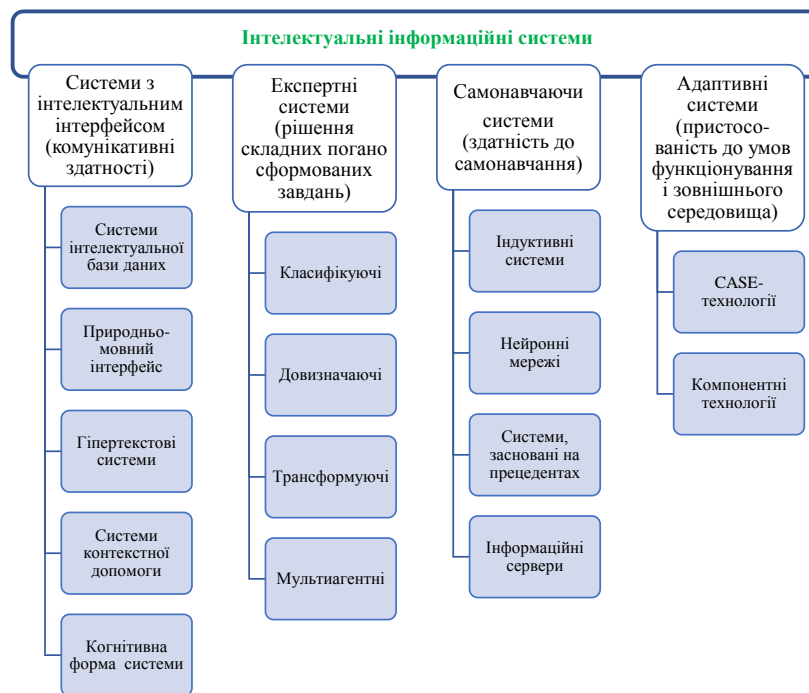


Рисунок 1 Класифікація наявних та можливо створених інтелектуальних інформаційних систем на транспортних і виробничих підприємствах

Гіпертекстові системи необхідні для здійснення пошуку по ключовим словам в базі даних, а більш повне співвідношення змістовного терму потребує відповідної організації ключових слів. В такому випадку можливо застосувати гіпертекстові системи, що працюють в два етапи: спочатку виконується перебір ключових слів, а потім обробка текстової частини. З мультимедійною інформацією робота проводиться аналогічно.

Клас системи поширення знань включає в себе системи контекстної допомоги. Такі системи є, як правило, додатками до документації. Системи контекстної допомоги – окремий випадок гіпертекстових і ПМ-систем. У них користувач описує проблему, а система на основі додаткового діалогу конкретизує її і виконує пошук, який стосується ситуації рекомендацій. Звичайні гіпертекстові системи, комп'ютерні програми дають користувачеві схеми пошуку необхідної інформації.

Системи когнітивної графіки орієнтовані на спілкування з користувачем міжнародної бізнес компанії ІВС за допомогою графічних образів, які генеруються відповідно до змін параметрів модельованих або процесів, що спостерігаються. Когнітивна графіка дозволяє в наочному і виразному вигляді представити сукупність параметрів, що характеризують досліджуване явище, звільняє користувача від аналізу тривіальних ситуацій, сприяє швидкому освоєнню програмних засобів і підвищенню конкурентоспроможності розроблених інтелектуальних системах. Застосування когнітивної графіки особливо актуально в системах моніторингу та оперативного управління на транспортних і виробничих підприємствах, навчальних і тренажерних системах, в оперативних системах прийняття рішень, які працюють в режимі реального часу.

В інтелектуальних інформаційних системах чільне місце займають самонавчальні інтелектуальні системи (СНІС), що засновані на методах автоматичної класифікації ситуацій з реальної практики, або на методах навчання на прикладах. Навчальна вибірка, яка формується протягом певного періоду, є прикладом реальних ситуацій. Елементи навчальної вибірки описуються множиною класифікаційних ознак. Мета стратегії "навчання з вчителем" заключається в тому, що фахівець формує ознаки для кожного класу ситуації або об'єкту. При реалізації "навчання без вчителя" систему зобов'язують самостійно розділяти класи ситуації або об'єкти, за близькістю класифікаційних ознак. Під час накопичення знань виконується автоматична побудова бази правил розподілу класів. Сформованими правилами система в подальшому користуватиметься при виявленні незнайомих ситуацій. База правил дає можливість в автоматизованому режимі формувати базу знань, що постійно підлягає уточненню та користуванню, при накопиченні необхідної інформації. Самонавчальні системи, в свою чергу, мають наступні недоліки:

- при вирішенні реальних проблем база знань має проблеми з неповнотою та значною несумісністю, та неадекватністю результатів;
- низький ступінь пояснювальності отриманих результатів;
- поверхневий опис проблемної області та вузька спрямованість застосування через обмеження в розмірності простору ознак.

Індуктивні системи дозволяють узагальнювати приклади на основі принципу індукції: "від часткового до загального". Процедура узагальнення зводиться до класифікації прикладів по істотним ознакам. Алгоритм класифікації прикладів включає наступні основні кроки:

- вибір класифікаційної ознаки з множини даних;
- розподіл бази прикладів на можливі підмножини у відповідності до необхідної ознаки;
- перевірка приналежності кожної підмножини прикладів одному з класів;
- контроль класифікації, у випадку сходження класифікаційних ознак певної підмножини прикладу. В даному випадку, аналізуючу множину відносять до відповідного підкласу, а процес класифікації завершується;
- підмножина прикладів, в якій наявні незбіжні значення класифікаційних ознак класифікація починається з початку.

Інформаційні архіви відрізняються від інтелектуальних баз даних, тим, що архіви представляють значиму інформацію, яка регулярно витягується з оперативних баз даних. Архів даних – це предметно-орієнтований, інтегрований, прив'язаний до часу, незмінний збір даних, що застосовується для підтримки процесів прийняття управлінських рішень [3]. Предметна орієнтація означає, що дані об'єднані в категорії, зберігаються відповідно до областей, які вони описують, а не з додатками, які їх використовують. В архіві дані інтегруються з метою задоволення вимог транспортних і виробничих підприємств в цілому, а не для окремих функцій бізнесу. Прихильність даних до часу висловлює їх "історичність", тобто атрибут часу завжди явно присутній в структурах архіву даних. Незмінюваність означає, що, потрапивши одного

разу в архів, дані вже не змінюються. Цього не спостерігається в оперативних системах, де дані присутні тільки в останній версії, тому постійно змінюються.

Технології вилучення знань з архіву даних засновані на методах статистичного аналізу і моделювання, орієнтованих на пошук моделей і відношень, прихованих в сукупності даних, які дають можливість проводити оптимізацію функціонування підприємства транспортних і виробничих підприємств. Вилучення необхідної інформації з баз даних займаються при використанні OLAP-аналізу та Data Mining, що ґрунтуються на використанні математичного аналізу, побудови дерев рішень, нейронних мереж та ін.

Потреба в адаптивних інформаційних системах виникає в тих випадках, коли підтримувані ними проблемні області постійно розвиваються.

Адаптивні інформаційні системи задовольняють наступні специфічні вимоги:

– точно відображати необхідні знання досліджуваної області в довільний момент часу;

– мати можливість швидкої перебудови у випадку зміни зміни проблемної області дослідження [24].

Адаптивність інформаційної системи гарантується розвитком інтелектуалізації елементів їх архітектури. Їх ядром є постійно розвиваюча модель проблемної області, підтримувана в спеціальній базі знань – репозитарії.

В ІІІ також розробляються і вирішуються проблеми комп'ютерної лінгвістики і машинного перекладу – комп'ютерні технології. Системи машинного перекладу з однієї природної мови на іншу забезпечують швидкість і систематичність доступу до інформації, оперативність і однаковість перекладу великих потоків, як правило, науково-технічних текстів [6]. Ці системи будуються як інтелектуальні системи, оскільки в їх основі лежать (бази знань) БЗ з певних предметних областей і складні моделі, що забезпечують додаткову трансляцію "вихідна мова оригіналу-мова сенсу-мова перекладу". Вони базуються на структурно-логічному підході, що включає послідовний аналіз і синтез природно-мовних повідомлень. Крім того, в них здійснюється асоціативний пошук аналогічних фрагментів тексту і їх перекладів в спеціальних базах даних (БД). Відповідний напрям окреслює дослідження та провадження систем, які дають змогу реалізувати комунікацією "ПК-людина" за допомогою систем ПМ-спілкування. Дані системи дають змогу збільшити швидкість комунікації, а також зменшити навантаження на зір, руховий апарат, з можливістю впровадження комунікації на відстані. У таких системах під текстом розуміють фонемний текст.

В даний час, важливе місце займає напрям ІІІ, за допомогою якого вирішується проблема обробки зображень (їх аналіз та синтез). Така проблема пов'язана також з трансформацією графічних файлів, результатом в такій реалізації є отримання нового графічного зображення. При цьому початкові зображення перетворюються в дані текстових описів. Синтез зображень на вході системи обумовлюється алгоритмом побудови зображення. В той час вихідні дані являються графічними об'єктами системи машинної графіки. Ця

актуальна область ШІ включає моделі, методи і алгоритми, орієнтовані на автоматичне накопичення і формування знань з використанням процедур аналізу та узагальнення даних [4, 10, 13]. З'явилися також системи отримання даних (Data-mining) і системи пошуку закономірностей в комп'ютерних базах даних (Knowledge Discovery). Доречним є зазначити те, що розпізнавання образів – одне з ранніх напрямків ШІ, в якому розпізнавання об'єктів здійснюється на підставі застосування спеціального математичного апарату, що забезпечує віднесення сукупності об'єктів до відповідного класу, що мають власні ідентифікаційні ознаки [7].

Програмне забезпечення систем ШІ включає інструментальні засоби для їх розробки, а також спеціальні мови програмування. В якості прикладу можна навести програми обробки символічної інформації: LISP, SMALLTALK, РЕФАЛ; мови логічного програмування (PROLOG) та мови представлення знань (OPS 5, KRL, FRL). Для розробки системи з ШІ можливо використати різні програмні продукти, що мають необхідний набір інструментів (KE, G2, GURU, ARTS), також відповідні програмні продукти. Існують одні створення експертних систем (ЕКСПЕРТ, ЕМТЯСІН, BUILD, EXSYS Professional), які дозволяють створювати прикладні ЕС, не вдаючись до програмування [8,11].

Розвиток нових архітектур комп'ютерів, пов'язано зі створенням нефоннейманівської архітектури, орієнтованих на обробку символічної інформації. Відомі також вдалі промислові рішення паралельних і векторних комп'ютерів [1,8], однак в даний час вони мають досить високу вартість, а також недостатню сумісність з існуючими обчислювальними засобами.

Висновки

1. З'ясовано сутність інформаційних інтелектуальних систем та принципи їх формування на транспортних та виробничих підприємствах.

2. Показано, що в основу класифікації інтелектуальних інформаційних систем доцільним є інтелектуальні функції. Наведено класифікацію неявних та можливо створених інформаційних систем та транспортних і виробничих підприємств.

3. Розглянуто адаптивність інформаційної системи та їх роль на підприємствах.

4. З'ясовано як в штучному інтелекті розробляються і вирішуються комп'ютерні технології.

Література

1. Аулін В.В., Голуб Д.В. Стан структури та основні напрямки розвитку пасажирського транспорту загального користування в м. Кіровограді. Техніка в с/г виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. 2007р. Вип. 18. С.288-291.

2. Аулін В.В., Голуб Д.В., Гриньків А.В., Сидоренко І.В., Лукашук І.П. Обґрунтування різного типу перешкод розвитку міжнародних автомобільних перевезень на їх економічну ефективність. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції "Підвищення надійності машин і обладнання. Increase of Machine and Equipment Reliability", 15-17 квітня 2020 р. Кропивницький: ЦНТУ, 2020. С 266-267

3. Абдулхаков, А. Р., А. С. Катасёв. Кластерно-генетический метод редукции баз знаний интеллектуальных систем. *Фундаментальные исследования*, Вып. 5-3, 2015, С. 471-475

4. Финн, В. К. Искусственный интеллект: методология, применения, философия, М.: КРАСАНД, 2011, с. 448.

5. Аулін В.В., Голуб Д.В., Гриньків А.В., Сидоренко І.В., Лукашук І.П. Обґрунтування різного типу перешкод розвитку міжнародних автомобільних перевезень на їх економічну ефективність. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції "Підвищення надійності машин і обладнання. Increase of Machine and Equipment Reliability", 15-17 квітня 2020 р. – Кропивницький: ЦНТУ, 2020. С 266-267

6. Войтко, С. В., and В. О. Занора. "Основные составные повышения уровня эффективности системы управления прибытком та витратами машинобудівного підприємства." *Інвестиції: практика та досвід*. Вып. 7, 2012, С. 43-46.

7. Аулін В.В., Голуб Д.В., Жулай О.Ю., Панчул С.О. Практична реалізація рівнів отримання інформації в системі діагностичного моніторингу технічного стану двигунів транспортних засобів у с/г виробництві. "Актуальні проблеми та наукові звершення молоді на початку третього тисячоліття": 2008 рік : матеріали тез I Всеукр. наук. конф. студ., маг., асп. і докторантів / 12-14 листопада 2008 р. Луганськ: "Елтон-2", 2008. С. 254-257.

8. Аулін В.В., Іващук В.О., Каськов В.С. Моделювання системи рейтингового управління. *Теорія і практика перебудови економіки*. 2000. С.107-109.

9. Аулін В.В., Віхрова Л.Г., Бісюк В.А. Програмно-технічні засоби для автоматизації виробничого процесу зміцнення деталей машин індукційним наплавленням. *Вісник Хмельницького національного університету*. Серія: Технічні науки. 2007. №2. т.2 (90). С.91-94.

10. Зеленая волна – облако мониторинга и управления дорожным движением (Green Wave Traffic on Cloud) / Хаханов В.И. и др. *Автоматизированные системы управления и приборы автоматики*. 2012. № 160. С. 4-21.

11. Аулін В.В., Гриньків А.В., Головатий А.О., Дьяченко В.О., Галінський Є.С., Хорольський Н.К. Регресійний підхід визначення раціональної схеми доставки вантажних відправлень. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції "Підвищення надійності машин і обладнання. Increase of Machine and Equipment Reliability", 15-17 квітня 2020 р. Кропивницький: ЦНТУ, 2020. С 190-193

УДК 656.13

**ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ
ФОРМУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ**

Давідіч Н.В. к.т.н., проф.

Харківський національний університет міського господарства
імені О. М. Бекетова

Abstrac

The issues of development of information support for the patterns of formation of traffic flows are considered. The results of the formation of an information base on the parameters of the routes of movement of vehicles, which drivers take into account when choosing a route between the districts of the city, are presented. The results of processing the obtained information base in the form of a model for changing the proportion of correspondence, which is implemented along alternative routes of movement when driving drivers with the type of the nervous system "choleric", are presented. The parameters of its statistical adequacy have been determined.

Keywords: information support, route of movement, modeling, adequacy, vehicle, nervous system.

Вступ

Ефективний розвиток сучасного суспільства нерозривно пов'язаний з розвитком комп'ютерної техніки та інформаційних технологій [1]. Інформаційні технології, які можуть використовуватися в повсякденній проектній діяльності, допомагають вирішити задачі проектування найбільш адекватних інформаційних систем [2]. Загальні принципи побудови і функціонування транспортних систем аналізуються через призму реалізованих в них інформаційних технологій. Оскільки транспортні та пасажирські потоки відрізняються значною мінливістю в часі, їх своєчасна координація є неодмінною умовою ефективності перевізного процесу, де одну з провідних ролей відіграє їх якісне інформаційне забезпечення.

Аналіз попередніх досліджень

Підвищення ефективності реалізації планів управління в транспортних системах за допомогою сучасних засобів інформаційних технологій є актуальною проблемою [3]. Проектування транспортних систем міст базується на визначенні закономірностей формування транспортних потоків та розподілу їх по ділянкам вулично-дорожньої мережі. Стан потоків визначається колективним рухом водіїв транспортних засобів, які реалізують свої потреби в пересуваннях. При визначення маршруту руху водіїв формують мету пересування. Кожний маршрут з альтернативних водій описує функцією корисності. Усі можливі варіанти пересування водій оцінює з урахуванням безлічі випадкових впливів. Це може бути наявний у даний момент ресурс часу, стан здоров'я, погодні умови тощо. Великий вплив на параметри руху транспортних засобів мають психофізіологічні та індивідуальні якості водія [4]. Науковці пропонують об'єднувати індивідуальні характеристики людей з однаковими властивостями центральної нервової системи [5].

Дослідники виділяють чотири найбільш яскраво виражених типів нервової системи, їх співвідношення і зв'язок з темпераментом. Виділені дослідниками нервової системи по основних характеристиках відповідають чотирьом класичним типам темпераменту: сильний, урівноважений, жвавий - сангвінік; сильний, урівноважений, інертний - флегматик; сильний, неурівноважений тип з переважанням збудження - холерик; слабкий тип - меланхолік. Науковці в своїх дослідженнях проводили дослідження структури населення по типу нервової системи. Як довели дослідники, сила та стійкість нервової системи визначають поведінку і дії водія. Отже, тому й вибір маршруту руху залежить від типу нервової системи водія та його темпераменту.

Постановка проблеми

Однією з найважливіших ланок при розробці інформаційних технологій проектування транспортних систем міст є інформаційне забезпечення закономірностей формування транспортних потоків та розподіл їх по ділянках вулично-дорожньої мережі. Цей процес безпосередньо пов'язаний з вибором водіями маршрутів руху між районами міста. Врахування закономірностей цього вибору при визначенні параметрів транспортних потоків дасть змогу отримати найбільш адекватні результати прогнозування параметрів транспортних систем міст.

Мета та завдання

Метою дослідження є формування інформаційної бази о параметрах маршрутів руху транспортних засобів, які водії враховують при виборі шляху сполучення між районами міста та математична формалізація закономірностей зміни частки кореспонденції, що реалізується альтернативними маршрутами пересування під час керування водіями з типом нервової системи – «холерик».

Результати вирішення основних завдань

Визначення закономірностей вибору водіями маршрутів руху повинно базуватися на аналізі факторів, що впливають на параметри пересування. При організації та управлінні транспортними потоками у містах існує система взаємопов'язаних первинних і розрахункових показників, що характеризують умови дорожнього руху і впливають на вибір водіями маршруту руху [6]. Ці показники було обрано у якості факторів, що фіксувалися під час проведення натурних досліджень з використанням розробленої анкети.

Анкетне обстеження виконувалося серед водіїв, яким пропонувалося вибрати маршрути руху вулично-дорожньою мережею міста між різними районами відправлення та призначення. Результати дослідження було згруповано за типами нервової системи водіїв. На першому етапі формування інформаційної бази було проведено дослідження закономірностей вибору маршруту руху водіями з найбільш поширеним типом нервової системи – «холерик».

Дослідження показало, що зміна частки кореспонденції, що реалізується альтернативними маршрутами руху, під час керування водієм з типом нервової системи «холерик» з достатньою точністю описується регресійним рівнянням, в якому як змінні виступають параметри маршрутів за довжиною та швидкістю руху. Статистична оцінка отриманої моделі свідчить про допустимість її

використання для прогнозування параметрів транспортних потоків в міських проектах сталого розвитку. Було виявлено, що параметри руху на різних маршрутах надають диференційований вплив на водіїв з типом нервової системи «холерик». Представлена модель показує значення частки кореспонденцій автомобілів, яка буде реалізована по маршруту з відповідними параметрами. Їх використання дозволить прогнозувати навантаження вулично-дорожньої мережі. Внаслідок цього, виникає можливість оцінки впливу інфраструктури на стан транспортної системи міст.

Висновки

Отримана модель зміни частки кореспонденції автомобілів, що реалізується альтернативними маршрутами руху при керуванні водіями з типом нервової системи «холерик», може бути використана при проектуванні навантаження вулично-дорожньої мережі. Крім цього, отримані результати можуть бути використані при вирішенні локальних завдань на рівні обслуговування роздрібних мереж. Механізм формування завдання на перевезення з урахуванням впливу людського фактору дозволяє, окрім параметрів транспортних засобів, дороги та середовища, врахувати вплив людського фактору, що істотно позначається на технології транспортного процесу: графіках роботи, швидкості сполучення та інші.

Література

1. Шашкова И. Г. Информационные технологии на транспорте / И. Г. Шашкова // Международный журнал экспериментального образования. – 2015. – № 1 – С. 68-68.
2. Тарабанов Н. А. Особенности использования информационных технологий в проектной деятельности / Н. А. Тарабанов // Гуманитарная информатика: Сб. статей / Под ред. Г.В. Можяевой. – Томск: Изд-во Том. Ун-та, 2008. – С. 102-110.
3. Гожий О. П. Інформаційні технології динамічного планування та прийняття рішень на основі ймовірнісно-статистичних методів : дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06 / О. П. Гожий. – Миколаїв, 2016. – С. 9–11.
4. Galkin A. Improving the Safety of Urban Freight Deliveries by Organization of the Transportation Process Considering Driver's State / A. Galkin, N. Davidich, L. Filina-Dawidowicz, Yu. Davidich // Transportation Research Procedia, 2019, 39. – P. 54–63.
5. Фізіологія і психологія праці [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://ubooks.com.ua/books/00074/inx5.php>.
6. Системологія на транспорті. Підручник у 5 кн. / Під заг. ред. Дмитриченка М. Ф.– Кн. 4: Організація дорожнього руху / [Е. В. Гаврилов, М. Ф. Дмитриченко, В. К. Доля та ін.]. – Київ : Знання України, 2007. – 452 с.

УДК 631.372+62-192

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАЛЕЖНОГО РІВНЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧ ЕЛЕКТРОХІМІЧНИМ ЇХ ПРИПРАЦЮВАННЯМ

**Аулін В.В., д.т.н., проф.,
Лисенко С.В., к.т.н., доц.,
Чернай А.Є., асп.,
Данілов О.О. ст.,
Галінський Є.С. ст.**

Центральноукраїнський національний технічний університет

Abstract

The increase of durability of gears by their electrochemical running-in is considered. From a theoretical point of view, it is shown to determine the rational duration of running-in, taking into account the probability of failure-free operation and temperature field distribution. Different materials and variants of running-in technologies were used and a variant was found that takes into account the contextual strength and receptive kinetic viscosity of the lubricating medium.

Key words: gear, running-in, durability, electrolyte, electric current.

Вступ

Одними з технологічних методів в забезпеченні точності і заданого рівня довговічності виробів, і зокрема зубчастих коліс редукторів, є їх обкатка і припрацювання, які необхідно розглядати з позицій зношування і надійності.

Для припрацювання спряжень деталей, що входять до складу машин, необхідно використовувати в технології збирання технологічний процес обкатки з метою підготовки машин до сприйняття експлуатаційних навантажень, виключення перегріву, схоплювання, заїдання зубчастих передач при їх експлуатації, з приведенням до мінімуму похибок спряжених робочих поверхонь деталей і їх неточностей при взаємному розташуванні, допущених при виготовленні.

Аналіз попередніх досліджень

З аналізу робіт провідних вчених по даному напрямку, таких як Боудена Ф.П., Буше М.А, Гаркунова Д.М, Євдокимова Ю.А., Кислик В.А, Костецького Б.І., Крагельського І.В. , Лоренца В.Ф, Пронікова О.С, Савченко М.З., Суслова А.Г., Тайці Б.А., Тененбаума М.М., Хрущова М.М., Худих М.І. , Чудакова К.П. і ін., зроблені висновки, що оптимальний варіант технології обкатки в режимі припрацювання трибоспряжень деталей повинен задовольняти вимогам найменшого начального зносу деталей й трибоспряжень з мінімальними витратами праці і часу.

Як зазначають вчені Гаркунов Д. Н., Гриб В. В. , Польцер Г., Пукас В. В. і ін, найбільш перспективні напрямком підвищення довговічності зубчастих коліс і розробки маловитратних технологій припрацювання зубчастих передач і редукторів в цілому є забезпечення роботи трибоспряжень деталей в режимі еластогідродинамічного мастила за рахунок формування неокислювальних плівок з низьким опором зсуву, нездатних наклепуватися, з використанням

припрацювальних середовищ, які забезпечують стабільні умови реалізації ефекту вибіркового перенесення.

На підставі цього визначено групу зубчастих передач максимального використання та обрані зубчасті колеса для подальших досліджень при використанні металоплакуючих присадок, мастильних і припрацювальних олів.

Постановка проблеми

При проектуванні і розрахунках складних технічних систем (СТС) закладається її надійність, вона залежить від конструкції її вузлів і трибоспряжень, застосовуваних матеріалів, методів захисту від різних шкідливих впливів, методів мащення і пристосовуваності до ремонту і обслуговування. При виготовленні СТС забезпечується надійність і її основні властивості: безвідмовність роботи, довговічність, ремонтпридатність, збереженість. Надійність трибоспряжень деталей залежить від: якості виготовлення деталей, методів контролю, випробувань, можливості застосування та управління ходом технологічного процесу, якості збирання СТС в цілому, методів випробувань; до методів випробувань для силових агрегатів можна віднести обкатку як завершальний технологічний процес складання.

Численними дослідженнями встановлено, що визначальну роль у забезпеченні експлуатаційних характеристик відіграє стан поверхневого шару поверхонь тертя в трибоспряженні. Важлива роль у вирішенні цих питань відводиться обкатці і припрацюванню, що є одним з методів загальної технології і триботехнології.

Припрацювання в процесі виробництва і експлуатації піддаються практично всі машини і механізми. При цьому режими дуже різні навіть для подібних спряжень деталей. Режими припрацювання зубчастих передач не є, як правило, науково обґрунтованими і встановлюються на підприємствах з економічних або кон'юнктурних міркувань.

Мета та завдання

Метою даної роботи є розробка теоретичних засад припрацювання зубчастих передач з використанням мідьвмісних присадок з реалізацією електрохімічного процесу.

Для реалізації мети розв'язувалися наступні завдання:

1. Теоретичне обґрунтування реалізації процесу припрацювання зубчастих передач електрохімічним способом.
2. Контактна міцність зубчастих передач після припрацювання.

Результати вирішення основних завдань

При створенні металоплакуючих олів оцінка триботехнічних показників дослідних олів проводили на машині тертя СМТ-1, СМЦ-2 за схемою "ролик-ролик" і "колодка-ролик". Критерії закінчення випробувань за ступенями навантаження завершення припрацювання і перехід на прямолінійну ділянку кривої зношування, стабілізація моменту тертя і температури.

Кращі характеристики і показала олива 1559 (склад: олива И-Г-А-68 і присадки ДФ-11 – 1,2%; ИОНОЛ – 0,7%; В 15/41 – 0,05%; ПМС-200А –

0,005%), прийняте за базовий варіант. Дана олива не містить присадки МКФ-18, а її високі трибологічні властивості обумовлені вмістом ДФ-11. На наступному етапі дослідження в оливу 1559 вводили присадка МКФ18 (0,2; 0,4; 0,6; 1,0 і 3,0 % за масою).

Визначено раціональний вміст металоплакуючої присадки МКФ-18 в оливі 1559 – 0,6...1,0 % по масі, для якої коефіцієнти тертя мають мінімальні значення; знос стосується тільки виступів микронерівностей вихідного профілю, що свідчить про високі триботехнічні властивості даної оливи. При випробуванні таких олив підтверджений факт реалізації вибіркового перенесення на скануючому електронному мікроскопі.

Проведена оцінка тривалості припрацювання по функції параметра потоку відмов $\omega(t)$ і запропонована методика прогнозування якості виробів. Аналіз експлуатаційної статистики відмов на прикладах транспортних машин свідчить про наявність великої частки відмов як раптових, так і поступових, через приховані дефекти, виявлені в період припрацювання.

Особливістю періоду припрацювання є те, що параметри потоків відмов (ППВ) представляє собою монотонно спадаючу функцію $\lim_{t \rightarrow \infty} \omega(t) = \omega_0$, де ω_0 – стале значення ППВ. Тривалість припрацювання дослідного об'єкту визначається часом, протягом якого ППВ досягає мінімуму $\omega_0 = \text{const}$:

$$\omega(t) = \omega_1 \cdot \exp(-\alpha \cdot t) + \omega_0, \quad (1)$$

де ω_1 – ППВ, обумовлений дефектами виготовлення і монтажу деталей, α – коефіцієнт, що характеризує швидкість протікання процесу припрацювання. За результатами спостережень за складними технічними системами отримані аналітичні функції ППВ для двох варіантів:

– варіант I враховує всі відмови спряжень деталей транспортних машин:

$$\begin{aligned} \omega_{III}(t) &= 0.13136 \cdot \exp(-0.05652t) + 0.00119, \omega_{KII}(t) \\ &= 0.08054 \cdot \exp(-0.0084t) + 0.0475; \end{aligned}$$

– варіант II враховує відмови спряжень деталей машин за варіантом I при неврахуванні технологічних (систематичних) відмов, що визначають характер функціонування транспортних машин:

$$\begin{aligned} \omega_{III}^M(t) &= 0.1297 \cdot \exp(-0.05804t) + 0.00016, \omega_{KII}^M(t) = \\ &= 0.03156 \cdot \exp(-0.0093t) + 0.0334. \end{aligned} \quad (2)$$

Раціональну тривалість припрацювання з допустимою точністю можна розрахувати по формулі:

$$t_{np} = -\frac{1}{\alpha} \ln \left(\frac{\alpha}{\omega_1} \left(\frac{\omega_0 \cdot t + \ln P(t)}{\exp(-\alpha t) - 1} \right) \right), \quad (3)$$

де $P(t)$ – ймовірність безвідмовної роботи.

Побудована функція параметру потоку відмов важливо також для оцінки періоду припрацювання з економічної точки зору. Рівень надійності транспортних машин визначається за основними властивостями безвідмовності і довговічності, обґрунтований встановленням гарантійного терміну служби, розрахунком кількості і вибору номенклатури запасних деталей,

прогнозуванням рівня надійності при створенні аналогічних виробів нового покоління і модернізації.

Проведено теоретичне дослідження температурного режиму на контактуючих поверхнях зубчастих коліс з покриттями по температурі спалаху, яка дозволяє оцінити ефективність обраного покриття в запропонованій технології припрацювання.

На рисунку 1 показано схему контакту зубчастих передач з покриттям товщиною l_{hj} , де коефіцієнти теплопровідності і температуропровідності λ_k і k_k , індекс $k = 1$ або 2 , – відповідно позначено номер шару і тіла; $2l_0$ – ширина переміщуючої смужки контакту.

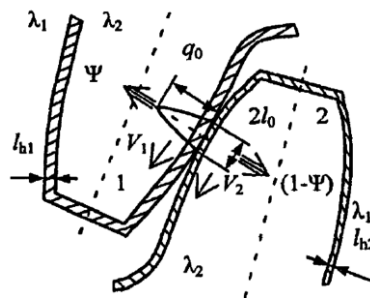


Рисунок 1 Схема контакту зубчастих передач

Схема для визначення температури спалаху показана на рисунку 2.

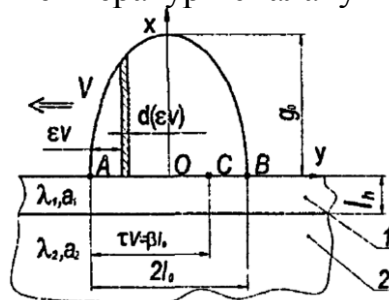


Рисунок 2 Схема для розрахунку величини температури спалаху

Для даної області рішення рівняння теплопровідності після використання методів операційного числення записується у вигляді:

$$d\Theta = \frac{dq \cdot k_1}{2 \cdot \lambda_1 \cdot \sqrt{\pi \cdot k_1 \cdot t}} - \frac{dq \cdot k_1}{2 \cdot \lambda_1 \cdot \sqrt{\pi \cdot k_1 \cdot t}} \sum_{n=0}^{\infty} a^n \exp \left\{ -\frac{(nl_h)^2}{k_1 \cdot t} \right\} + \frac{3 \cdot dq \cdot k_1 \cdot a}{2 \cdot \lambda_1 \cdot \sqrt{\pi \cdot k_1 \cdot t}} \sum_{n=0}^{\infty} a^n \cdot \exp \left\{ -\frac{(n+1)^2 \cdot l_h^2}{k_1 \cdot t} \right\}, \quad (4)$$

де $d\Theta$ – приріст температури спалаху на поверхні, dq – приріст інтенсивності теплового потоку, що рухається по поверхні шару $x=0$; $a = (1-\omega)/(1+\omega)$, $\omega = \lambda_2 \sqrt{k_1} / \lambda_1 \sqrt{k_2}$ – безрозмірні параметри; t – час.

Кінцевий вираз для оцінки температури спалаху на поверхні j -го тепла на основі вирішення (5) прийме вид:

$$\Theta_j = \frac{2 \cdot k_{1j} \cdot q_0}{\pi \cdot \lambda_{1j} \cdot V_j} \cdot T_j, \quad (5)$$

де q_0 – амплітудне значення теплового потоку, V_j – швидкість теплового джерела в зоні контакту; V_j – безрозмірна форма представлення температури

спалаху.

Алгоритм розрахунку температури спалаху реалізований в пакеті прикладних програм і може бути рекомендований для введення в систему автоматизованого проектування зубчастих передач. Розрахунки температури спалаху в можливих варіантах покриттів показали перевагу мідного покриття (таблиця 1), яке було використано на стадії виготовлення зубчастих коліс.

Таблиця 1 Розрахункові значення температури спалаху

Покриття 1 мкм	Результат розрахунку Θ , К	Температура плавлення покриття, К
Нет (сталь)	1123	1807
Алюміній	902	933
Мідь	877	1356
Олово	1080	505
Срібло	968	1233
Свинець	1400	600

Представлена методика і результати експериментальних досліджень на розроблену технологію припрацювання. Запропонована технологія припрацювання зубчастих передач полягає у формуванні поверхневого шару зубів передач на основі нанесення мідного покриття з наступною термообробкою, включаючи основну складову технологічного процесу реалізацію вибіркового перенесення як фізико-хімічний метод підвищення зносостійкості при застосуванні робочого середовища – металоплакуючих олив. Дана технологія припрацювання відповідає варіантом наведеними в таблиці 2.

Таблиця 2 Характеристика варіантів технологій припрацювання зубчастих передач і середовищі оливи

Варіант	Матеріал	Покриття	Кінцева обробка	Використовувана олива
1	Сталь 45	Немає	Поліпшення НВ 269-302	ZF TE-ML 02
2				ZF TE-ML 02 (мп)
3		Хімічне міднення	Поліпшення, твердість сталльної поверхні НВ 269-302	ZF TE-ML 02
4				ZF TE-ML 02 (мп)

Перевага технології 4 полягає в тому, що мідне покриття при термообробці рівномірно відводить тепло по всій поверхні, при цьому точність зубчастих коліс залишається на більш високому рівні в порівнянні з зубчастими колесами без покриття, що дозволяє не застосовувати після термообробки інші оздоблювальні операції поверхонь зубів. У період припрацювання забезпечується контактування зубчастих коліс в зоні пружних деформацій. Слід зазначити, що сучасними методами виготовлення складно отримати рівноважний стан поверхні тертя шестерень. Данні труднощі легко вирішуються запропонованою технологією припрацювання. У процесі досліджень контролювали зміну вихідної потужності на генераторі за допомогою вольтметра. Додатково до цього проводили періодичні візуальні спостереження за станом робочих поверхонь зубчастих коліс. Досліджувані

зубчасті передачі (виконані прямозубими, з числом зубів $z_1 = 20$, $z_2 = 49$, $m = 1$ мм) проходили припрацювання при наступних режимах окружна швидкість становила 0,67 м/с, а крутний момент на вихідному валу 0,289 Нм. Дослідження процесів припрацювання проводилося по чотирьох варіантів (табл.2). Результати стендових випробувань (рис.3) свідчать про те, що використання запропонованої технології припрацювання з використанням мідного покриття зубчастих передач і використанням металоплакуючих олив (варіант 4) відповідає найбільш раціональним умовам роботи редуктора, при яких стає значення вихідної потужності має найбільше значення 4,8 Вт, що на 25% вище, ніж при заводській технології (варіант 1); це говорить про значне скорочення споживання потужності в редукторі, причому період обкатування склав про менше значення $t_{np}^{min} = 20$ хв., в порівнянні з варіантами 1-3. Дані умови роботи сприяють підвищенню довговічності зубчастих передач редукторів.

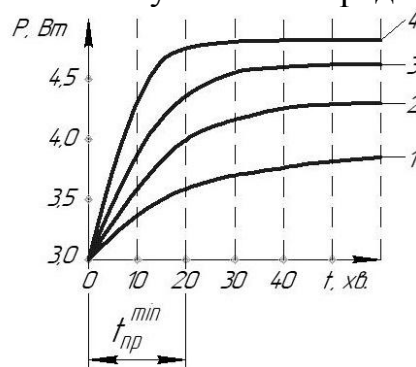


Рисунок 3 Залежність вихідної потужності від часу випробувань: 1 – варіант 1; 2 – варіант 2; 3 – варіант 3; 4 – варіант 4

Дослідження запропонованої технології припрацювання зубчастих передач при реалізації вибіркового переносу провели по партії зубчастих передач, що найбільш частіше підлягають схоплюванню в період обкатки заїданням (20-30% з партії), які подальшому безрозбірному відновленню і ремонту не підлягають. В зубчасті передачі 1 і 3 партії відповідно з картою мащення та технічної експлуатації заливали оливу ZF TE-ML 02. В партії 2 та 4 заливали оливу ZF TE-ML 02 (мп), склад якого – базова олива, ZF TE-ML 02, присадки ДФ-11 (1,2 %) і МКФ-18 (0,6 %) – компоненти присадки "Трибокор" – ТУ 3840187-88. Результати підтвердили процент заїдання (25 %) при використанні на оливі ZF TE-ML 02. Підчас використання 2-ї та 4-ї партії зубчастих передач схоплювання і заїдання, при вхідних до катастрофічним відмовах не спостерігалось. Аналіз результатів показав, що при використанні оливи ZF TE-ML 02 зниження і стабілізація споживаної потужності починається через 80-90 хв після пуску припрацювання. При використанні металоплакуючих олив ZF TE-ML 02 (мп) можливе зниження часу обкатки в режимі припрацювання до 40-50 хв. Крім того, до і після припрацювання проводили вимірювання параметрів точності і шорсткості робочих поверхонь зубів (табл. 3).

Аналізуючи результати випробувань і дані таблиці 3, можна зробити висновок: після закінчення встановленого періоду експлуатації в результаті зносу ступінь точності зубчастих коліс, виготовлених за запропонованою

технологією, залишається в межах вихідної. Після експлуатації сталі значення шорсткості поверхонь склало до застосування технології припрацювання $R_a = 0,760-0,863$ мкм, після впровадження запропонованої технології і $R_a = 0,378-0,41$ мкм, що відображає більш якісний стан робочих поверхонь зубів.

Таблиця 3 Параметри робочих поверхонь зубів за різними технологіями припрацювання

Вид технології	Мідне покриття	R_a , мкм
базова	Ні	0,76-0,863
запропонована	Так	0,378-0,41

Після закінчення періоду припрацювання виявлено, що знос має лінійну залежність, причому швидкість зношування по базовій технології (i_1) вища, ніж за запропонованою технологією (i_2) із застосуванням металоплакуючих олів.

Припрацювальний знос зубчатих коліс відповідно $U_{пр1} = 70$ мкм і $U_{пр1} = 30$ мкм. Виходячи з отриманих величин зношування визначили термін служби зубчастих передач (табл.4) за такою формулою:

$$t = \frac{U_{дон} - U_{прин}}{l}, \quad (6)$$

де $U_{дон} = S_m \cdot \beta$ – допустиме зношування зуба (S_m – номінальна товщина зуба, $\beta = 0,1 \dots 0,3$ – допустиме утончення зуба), $U_{прин}$ – зношування зуба за період припрацювання; $l = U_n / t_n$ – швидкість зношування в період нормальної експлуатації (U_n – величина зношування за термін нормальної експлуатації).

Таблиця 4 Параметри мірометрування зубчастих коліс за різними технологіями припрацювання.

Вид технології	$U_{ном}$, мкм	$U_{ном}$, мкм	U_n за $t_n=500$ мото-год, мкм	l , мкм/год
Базова	300	70	20	0,0417
Запропонована		30	10	0,0208

Таким чином, прогнозоване підвищення довговічності зубчастих передач при впровадженні розробленої технології складає 2,3 рази. Для розробленого процесу припрацювання технологічно забезпечити виготовлення зубчастих коліс високої якості. Якщо для забезпечення необхідної точності зубчастих коліс і якості поверхневого шару зубів термообробка проводиться перед операціями по обробці зубів (зубошліфування, зубохонінгування), то нанесення мідного покриття можливе після остаточної обробки зубів.

Слід зазначити, що для термічної обробки, що проводиться після міднення, крім збереження точності зубчастих коліс, згаданої вище, має такі переваги: робоча поверхня захищається від утворення окалини, вигорання вуглецю і легуючих елементів, зберігається первісна шорсткість робочої поверхні зубів під покриттям, знімаються залишкові напруження в півці покриття з основним металом.

Мідне покриття запропоновано здійснювати електрохімічним способом як найбільш технологічний метод нанесення покриттів на деталі складної форми. Технологія і склад, який використовується для нанесення мідного покриття даним способом, вибиралися відповідно до досвіду промисловості та

патентів з урахуванням вимог: високої швидкості осадження і сили зчеплення з основним матеріалом. Знайдений варіант нанесення необхідної товщини покриття (10 мкм) дозволяє отримати його за 6 хвилин (CuSO₄ 50 г/л; Na₂ EDTA 100 г/л; формалін (40%) 40 мл/л; NaOH – 36 г/л; Na₂S₂O₃ 10 мг/л; феррицианида K₃Fe(CN)₆ – 60 мг/л; етилендіамін C₂H₄ (H₂)₂ – 200 мг/л).

З метою врахування факту підвищення контактної міцності зубчастих коліс при застосуванні металоплакуючих олиив запропоновано оцінювати коефіцієнт впливу олиив (Z_L) у формулі допустимої контактної напруженості σ_{HP} , що не викликає небезпечної контактної втоми матеріалу зубчастого колеса:

$$\sigma_{HP} = \frac{\sigma_{Hlim} \cdot Z_N}{S_H} \cdot Z_R \cdot Z_V \cdot Z_x \cdot Z_\omega \cdot Z_L, \quad (7)$$

де σ_{Hlim} – межа контактної міцності; Z_N – коефіцієнт довговічності, що враховує межу міцності активної робочої поверхні; S_H – коефіцієнт запасу міцності; Z_R – коефіцієнт, що враховує шорсткість спряження поверхонь зубів; Z_V – коефіцієнт, що враховує вплив окружної швидкості; Z_x – коефіцієнт, що враховує розмір зубчастих зубів; Z_ω – коефіцієнт, що враховує вплив перепаду твердості матеріалів спряжених поверхонь зубів. Коефіцієнт Z_L , що входить в формулу (5) і враховує вплив мастильного матеріалу, згідно ГОСТ 21354 приймається рівним одиниці, зважаючи на відсутність наукових і експериментальних досліджень, що не відповідає реальному впливу мастильного матеріалу на допустиме контактне напруження. Для уточненого значення коефіцієнта Z_L запропонована залежність (8), яка враховує при застосуванні металоплакуючих олиив і формуванні мідного покриття підвищення контактної міцності зубчастих коліс:

$$Z_L = k_{mn} C_{ZL} + \frac{4k_{mn}(1 - C_{ZL})}{(1.2 + 80/v_{50})^2}, \quad (8)$$

де k_{mn} – коефіцієнт, що враховує використання мідного покриття зубів і (або) металоплакуючої олиив ($k_{mn}=1$ – для звичайних олиив; $k_{mn}=1,29$ – при використанні металоплакуючої олиив або мідного покриття зубів шестерень), $C_{ZL} = \frac{\sigma_{Hlim} - 850}{350} \cdot 0.08 + 0.83$ (σ_{Hlim} – межа контактної міцності при значеннях $\sigma_{Hlim} < 850$ МПа в рівняння C_{ZL} потрібно підставляти $\sigma_{Hlim} = 850$ МПа, при значеннях $\sigma_{Hlim} > 1200$ МПа, потрібно підставляти $\sigma_{Hlim} = 1200$ МПа), v_{50} – номінальна кінематична в'язкість, олиив при $t=50$ С.

Графічна інтерпретація формули (8), представлена на рис. 4.

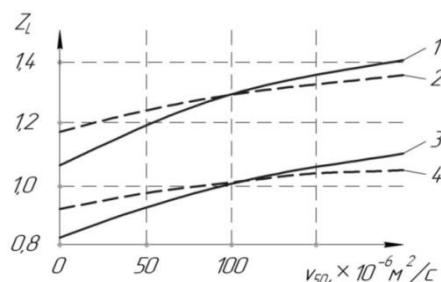


Рисунок 4 Залежність коефіцієнту Z_L від кінетичної в'язкості v мастильного матеріалу від різних варіантів випробувань (1-4)

Висновки

1. Розроблено технологію припрацювання зубчастих передач, що підвищує їх довговічність в 2,3 рази, за рахунок зниження початкового зносу і тривалості, а також швидкості зношування зубчастих коліс в процесі експлуатації при формуванні поверхонь тертя зубчастих коліс високої якості шляхом нанесення мідного покриття, застосування хімічно активного робочого середовища металоплакуючих оливок, що дозволяє створювати вторинні структури, плівки з яких не окислюється та мають малий опір зсуву.

2. Розроблено математичну модель для оцінки впливу запропонованої технології припрацювання по температурі спалаху, виходячи з теплофізичних характеристик і режимів роботи.

3. Розроблено технологію нанесення захисних металевих плівок в процесі реалізації вибіркового перенесення при використанні створеного металоплакуючих оливок ZF TE-ML 02 (мп) з раціональним вмістом компонентів МКФ-18 (0,6...1,0%) і ДФ-11 (1,2% по масі), що дозволило скоротити тривалість припрацювання зубчастих передач, підвищить їх зносостійкість і довговічність зубчастих коліс.

4. Встановлено, що в разі застосування металоплакуючих оливок і мідного покриття відбудеться підвищення контактної міцності зубчастих коліс до 29%. Це дозволяє підвищити точність розрахунку несучої здатності зубчастих передач.

5. Розроблено методику визначення економічно доцільної тривалості припрацювання складних технічних систем забезпечує заданий рівень їх якості за функцією параметра потоку відмов, рекомендованого для введення в нормативно технічну документацію.

6. Уточнений розрахунок коефіцієнта Z_i дозволяє приймати його значення у формулі допустимих контактних напружень в межах, зазначених на графіку.

Література

1. Kobets A., Aulin V., Derkach O., Makarenko D., Hrynkiv A., Krutous D., Muranov E. Design of mated parts using polymeric materials with enhanced tribotechnical characteristics. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. - 2020. Vol. 5 (12 - 107). - P. 49-57.

2. Аулін В.В., Власенко М.В., Лисенко С.В. Триботехнічні характеристики поверхонь тертя при електротрибохімічному методі припрацювання. Проблеми трибології (Problems of tribology). Хмельницький. ХДУ, 2003. – № 4 – С.140-144.

3. Аулін В.В., Власенко М.В., Лисенко С.В. Утворення мідної плівки на поверхнях тертя при електротрибохімічному методі прискореної обкатки двигунів. Конструювання, виробництво та експлуатація с/г машин. Загальнодерж. міжвідомчий наук.–техн. зб. Вип.34. – Кіровоград: КДТУ, 2004. – С. 186-190.

4. Аулін В.В., Лисенко С.В. Спосіб припрацювання механізму. Декл. патент на корисну модель України № 94967 В23 Н 9/00, F 02 В 79/00. Заявлено 10.01.05. Заявка № а 200500192. Зареєстровано 15.09.2005. Бюл. №9.

5. Aulin V.V., Derkach O.D., Makarenko D.O., Hrynkiv A.V., Krutous D.I. Application of polymer composites in the design of agricultural machines for tillage. *Problems of Tribology*, V. 25, No 2/96-2020, 49-58

6. Аулін В.В., Замота Т.Н., Ізюмський В.А. Изменение триботехнических характеристик контактных поверхностей зубчатого зацепления шестерен при электрохимико-механической приработке. *Вісник інженерної академії України*. – 2008. – №3-4. – С. 169-172.

7. Аулін В.В., Лисенко С.В., Семенюк М.Ф., Кузик О.В. Зміна властивостей оливи при електротрибохімічному відновленні робочих поверхонь деталей дизелів. *Проблеми трибології (Problems of tribology)*. Хмельницький. ХНУ, 2009. – №1 – С.68-70.

8. Аулін В.В., Лисенко С.В., Кузик О.В. Управление процессами изменение режимов трения в трибосистемах. *Зб. тез міжнар. наук. –практ. конф. "Ольвійський форум"-2009: Стратегії України в геополітичному просторі*. – Миколаїв: ЧДУ, 2009.-С. 63-64.

9. Аулін В.В., Лисенко С.В., Кузик О.В. Підвищення експлуатаційної надійності машин шляхом модифікування моторної оливи. *Вісник Харківського нац. техн. університету сільск. господарства*. Вип. 100. *Проблеми надійності машин та засобів механізації с/г виробництва*. – Харків. – 2010.-С.127-133.

10. Аулін В.В., Гриньків А.В., Головатий А.О. Дослідження ефективності управління системою технічного сервісу транспортних машин. *Автомобільний транспорт та інфраструктура: III Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, Україна, 23–26 квітня 2020 року: тези конференції*. Київ. 2020. С.3-5.

11. Аулін В.В., Замота Т.Н. Закономерности приработки деталей различных типов сопряжений. *Зб. тез матеріалів міжнар. наук. практи. конф. «Ольвійський форум - 2012» Секція «Трибологія, енерго- та ресурсозбереження»*, 6-10 червня 2012, Ялта., т. 12. – С.69-72.

12. Аулін В.В., Слонь В.В. Припрацювання трибосполучень деталей в режимі роботи "пуск – зупинка". *Зб. тез матеріалів міжнар. наук. практи. конф. «Ольвійський форум - 2012» Секція «Трибологія, енерго- та ресурсозбереження»*, 6-10 червня 2012, Ялта., т. 12. – С.73-74.

13. Аулін В.В., Слонь В.В., Бобрицький В.М., Лисенко С.В., Голуб Д.В., Кузик О.В., Тихий А.А. Спосіб зменшення зносу трибосполучень деталей двигуна внутрішнього згорання під час його пуску. Пат. 74656 Україна, МПК(2012.01) F01M 1/00, №u201203533; Заявл. 26.03.2012; Опубл. 12.11.2012; Бюл.№ 21, 12.11.2012 р.

14. Аулін В.В., Кузик О.В. Зміна стану зон тертя деталей машин та динамічне трибоматеріалознавство їх поверхневих шарів. *Зб. наук. праць КНТУ. Техніка в с/г виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація*, вип. 26. – Кіровоград 2013р. – С.32-40.

15. Аулін В.В., Слонь В.В., Лисенко С.В., Голуб Д.В. Припрацювальна мастильна композиція. Пат. 81598 Україна, МПК С10М 125/04 (2006.01), С10М 125/26 (2006.01), №u201213907; Заявл. 06.12.2012; Опубл. 10.07.2013; Бюл.№ 13, 10.07.2013 р.

16. Аулін В.В., Гриньків А.В. Підвищення ресурсу гідроагрегатів транспортних засобів обробкою олив електричним полем. *Зб. тез доповідей VIII*

Всеукр. наук.-практ. конф. студентів та аспірантів “Підвищення надійності машин і обладнання”. – Кіровоград: КНТУ, 2014. – С. 103-106.

17. Аулін В.В., Лисенко С.В. Обґрунтування поведінки молекул мастильного середовища та формування його шару на поверхні елементів триботехнічних систем. Зб. тез матеріалів міжнар. наук.-практ. конф. "Трибологія, енерго- та ресурсозбереження" яка проводилась в рамках "Ольвійського форуму 2014: Стратегія країн Причорно-морського регіону в геополітичному просторі", 4-7 червня 2014, Миколаїв: Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2014. – С.17-19.

18. Аулін В.В., Лисенко С.В., Голуб Д.В., Гриньків А.В., Мартиненко О.Д. Теоретико-фізичний підхід до діагностичної інформації про технічний стан агрегатів мобільної сільськогосподарської техніки. Вісник Харківського нац. техн. університету сільск. господарства. /Вип. 158. Ресурсозберігаючі технології, матеріали та обладнання у ремонтному виробництві. – Харків. – 2015.-С.252-262.

19. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В. Связь информационной энтропии с показателями надежности агрегатов и транспортных средств. Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств: Эксплуатация и развитие автомобильного транспорта [Текст]: материалы X междунар. заочн. науч.-техн. конф. 15 мая 2015 г., Пенза: ПГУАС, 2015. – С. 39-44.

20. Aulin V., Lysenko S.V., Hrinkiv A.V., Chernai A.E., Zhylova I.V. New approach to elucidating the physical nature of the processes that occur in the friction zone of mates of machine parts. Problems of Tribology, V. 25, No 4/98-2020, 13-19.

21. 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.

22. Аулін В.В., Чернай А.Є. Шляхи розв'язання проблеми підвищення надійності гідравлічних систем з золотниковим механізмом мобільної сільськогосподарської та автотранспортної техніки. Актуальні задачі сучасних технологій: зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 17–18 листоп. 2016) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін]. – Тернопіль: ТНТУ, 2016. – С.99-100.

23. Аулін В.В., Лисенко С.В. Забезпечення надійності деталей машин на різних етапах їх життєвого циклу технологіями триботехнічного відновлення. Тези доповідей IV-ої міжнар. інтернет-конф. "Проблеми довговічності матеріалів, покриттів та конструкцій", 11.11.2016 року: збір. наук. праць. Частина 1. – Вінниця: ВНТУ, 2016. – С.5-6.

24. Аулін В.В., Диха О.В., Лисенко С.В., Гриньків А.В. Вплив режиму мащення на триботехнічні характеристики поверхні спряжень деталей дизелів автомобілів. Збірник наукових матеріалів міжнародної науково-практичної інтернет-конференції: "Інноваційні технології розвитку та ефективності функціонування автомобільного транспорту", ЦНТУ м.Кропивницький, Україна, 14-15 листопада 2018 року. Кропивницький. 2018. С.218-240.

УДК 629.331

**УМОВИ ЗБЕРІГАННЯ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ В
СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ**

Савченко В.М. к.т.н.

Лопатинець Д.І.

Поліський національний університет

Abstract

The paper analyzes the methods of storage in the off-season of road transport in agriculture. As a result of research it is established that storage in hangars and garages accounts for 44%, under canopies – 51% and for storage in open areas – 5%.

Keywords: road transport, storage, corrosion, method

Вступ

Втрати зумовлені корозійними процесами металу в розвинутих країнах досягають 5...6 % ВВП. Пошук шляхів зменшення негативних явищ корозії є безумовно актуальною задачею. Доволі гостро питання захисту від негативних явищ корозії стоїть в сільському господарстві, оскільки сільськогосподарські машини не виконують свої основні функції і знаходяться на зберіганні від 40 до 90 % часу. Під час зберігання деталі та вузли машин піддаються корозії, саме тому пошук оптимальних способів і методів зберігання є першочерговою задачею для зменшення негативних явищ корозійних процесів.

Аналіз попередніх досліджень

Зберігання машин – це комплекс організаційно-технологічних заходів, які забезпечують захист машин, обладнання та їхніх складових від основних видів пошкоджень, руйнівних впливів за міжсезонного зберігання. Фарбування – це насамперед захист кузова, деталей, робочих органів від корозії. Проте всі вони піддаються впливу навколишнього середовища, таким як волога, дорожній бруд, погодні умови, механічні пошкодження тощо [1].

Під час експлуатації техніки спостерігається безліч найрізноманітніших факторів, що негативно позначаються на терміні служби її деталей: погодно-кліматичний вплив, умови зберігання й експлуатації, ступінь забруднення навколишнього середовища продуктами промислових відходів. Як-но, що зростання у 10...25 разів виробництва різних хімічних матеріалів (штучних добрив, сірчаної кислоти, синтетичних волокон), у процесі створення та використання яких виділяється велика кількість пари, пилу, агресивних газів і стічних вод, не може не позначатися на швидкості атмосферної корозії. Інтенсивність корозійного процесу спричинює ще й те, що за два останніх десятиліття у 2–2,5 рази зросла кількість шкідливих викидів виловних газів у атмосферу. Сьогодні в атмосферних опадах низки міст є такі корозійно-активні агенти, як сірчистий газ, хлориди, аміак, оксиди азоту [1].

Також на лако-фарбове покриття діють сонячне випромінювання, сніг, дощ, що розчиняють різні окисли, які містяться в атмосфері. Кислі опади руйнують покриття техніки, її вузлів і деталей та зумовлюють утворення значних зон пошкодження. У зоні функціонування хімічних заводів опади набувають особливо високої агресивності, під їхнім впливом швидко

руйнуються шари фарби і ґрунтівок, внаслідок чого у металі відбувається інтенсивний розвиток вогнищ корозії.

Також лакофарбове покриття втрачає свої фізико-хімічні властивості (блиск, колір, адгезійну стійкість) під час експлуатації (дорожні умови: щебінь, пісок та ін.).

Як відомо, практично вся сільськогосподарська техніка – це машини сезонного використання. І для того, щоб захистити її у період тривалого зберігання, слід провести низку спеціалізованих робіт, які покликані створити захисний покрив для надійного захисту техніки у міжсезоння [1].

Розрізняють три способи зберігання сільськогосподарської техніки: закритий (гараж, склад), відкритий – майданчик без даху, і комбінований – під навісом. Залежно від тривалості розрізняють таке зберігання: міжзміне, коли перерва у використанні не перевищує 10 днів, короткочасне – від 10 днів до двох місяців; і тривале, коли цей термін становить більш як 2 місяці.

Постановка проблеми

В сучасних реаліях залишається не визначеним способи і методи, які використовуються в сільськогосподарських підприємствах при постановці на зберігання автомобільного транспорту.

Мета та завдання

Метою даної роботи є аналіз способів зберігання автомобільного транспорту в умовах сільськогосподарських підприємств.

Для реалізації поставленої мети сформульовані наступні завдання:

- провести аналіз способів зберігання автомобільного транспорту в умовах сільськогосподарських підприємств Житомирської області.

Результати вирішення основних завдань

Проведений аналіз по вибору способу зберігання сільськогосподарських машин, показують незадовільний стан даного питання в сучасних реаліях агропромислового комплексу України (рис. 1)

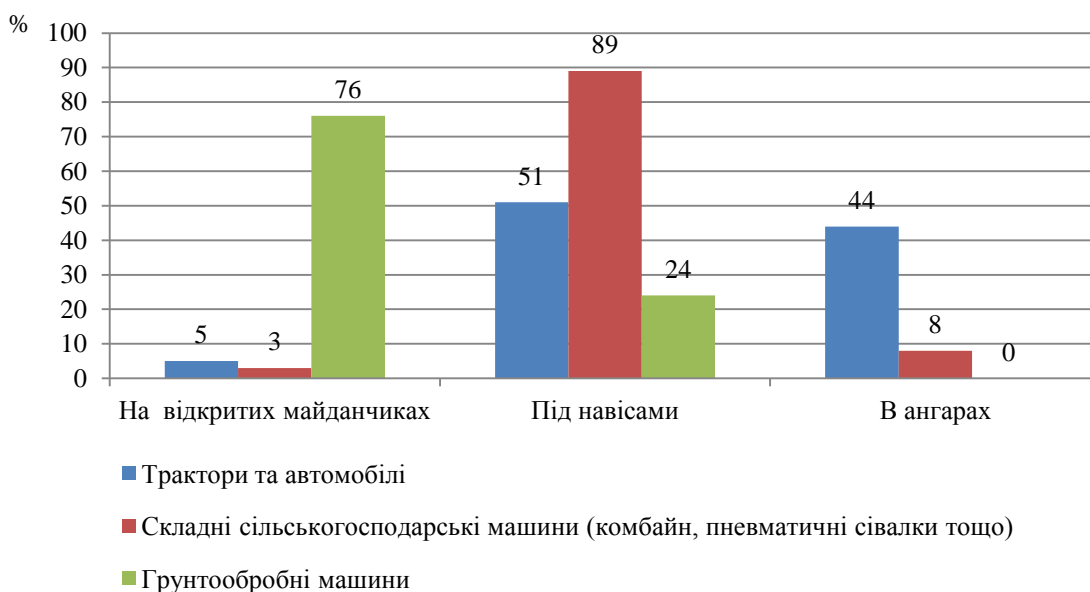


Рис. 1. Умови зберігання сільськогосподарських машин в умовах сільськогосподарських підприємствах, на основі аналізу 24 підприємств Житомирської області

Як видно з рис. 1., 5 % автомобілів та тракторів зберігаються на відкритих майданчиках. Зберігання на відкритих майданчиках найгірше впливає на корозійні процеси, саме тому покриття даних майданчиків були проаналізовані більш детально (рис. 2).

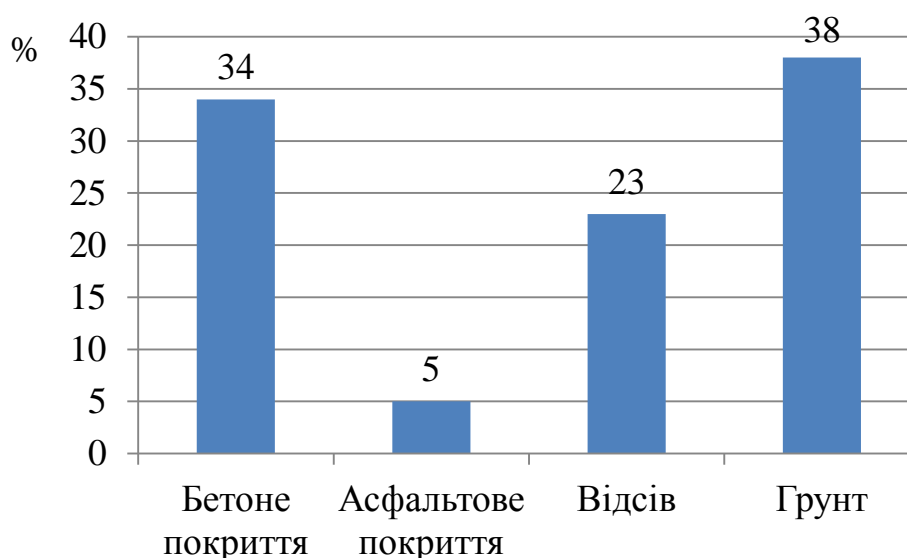


Рис. 2. Аналіз покриттів відкритих майданчиків для зберігання автомобілів і тракторів, на основі аналізу 24 підприємств Житомирської області

Аналіз способів зберігання сільськогосподарських підприємств виявив закономірність, що кращі умови зберігання можна спостерігати у великих аграрних підприємствах, чим менше аграрне підприємство тим гірші умови зберігання. Слід відмітити, що тільки в 12% випадків для зберігання автомобілів були виготовлені відповідні підставки.

Висновки

В зв'язку зі зберіганням в міжсезонний період тільки 51% автомобільного транспорту в ангарах необхідно шукати способи захисту вузлів автомобілів від атмосферної корозії.

Література

1. Карабиньош С. Готуємо техніку до зберігання. Засоби і матеріали. *Пропозиція*. 2015. <https://propozitsiya.com/ua/gotuiemo-tehniku-do-zberigannya-zasobi-ta-materiali>
2. Аулін В.В., Замота Т.Н., Чернай А.Є., Герук С.Н. Обеспечение приработки основных сопряжений гидроагрегатов. Техническое обеспечение инновационных технологии в сельском хозяйстве: сборник научных статей Международной научно-практической конференции (Минск, 22-24 ноября 2017 года) редкол.: В.П.,Чеботарев [и др.]. - Минск: БГАТУ, 2017. - С. 267-269.
3. Аулін В.В., Замота Т.Н., Чернай А.Є. Повышение надежности гидроагрегатов приработкой их основных сопряжений. Зб. тез доповідей V Міжнародної науково-технічної конференції "Крамаровські читання" 22-23 лют. 2018 р., м. Київ НУБіП. – К.: Видавничий центр НУБіП України, 2018. – С. 121-124.

УДК 004.89:656.13:658.5

**СУТНІСТЬ, ХАРАКТЕРНІ РИСИ ТА СПЕЦИФІКА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ І ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ**

**Аулін В.В., д.т.н., проф.,
Гриньків А.В., к.т.н.,
Лисенко С.В., к.т.н., доц.,
Голуб Д.В. к.т.н., доц.,
Головатий А.О., асп.**

Центральноукраїнський національний технічний університет

Розробка та впровадження інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) з метою підвищення ефективності транспортних та виробничих систем методами інтелектуалізації здійснює істотний вплив на їх здатність у досягнення стійкої мобільності, ефективності та надійності.

Інтелектуальні транспортні системи (ІТС) володіють сукупністю системних змін, спрямованих на надання надійних інноваційних послуг різними видами транспорту та досягнення його стійкої мобільності через підвищення ефективності, безпеки і екологічності [1]. ІТС розглядаються ключовими зацікавленими сторонами в якості сполученої ланки, що дозволяє усунути існуючий в даний час розрив на рівні взаємозв'язку між транспортними системами.

Нормативно-правова база не в повній мірі відповідає етапам розробки та впровадження сучасних ІТС, а також інтелектуальних виробничих систем (ІВС). Це спричинено фрагментальним їх розвитком, а також дуже різною можливою потребою на різних територіях держав, що в свою чергу не створює належні умови для узгодженої на міжнародному рівні політики в галузі транспорту і промисловості, а в деяких їх аспектах – повною відсутністю будь-яких нормативних положень. І якщо у вирішенні конкретних технічних проблем досягнуто істотний прогрес, то питання транспортної політики та інституційних заходів горизонтального характеру в теперішній час обговорюються лише в небагатьох країнах.

Щоб забезпечити стійке функціонування і мобільність транспорту і промисловості, необхідне використання при проектуванні системного підходу, спрямоване отримання істотних результатів на основі системного підходу. Серед них підвищення безпеки дорожнього руху та енергоефективності транспорту, скорочення викидів парникових газів і забруднювачів, охорона праці на виробничих підприємств, а також розширення частки поновлюваних джерел енергії. Каталізатором цього може бути ІКТ [2].

Для успішного сприяння переходу до стійкої мобільності ІТС і ІВС потрібен новий підхід та методологія до їх розвитку. Глобальні тенденції широкомасштабного характеру, при цьому пов'язані з демографічною динамікою, зростанням торгівлі та стрімкою урбанізацією, їх вплив на навколишнє середовище, а також, уразливістю транспортної і промислової інфраструктури перед наслідками зміни клімату. Зазначені фактори обумовлюють необхідність трансформувати і адаптувати транспортні та

виробничі системи, щоб забезпечити їх стійке і ефективне функціонування. Прийняття одних лише традиційних заходів поліпшення транспортних та виробничих систем на сьогодні вже недостатньо для вирішення накопичених системних і взаємопов'язаних проблем. Необхідністю є підходи, які б дозволили не тільки зменшити роль негативних аспектів транспортних та виробничих систем, але й одночасно гарантування їх глобальної трансформації в інтелектуальні системи (ІС), що забезпечить загальний доступ і прийнятну за вартістю мобільність.

Крім того, ІТС та ІВС майбутнього повинні мати більш високий рівень безпеки і надійності з мінімальними побічними ефектами впливу на навколишнє середовище і соціальну обстановку. За умови впровадження технологій ІТС та ІВС є можливість: перегляду парадигми, а також зменшити секторальний розрив розвитку суспільства та природнього середовища при реалізації рішень, заснованих на використанні ІКТ.

Створення ІТС вважають одним з ключових факторів підтримки ролі транспортного сектора, в тому числі і адаптації до кліматичних змін і пом'якшення їх наслідків. За підсумками засідання "за круглим столом" на рівні міністрів в ході двадцять другого Всесвітнього конгресу з ІТС, який відбувся в Бордо (Франція) 5-9 жовтня 2015 року, було прийнято Маніфест Бордо – "Роль ІТС в рішенні проблем, пов'язаних зі зміною клімату" [3]. У цьому документі чітко визнається незамінна роль ІТС в тому, що стосується вкладу транспортних систем в процес досягнення показників:

– ІТС можуть сприяти скороченню викидів CO₂ і рівня забруднення повітря в містах завдяки оптимізації управління мережами і стимулювання екологічного водіння, а також більш часте використання громадського транспорту і видів транспорту з більш низькими викидами вуглецю замість власних автомобілів;

– в рамках комплексного підходу, необхідного для скорочення викидів CO₂, ІТС дозволяють сформувати в єдиний зв'язок усі службові ланки: підключення до мережі і автономні транспортні засоби; супутникові навігації; електромобільні; керування вільними паркувальними місцями в місті; логістичні ланки та формування транспортних потоків при мінімальному екологічному впливі.

ІТС характеризують як такі, що засновані на передових технологіях впровадження, які націлені на надання інноваційних послуг у сфері управління рухом стосовно різних видів транспорту і які сприяють підвищенню інформованості користувачів. Виявлення можливості використання транспортної мережі в більш безпечному, скоординованому, тобто інтелектуальному режимі функціонування.

Застосування ІТС сприяє досягненню стійкої мобільності за рахунок того, що транспорт стає більш ефективним, безпечним і екологічним. ІТС можна також розглядати як будь-яку систему послуг по перевезенню пасажирів або вантажів, ефективну з економічної точки зору.

ІТС та ІВС об'єднують телекомунікації, електронне обладнання та інформаційні технології (ІТ) з транспортним та виробничим інжинірингом, що

дозволяє планувати, розробляти, експлуатувати і обслуговувати транспортні та виробничі системи і управляти ними. Застосування ІКТ на різних видах транспорту істотно допомагає оптимізувати використання існуючих транспортних мереж, зменшити шкідливі наслідки для навколишнього середовища, підвищити ефективність, в тому числі енергоефективність, і мобільність пасажиро- і вантажопотоків, підвищити безпеку і надійність, в тому числі при перевезенні небезпечних вантажів, і одночасно сприяти економічному зростанню, а також підвищенню показників конкурентоспроможності і зайнятості.

ІТС та ІВС включають в себе найсучасніші мехатронні та електронні пристрої, які розробляються з урахуванням конкретних їх потреб. Це дозволяє передавати інформацію, що надходить учасникам дорожнього руху і правоохоронним органам в режимі реального часу. ІТС, які вбудовуються в транспортні засоби і встановлюються на дорогах, використовують технології, які мають відношення до автоматизації водіння транспортними засобами і управління транспортними потоками. Новітні технології на транспорті підвищують безпеку транспортних засобів та інфраструктури і забезпечують безперебійний і зручний режим перевезення пасажирів і вантажів за допомогою задіяння відповідних функцій транспортних засобів та інтерактивної взаємодії їх з дорожньою інфраструктурою та іншими транспортними засобами. В такому напрямку автономні пристрої допомагають водіям підтримувати безпечну швидкість і дистанцію, триматися в межах смуги, уникати обгону в критичних ситуаціях і безпечно проїжджати перехрестя, що позитивно позначається на безпеці і управлінні дорожнім рухом. Можливі і додаткові переваги у випадках постійного підтримування зв'язків транспортних засобів один з одним і з дорожньою інфраструктурою.

В останні роки дослідження в області інтелектуальних транспортних (ІТЗ) та виробничих (ІВЗ) засобів, в основному, ведуться в напрямку розробки кооперативних ІТЗ (К-ІТЗ) та ІВЗ (К-ІВЗ), які дозволяють підтримувати зв'язок між собою або з об'єктами інфраструктури. Кооперативні ІТЗ дозволяють істотно підвищити якість і надійність інформації про транспортні засоби, їх місцезнаходження і обстановку на дорозі. Зазначені ІТЗ сприяють підвищенню якості існуючих і появі нових послуг, а також істотну користь в соціальному і економічному плані та підвищить ефективність і безпеку транспорту. Крім того ІТЗ забезпечують широку інтеграцію в рамках транспортних систем через використання таких впроваджень, як надання квитків "від дверей до дверей" для осіб, що здійснюють регулярні маятникові поїздки.

Впровадження, які вже доступні, дають користувачам можливість оптимізувати індивідуальні транспортні маршрути з урахуванням різних видів транспорту, надаючи рекомендації щодо визначення та розробок найбільш оптимальних комбінацій транспортних послуг. Аналогічна концепція може бути розроблена і застосована також до вантажних перевезень при оптимізації транспортних маршрутів і видів транспорту на шляху від виробників до

споживачів, що дає додаткові переваги як першим, так і другим, а також скорочує шкідливий вплив на навколишнє середовище.

Література

1. Аулін В.В., Голуб Д.В. Стан структури та основні напрямки розвитку пасажирського транспорту загального користування в м. Кіровограді. Техніка в с/г виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. 2007р. Вип. 18. С.288-291.

2. Аулін В.В., Кулешков Ю.В., Павлюк-Мороз В.А., Соловський В.С. Загальна методика досліджень в технічних та природничих науках. Проблеми трибології (Problems of tribology). 2002. №1. С.186-196.

3. Статистичні методи обробки та аналізу економічних даних ISBN – 966-7531-32-5 : навч. посіб. / Аулін В.В. та ін. Кіровоград, 2003.

4. Аулін В.В., Гриньків А.В., Головатий А.О., Лисенко С.В., Голуб Д.В., Кузик О.В., Тихий А.А. Методологічні основи проектування та функціонування інтелектуальних транспортних і виробничих систем. монографія під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. – Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2020.

УДК 656.13

**КОНЦЕПЦІЯ ФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ ОЦІНКИ ЯКОСТІ
ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ МЕШКАНЦІВ МІСТ**

Меленчук Т.М. д.т.н., проф.

Кирилюк Є.В.

Одеська державна академія технічного регулювання та якості

Abstract

The issue of forming a system for assessing the quality of passenger transportation in cities is considered. Factors influencing the quality of transport services for city residents are substantiated. It is proposed to take into account the costs of transport enterprises for the organization of the transport process when forming the requirements for the quality of passenger transportation.

Keywords: quality, transportation, route, passenger, travel parameters, costs, profit.

Вступ

Формування економічних відносин між мешканцями міст та транспортними підприємствами, які виконують перевезення пасажирів, повинно враховувати баланс між інтересами пасажирів, перевізників та муніципальної влади. В таких умовах одним з основних завдань при формуванні системи оцінки якості перевезення мешканців в містах є прогнозування значень показників якості транспортного обслуговування пасажирів з урахуванням витрат транспортних підприємств на організацію процесу перевезення.

Аналіз попередніх досліджень

Пасажирські перевезення суттєво впливають на соціальну, екологічну та виробничу сфери функціонування міста, що визначає умови конкуренції для перевізників різних форм власності. Серед переліку проблем розвитку та функціонування міст особливе значення має розробка системи забезпечення відповідного рівня безпеки та якості перевезення пасажирів [1]. Дослідники визначають, що при впровадженні системи якості великою проблемою для перевізників, органів контролю і мешканців міст є відсутність розробленої єдиної методології оцінки якості перевезення пасажирів. Дослідники виділяють фактори, які із соціальної точки зору мають особливе значення: повне і своєчасне задоволення потреб населення в перевезеннях, прискорення пересування пасажирів, створення необхідного комфорту поїздки, здійснення заходів, що забезпечують безпеку руху і зменшення рівня забруднення навколишнього середовища, підвищення регулярності й частоти руху транспортних засобів [2]. Забезпечення якості перевезення пасажирів передбачає створення систем управління якістю відповідно вимог міжнародних стандартів [3]. Існуючі методи оцінки якості перевезення пасажирів як параметри використовують складові витрат часу пасажирів на пересування та показники умов цього пересування. [3, 4]. Однак, планування якості технологічного процесу перевезення пасажирів повинно базуватися на параметрах даного процесу.

Постановка проблеми

Для планування якості технологічного процесу перевезення пасажирів доцільно як показники використовувати параметри даного процесу. Крім того, доцільно враховувати можливість додаткового фінансування транспортних підприємств для компенсації витрат на досягнення рівня якості, якого вимагає влада міста.

Мета та завдання

Метою роботи є визначення концепції формування системи оцінки якості перевезення пасажирів у містах шляхом розрахунку інтегрованого показника якості перевезення пасажирів на міському маршруті з урахуванням додаткового фінансування транспортних підприємств.

Результати вирішення основних завдань

Інтегрований показник якості перевезення пасажирів на маршруті міського пасажирського транспорту повинен враховувати параметри транспортного процесу, які впливають на умови перевезення пасажирів. Основними характеристиками пересувань є довжина, швидкість сполучення й витрати часу на пересування [5]. Складові витрат часу на пересування, які впливають на труднощі сполучення, формують узагальнену характеристику, що включає в себе ряд показників зручності. У загальному випадку це є: час пішохідного підходу від дверей пункту відправлення до зупинного пункту міського пасажирського транспорту, час очікування транспорту на зупинному пункті, час руху у транспорті й час пішохідного підходу від зупинного пункту міського пасажирського транспорту до дверей пункту призначення. Запропоновано інтегрований показник якості перевезення пасажирів на маршруті міського пасажирського транспорту, який включає фактичні та раціональні значення довжини перегону, інтервалу руху, технічної швидкості та кількості пасажирів в салоні транспортного засобу.

Досягнення раціональних значень параметрів технологічного процесу можливо за рахунок додаткового фінансування транспортних підприємств. Додаткове фінансування можливо за рахунок державних дотацій або шляхом визначення відповідного тарифу, який би компенсував додаткові витрати на підвищення якості. Існуючий стан економічного розвитку країни не дозволяє перевізникам розраховувати на додаткові державні дотації. Внаслідок цього, реально транспортні підприємства можуть отримувати додаткове фінансування для підвищення якості транспортного обслуговування тільки за рахунок підвищення тарифу на перевезення. підвищення тарифу призводить до зменшення обсягів перевезень пасажирів і, як наслідок, зменшення доходів від перевезень. При цьому, залежність якості перевезення пасажирів від витрат на його виконання має нелінійний характер. Зменшення прибутку транспортних підприємств повинно компенсуватися муніципальною владою для забезпечення відповідної якості перевезення. Внаслідок цього, система оцінки якості перевезення пасажирів у містах повинна враховувати можливості муніципальної влади фінансово забезпечувати той рівень якості, який вона бажає досягнути.

Висновки

Підвищення якості транспортного обслуговування мешканців міст є одним з головних напрямків діяльності муніципальної влади у сфері транспорту. Запропонований інтегрований показник якості перевезення пасажирів на маршруті міського пасажирського транспорту включає фактичні та раціональні значення довжини перегону, інтервалу руху, технічної швидкості та кількості пасажирів в салоні транспортного засобу. Для забезпечення необхідного рівня якості, який муніципальна влада бажає досягнути, повинно проводити відповідне фінансове забезпечення. Це повинно бути враховано при розробці системи оцінки якості перевезення пасажирів у містах.

Література

1. Якунина Н. В. Методология повышения качества перевозок пассажиров общественным автомобильным транспортом / Н. В. Якунина. Дисс. на соиск. уч. степени докт. техн. наук.: 05.22.10. – Оренбург: Оренбургский государственный университет. – 2014. – 354 с.
2. Лежнева О. І. Раціональна організація руху на маршрутах міського пасажирського транспорту / О. І. Лежнева // Вісник НТУ «ХП». – Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХП», 2014. – № 17 (1060). – С. 37 – 42.
3. Пассажи́рские автомоби́льные перевозки / [В. А. Гудков, Л. Б. Миротин, А. В. Вельможин, С. А. Ширяев]. – Москва : Горячая линия –Телеком, 2006. – 448 с.
4. Курганов В. М. Логистика. Управление автомобильными перевозками. Практический опыт / В. М. Курганов. – Москва: Книжный мир. 2007. – 448 с.
5. Доля В. К. Пасажирські перевезення / В. К. Доля. – Х.: «Видавництво «Форт»», 2011. – 504 с.
6. Аулін В.В., Гриньків А.В., Головатий А.О. Інтелектуальні транспортні системи як результат впровадження інноваційних ефективних технологій. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції “Підвищення надійності машин і обладнання. Increase of Machine and Equipment Reliability”, 15-17 квітня 2020 р. – Кропивницький : ЦНТУ, 2020. – С.207.
7. Аулін В.В., Гриньків А.В. Кіберфізичний підхід в дослідження стану технічних систем. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції “Підвищення надійності машин і обладнання. Increase of Machine and Equipment Reliability”, 15-17 квітня 2020 р. Кропивницький : ЦНТУ, 2020. С.168-169.
8. Аулін В.В., Гриньків А.В., Головатий А.О., Лисенко С.В., Голуб Д.В., Кузик О.В., Тихий А.А. Методологічні основи проектування та функціонування інтелектуальних транспортних і виробничих систем. монографія під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2020.
9. Аулін В.В., Гриньків А.В., Головатий А.О. Кіберфізичний підхід при створенні, функціонуванні та удосконаленні транспортно-виробничих систем. Центральнокропивницький науковий вісник. Технічні науки. 2020. Вип. 3(34). С.331-343.

УДК 004.89:656.13:658.5

АНАЛІЗ СУКУПНОСТІ ПОКАЗНИКІВ СТІЙКОГО РОЗВИТКУ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ ТА МЕТОДІВ ЇХ РЕАЛІЗАЦІЇ НА ПРАКТИЦІ

**Аулін В.В., д.т.н., проф.,
Гриньків А.В., к.т.н., доц.,
Головатий А.О., асп.,
Рябцев Н.О., ст.**

Центральноукраїнський національний технічний університет

Abstract

On the basis of the intelligent transport system, six groups of indicators have been identified, which has a significant impact on the sustainable development of the system. The main methods and measures of implementation for each of the selected groups are clarified.

Key words: target indicator, intelligent transport system, method, sustainable development.

Вступ

Інтелектуальні транспортні системи можна розглядати як фактор, що сприяє реалізації політики пом'якшення найбільш негативних аспектів транспортних систем. Це дасть можливість здійснити досягнення суспільної мобільності на більш рівноправній основі, як для пішоходів, велосипедистів так і для інших вразливих учасників дорожнього руху – в умовах домінування автомобілів на дорогах, а також підвищення ефективності режиму доставки вантажів і пасажирів. Вони можуть виступати в якості каталізатора зусиль по досягненню стійкої мобільності і одночасно є основним інструментом забезпечення максимальної ефективності надання транспортних послуг та ефективного використання інфраструктури.

Мета і завдання

Метою даної роботи є з'ясування сукупності показників стійкого розвитку інтелектуальних транспортних систем, а також вибір методів їх реалізації на практиці.

Реалізація мети передбачає розв'язання наступних завдань:

1. Сформувати групи цільових показників інтелектуальної транспортної системи.

2. З'ясувати методи реалізації показників різних груп.

Таблиця 1 Групи цільових показників інтелектуальних транспортних систем та методи забезпечення їх усталеного розвитку

Результати вирішення основних завдань

На рисунку 1 відображено взаємодія цільових груп показників, що здійснюють вплив на розвиток ІТС. Зведені по групах цільові показники сталого розвитку ІТС зведені до табл.1, які здатні реалізувати безпосередній внесок в досягнення їх усталеного розвитку, а отже, зіграти важливу роль у забезпеченні стійкої мобільності.

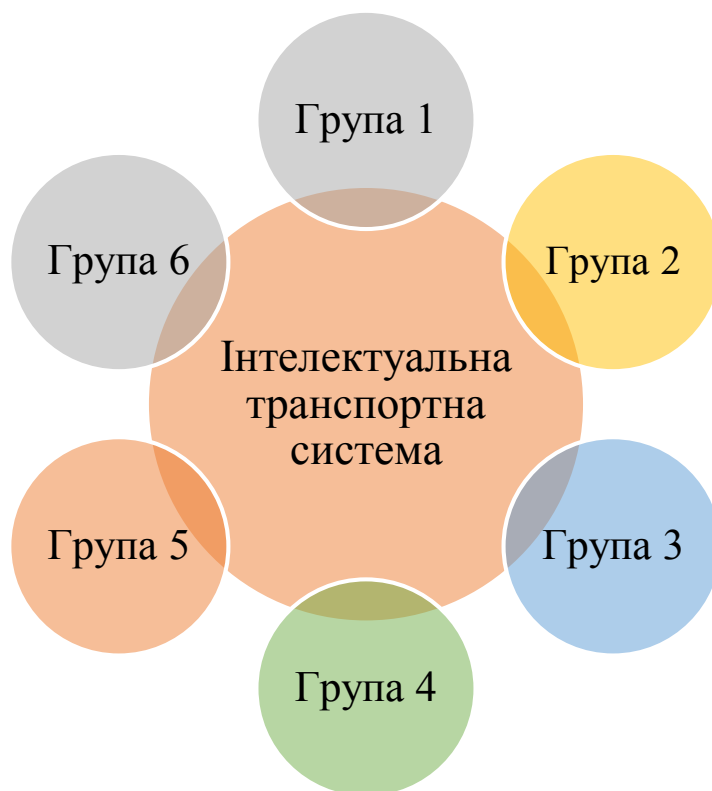


Рисунок 1. - Взаємодія цільових груп показників, що здійснюють вплив на розвиток інтелектуальних транспортних систем

Важливим в процесів ефективного функціонування і використання ІТС є цільові показники їх сталого розвитку

Група	Зміст показників
Група 1	<ol style="list-style-type: none"> 1. Скорочене в два рази число смертей і травм в результаті дорожньо-транспортних пригод (ДТП). 2. Скорочення кількості випадків смертей і захворювань під впливом небезпечних хімічних речовин і забруднення і отруєння повітря, води і ґрунтів.
Група 2	<ol style="list-style-type: none"> 1. Формування мережі з надійним та економічно доступним енергопостачанням. 2. Значне збільшення частки енергії з поновлюваних джерел в світовому енергетичному балансі. 3. Подвоєння глобального показника підвищення енергоефективності.
Група 3	<ol style="list-style-type: none"> 1. Розвиток якісної, надійної, стійкої інфраструктури, включаючи регіональну і транскордонну інфраструктуру, в цілях підтримки економічного розвитку і благополуччя людей, приділяючи особливу увагу забезпеченню недорогого і рівноправного доступу для всіх.
Група 4	<ol style="list-style-type: none"> 1. Забезпечення доступу до безпечних, недорогих, доступних і стійких транспортних систем завдяки підвищенню безпеки дорожнього руху, в тому числі за рахунок розширення мережі

	громадського транспорту, приділяючи при цьому особливу увагу потребам осіб, які перебувають в уразливому положенні, жінкам, дітям, інвалідам та людям похилого віку.
Група 5	1. Досягнення раціонального освоєння і ефективного використання природних ресурсів.
Група 6	1. Забезпечення адаптованості та оперативної готовності до стихійних лих, небезпечних аварій та кліматичних негод для значної частини територій земної кулі. 2. Використання заходів реагування на зміну клімату в політиці, стратегії та плануванні на національному рівні.

Аналіз змісту зазначених показників дає можливість розробити методи забезпечення усталеного розвитку ІТС по кожній із їх груп. Реалізація показників групи 1 здійснюється за допомогою методів:

1. Система запобігання зіткнень автомобілів використовує радар, а в деяких випадках лазерні датчики і відеодатчики для виявлення безпосередньої небезпеки зіткнення.

2. Системи допомоги при водінні, засновані на технології "інтелектуальних" датчиків, що здійснюють постійний моніторинг обстановки навколо транспортного засобу і поведінки водія при водінні. Вони на ранній стадії виявляють потенційно небезпечні ситуації і здійснюють активну підтримку водія.

Показники цілі, цільові показники групи 2 проваджуються в ІТС забезпеченням надійного джерела електроенергії для транспортних засобів завдяки програмам на базі "розумної" електромережі або за допомогою використання:

– автобусів зі швидкісної підзарядкою на "флеш-станціях", наприклад, автобусів, подібні тим, які беруть участь в пілотному проекті TOSA Управління громадського транспорту Женеви;

– методу індукційної підзарядки, який використовується, наприклад, в розробленому Університетом штату Юта прототипі в транспортних засобах з бездротовою системою індукційної підзарядки;

– технології, заснованої на ефекті "резонансу в напруженому магнітному полі", подібні тим, які були застосовані в Гумі (Південна Корея) і полягає в тому, що електричні кабелі, прокладені в асфальті, створюють електромагнітне поле для транспортних засобів громадського транспорту (але не легкових автомобілів), яке потім перетворюється в електроенергію індукційною котушкою акумулятора, який може при цьому перебувати на певній висоті більш півфута від дорожнього полотна.

Методи забезпечення усталеного розвитку для цільового показника групи 3 наступні:

1. Більш ефективне використання існуючої інфраструктури або зниження потреби в будівництві дуже масштабною і, як наслідок, нестійкої інфраструктури можливо домогтися за рахунок організації руху автомобільних

колон - груп транспортних засобів, які рухаються разом і активно обмінюються інформацією за допомогою технології, що дозволяє транспортним засобам підтримувати зв'язок між собою і з дорожньою інфраструктурою.

2. Організація руху автомобільних колон є одним з рішень, які сприяють паливній економічності і ефективності транспортних потоків, а також зручності водіння. Основна ціль організації руху в колоні полягає в тому, щоб уникнути проблем, пов'язаних з перевантаженістю дорожнього руху, завдяки використанню технології автоматизації. У порівнянні з ручним режимом водіння вона дозволяє організувати рух транспортних засобів впритул один до одного. В кожному ряду може рухатися майже вдвічі більше транспортних засобів, ніж при використанні існуючої системи із ручним режимом водіння. Це, очевидно, приводить до скорочення заторів на автомагістралях.

3. У транспортних засобів в щільній колоні підтримується низький лобовий аеродинамічний опір, що дозволяє істотно скоротити витрату палива і рівень викидів забруднень повітря. Скорочення лобового опору веде до зниження витрати палива і рівня викидів на 20-25%.

4. Ці методи обумовлюють продовження реалізації ряду проектів в області організації руху автомобільних колон, наприклад, європейського проекту SARTRE, каліфорнійської програми по автоматизації дорожнього руху PATH, в якій застосовується рух автомобільних колон. Цьому сприяє спільна ініціатива в області автоматизації водіння GCDC, проект з організації руху автомобільних колон SCANIA, а також японського проекту з організації руху колон вантажних автомобілів "Енерджі ІТС".

Що стосується цільового показника групи 4, то у забезпеченні усталеного розвитку ІТС важливу роль на транспорті, особливо в великих містах може відігравати виконання наступного:

- управління регульованими перехрестями, дозволяє оптимізувати транспортні потоки і знизити рівень шкідливих викидів в атмосферу;
- камери відеофіксації дають можливість виявити факти перевищення швидкості і проїзду на червоне світло світлофора;
- "інтелектуальні" світлофори, можуть збільшувати час, що відводиться для переходу дороги пішоходами, в тих випадках, коли це потрібно;
- знаки із змінним повідомленням, надають актуальну інформацію про ситуацію на дорозі, наявності вільних місць для паркування або роботі громадського транспорту в режимі реального часу;
- послуги з надання потрібної інформації перед початком або під час поїздки на міському транспорті (за допомогою WAP, SMS і т.д.);
- послуги з продажу єдиних квитків на поїздки, в яких задіяні різні види транспорту, електронних квитків і т.д.

Реалізація цільового показника групи 5 відбувається на основі наступних методів і заходів:

1. Система екоадаптивного балансування і управління (EcoABC), призначена для розподілу транспортних потоків енергоефективним чином в рамках дорожньої системи на централізованому рівні.

2. Рішення приймаються на основі "енергетичної карти", складеної з урахуванням даних дорожньої мережі та модулів оцінки і прогнозування викидів.

3. Після того як зроблено розрахунок найбільш оптимальної моделі розподілу транспортних потоків, встановлюються відповідні цільові показники для блоку управління, який має низку можливостей для досягнення сукупності цілей.

4. Нові моделі управління будуть підвищувати свою ефективність за рахунок залучення водіїв транспортних засобів в процесі оптимізації потоків. Водії будуть інформуватися про те, на яких ділянках і коли з'являється "зелена хвиля" і який швидкісний режим їм слід підтримувати, щоб залишатися в цій "хвилі", а також про найбільш оптимальні "мікрмаршрути" для наступних ділянок шляху.

Зазначимо, що всі ці методи спрямовані на сукупність заходів:

- розподіл і балансування транспортних потоків в межах дорожньої мережі з метою забезпечення більш оптимального рівня її завантаженості;
- скорочення часу простою і кількість зупинок;
- забезпечення більш рівномірного транспортного потоку;
- інформування водіїв про оптимальні маршрути для них.

Ці заходи дозволяють не тільки поліпшити загальну дорожню ситуацію, тобто зменшити кількість заторів і зробити транспортні потоки більш рівномірними, але і істотним чином скоротити витрату палива і рівень викидів відпрацьованих газів.

До методів впровадження ІТС цільових показників групи 6 та які довели свою ефективність в скороченні викидів CO₂, відносяться наступні:

- удосконалена навігаційна система;
- удосконалена система управління транспортними потоками;
- динамічна система вибору маршруту;
- система електронного стягування плати за користування дорогами;
- удосконалена логістична система;
- динамічна система пошуку паркувального місця з використанням програми SPS, яка має своєю метою підвищення зручності процесу парковки для водіїв. Датчики, встановлені на кожному паркувальному місці, відправляють на радіоприймальні пристрої інформацію про те, які місця були зайняті. Потім ця інформація відображалась для водіїв на екранах СІД, встановлених поряд з парковками, а також прямувала через мобільний додаток SFPark, який можна завантажити з Інтернету. У результаті обсяг викидів відпрацьованих газів зменшився на 30%.

Висновки

1. Визначено шість цільових показників проектування, функціонування та прогнозування інтелектуальної транспортної системи.

2. Дано аналіз кожної із груп цільових показників.
3. Визначено методи реалізації сукупності цільових показників інтелектуальних транспортних систем.

Література

1. Аулін В.В., Великодний Д.О., Голуб Д.В., Дьченко В.О. Підвищення ефективності управління логістичним ланцюгом постачання в транспортній системі. Зб. тез доповідей VI Міжнародної науково-технічної конференції "Крамаровські читання" 21-22 лют. 2019 р., м. Київ / НУБіП. К.: Видавничий центр НУБіП України, 2019. С. 195-198.
2. Аулін В.В., Великодний Д.О., Дьченко В.О. Моделювання ланцюга постачання в транспортно-логістичній системі. Тези доповідей Третьої Всеукраїнської науково-теоретичної конференції "Проблеми з транспортними потоками і напрямки їх розв'язання", 28–30 березня 2019 року. Дрогобич.: Посвіт, 2019. С.68-69.
3. V. Aulin, O. Pavlenko, D. Velikodnyy, O. Kalinichenko, A. Hrinkiv, V. Dychenko, V. Dzyura. Methodological approach to estimation of efficiency of the facing of the stock complex of transport and logistic centers in Ukraine. ICCPT 2019: Current Problems of Transport: Proceedings of the 1st International Scientific Conference, May 28-29, 2019, Ternopil, Ukraine. С.120-134.
4. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Антощенко Є.В. Необхідність стратегічного розвитку транспортної логістики в Україні. Матеріали 1ої Міжнародної науково-практичної конференції "Підвищення надійності машин і обладнання. Increase of Machine and Equipment Reliability", 17-19 квітня 2019 р. Кропивницький : ЦНТУ, 2019. С.280-281.
5. Аулін В.В., Великодний Д.О., Довгий А.О., Галінський Є.С. Стратегія сталої логістики для України на період до 2030 року. загальні вимоги до транспортної логістики. Матеріали 1ої Міжнародної науково-практичної конференції "Підвищення надійності машин і обладнання. Increase of Machine and Equipment Reliability", 17-19 квітня 2019 р. Кропивницький : ЦНТУ, 2019. С.282-284.
6. Аулін В.В., Великодний Д.О., Голуб Д.В., Дьченко В.О., Головатий А.О. Стан та стратегічні цілі логістики автомобільного транспорту України. Матеріали 1ої Міжнародної науково-практичної конференції "Підвищення надійності машин і обладнання. Increase of Machine and Equipment Reliability", 17-19 квітня 2019 р. Кропивницький : ЦНТУ, 2019. С.285-288.
7. Аулін В.В., Гриньків А.В., Головатий А.О. Дослідження ефективності управління системою технічного сервіса транспортних машин. Автомобільний транспорт та інфраструктура: III Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, Україна, 23–26 квітня 2020 року: тези конференції. Київ. 2020. С.3-5.

УДК 621.78

ЗНОСОСТІЙКІСТЬ СТАЛІ 65Г ПРИ АБРАЗИВНОМУ ЗНОШУВАННІ

Борак К.В. к.т.н.
Левківський О.О.
Лібіховський В.В.
Менчинський Ю.Б.
Коцюба І.І.
Соболь А.А.
Кравченко Ю.О.

Поліський національний університет

Abstract

The analysis of modes of heat treatment of 65G steel for production of the details working in the conditions of abrasive wear is carried out in work. As a result of research it is established that the optimal mode of heat treatment is volumetric hardening at a temperature of 810... 830°C and average tempering with very precise exposure at a temperature of 460... 480 °C.

Keywords: steel 65Г, heat treatment, wear resistance, abrasive wear

Вступ

В результаті тільки абразивного зношування в розвинутих країнах втрати в економіці можуть сягати 5% ВВП. Абразивний знос один з основних чинників який, призводить до втрати працездатності деталей та машин загалом. Підвищити стійкість до абразивного зношування деталей машин можливо трьома групами методів: експлуатаційними, конструкційними та технологічними. Найбільш поширеними є технологічні методи підвищення зносостійкості деталей машин та матеріалів. Одним з основних технологічних методів є оптимізація мікроструктури матеріалу за рахунок вибору оптимальних методів і режимів його обробки. Саме тому пошук оптимальних режимів термічної обробки сталі 65Г для підвищення стійкості до абразивного зношування є актуальною задачею.

Аналіз попередніх досліджень

Сталь 65Г доволі часто використовується для виробництва деталей, які працюють в умовах абразивного зношування. Хімічний склад сталі 65Г наведено в табл. 1.

Таблиця 1 Хімічний склад сталі 65Г [1]

C	Si	Mn	Ni	P	Cr	Cu	S	Fe
0,62-0,7	0,17-0,37	0,9-1,2	До 0,25	До 0,035	До 0,025	До 0,2	До 0,035	Інше

На даний час проведено велика кількість досліджень по визначенню впливу режимів термічної обробки на мікроструктуру, наявність дефектів, твердість та стійкість до зношування. Проведений аналіз попередніх досліджень дозволив визначити область проведення досліджень (загартування сталі 65Г необхідно проводити в межах 700...1000 °C) [2].

Постановка проблеми

В різних роботах вказуються різні режими обробки сталі 65Г, що забезпечують найвищу абразивну зносостійкість сталі 65Г, саме тому пошук оптимального режиму обробки сталі 65Г є актуальною задачею

Мета та завдання

Метою даної роботи є розробка оптимальних режимів термічної обробки сталі 65Г, для підвищення її стійкості до абразивного зношування.

Для реалізації поставленої мети сформульовані наступні завдання:

- на основі проведеного аналізу попередніх досліджень встановити область режимів обробки сталі 65Г, що забезпечує підвищення стійкості до абразивного зношування;

- експериментально визначити оптимальні режими термічної обробки сталі 65Г, що дозволять забезпечити найвищу стійкість до абразивного зношування.

Результати вирішення основних завдань

Дослідження по визначенню стійкості до абразивного зношування проводили відповідно до стандарту ASTM G65 [3]. Режими обробки сталі 65Г, які використовувались під час досліджень представлені в табл. 1

Таблиця 1 Режими обробки сталі 65Г

№	Гартування	Відпуск
1	Об'ємне загартування при температурі 700...820°C	Середнім відпуском з дуже точною витримкою при температурі 460...480 °C
2	Об'ємне загартування при температурі 750...770°C	Середнім відпуском з дуже точною витримкою при температурі 460...480 °C
3	Об'ємне загартування при температурі 810...830°C	Середнім відпуском з дуже точною витримкою при температурі 460...480 °C
4	Об'ємне загартування при температурі 880...900°C	Середнім відпуском з дуже точною витримкою при температурі 460...480 °C
5	Об'ємне загартування при температурі 910...930°C	Середнім відпуском з дуже точною витримкою при температурі 460...480 °C
6	Об'ємне загартування при температурі 970...1000°C	Середнім відпуском з дуже точною витримкою при температурі 460...480 °C

Одним із основних критеріїв стійкості до зношування є поверхнева твердість. Найвища твердість спостерігалася у зразків з режимом обробки № 4 та №5. Твердість не являється об'єктивним показником зносостійкості при різних мікроструктурах металу, саме тому проведені дослідження по визначенню відносної зносостійкості (рис. 1).

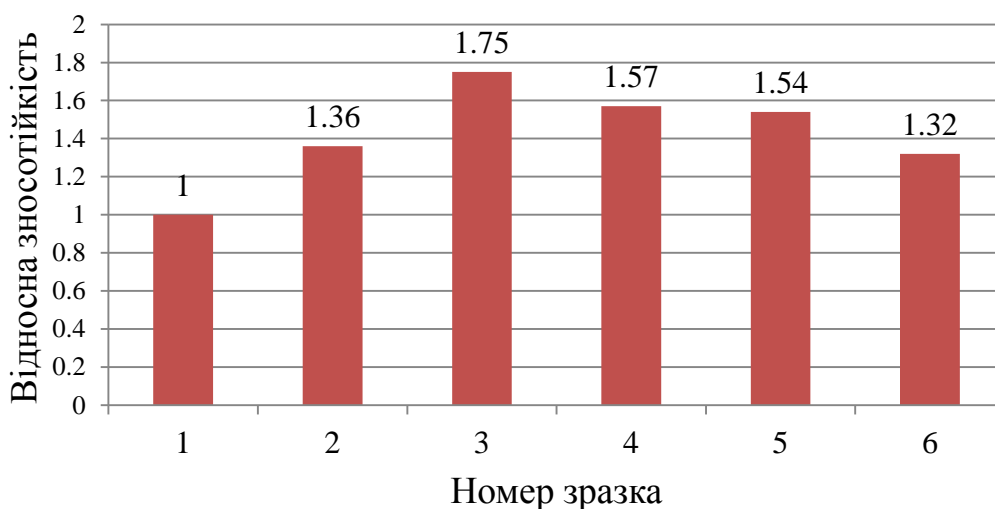


Рисунок 1. - Відносна зносостійкість сталі 65Г з різними режимами обробки

З рис. 1 можна зробити висновок, що зразки з найвищою твердістю (№ 4 та №5) не забезпечують вищу стійкість до абразивного зношування в порівнянні зі зразками, які мали меншу твердість (№3). Даний факт дозволяє зробити висновок, що твердість не може бути універсальним критерієм оцінки стійкості до абразивного зношування матеріалів.

Висновки

Оптимальним режимом, який дозволяє забезпечити найвищу зносостійкість сталі 65Г є: об'ємне загартування при температурі 810...830°C і середнім відпуском з дуже точною витримкою при температурі 460...480 °C.

Література

1. ДСТУ 8429:2015 Прокат із ресорно-пружинної вуглецевої та легованої сталі. Технічні умови. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. 20 с.
2. Борак К. В. Підвищення зносостійкості робочих органів дискових ґрунтообробних знарядь методом електроерозійної обробки : дис. канд. тех. наук: 05.02.04 / Житомирський національний агроєкологічний університет. Житомир, 2013. 217 с
3. ASTM G65: Standard Test Method for Measuring Abrasion Using the Dry Sand/Rubber Wheel Apparatus. 2016. 14p.

УДК 656.025.2

**ДО ПИТАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ РОЗВИТКУ
ПАСАЖИРСЬКОЇ МАРШРУТНОЇ СИСТЕМИ МІСТА ДУБНО**

Хітров І.О. к.т.н., доцент

Кристочук М.Є. к.т.н., доцент

Національний університет водного господарства та природокористування

Abstract

The paper presents an analysis of the estimated performance indicators of the passenger system of Dubno, gives their characteristics, outlines ways to improve the performance for the future.

Key words: transport infrastructure, city passenger transport, transport network, indicators of a city route system, streams of movement of passengers.

Вступ

Соціально-економічне зростання України, функціонування всіх галузей народного господарства, неможливе без транспортного сектору. Саме автомобільним транспортом забезпечується задоволення потреб в переміщенні вантажів і рухливості населення. Для більшості жителів міський пасажирський є вкрай важливим засобом досягнення місця призначення.

Ефективне функціонування системи перевезень пасажирів з транспортним забезпеченням залежить від прийнятого рівня якості надання послуг. Потребують негайного вирішення завдання щодо якісної організації і оцінки роботи міського пасажирського транспорту для сталого розвитку міст.

Аналіз попередніх досліджень

У даний час накопичено значний досвід виконання комплексних досліджень з оцінкою ефективності функціонування міського пасажирського транспорту, результати яких представлені в наукових працях зарубіжних і вітчизняних вчених [1-5].

Стійкість та безпека функціонування транспортного комплексу міста є однією з головних задач при розробці стратегії розвитку населеного пункту. В цьому контексті, важливими стають процеси виявлення проблемних ділянок вулично-дорожньої мережі та пошуку можливих резервів для забезпечення адекватної роботи транспортної інфраструктури.

Постановка проблеми

Функціонування міської мобільності в першу чергу впливає на задоволення попиту на перевезення і характеризується низькою чинників розвитку мережі транспорту, як територіально і в часовому просторі при взаємодії всіх та окремих маршрутів.

Розвиток маршрутної системи дозволить скоротити витрати часу на переміщення пасажирів, ефективність використання транспортних засобів та на ефективність (економічність) фінансової діяльності перевізника..

Мета та завдання

Розвиток інфраструктури міста, його демографічного, соціально-економічного прояву потребує постійного аналізу його рівня розвитку. Одним з ключових елементів є встановлення показників пасажирських перевезень, які

можуть бути встановлені шляхом комплексного їх обстеження (дослідження необхідно проводити кожні 3-5 років).

Отримані дані дозволять визначити пріоритетні напрями та спрогнозувати заходи на покращення функціонування міської пасажирської транспортної системи для умов сталого розвитку міста.

Результати вирішення основних завдань проблеми

Місто Дубно є одним із міст західної центральної частини нашої України. Дубно входить до Рівненської області її південно-західної частини. Місто є центром Дубенського району Рівненської області. Через місто і його околицями проходять автомобільні шляхи територіального, загальнодержавного і міжнародного значення.

Транспортна магістральна мережа міста сформована основними меридіональними (вул. Шевченка, Сурмичі, Семидубська) та широтними (вул.Залізнична, Мирогощанська) вулицями. Частково територією міста проходить об'їзна дорога.

Місто Дубно має розвинену транспортну, соціальну, економічну інфраструктуру. До транспортної інфраструктури м. Дубно входять технічні споруди, мережа сполучень всіх видів транспорту для задоволення потреб населення у перевезеннях пасажирів і вантажів, зокрема функціонує автобусний і залізничний вокзали, мережа руху громадського транспорту тощо.

Важливими об'єктами інфраструктури для організації і безпеки перевезень пасажирів є наявність трьох мостових переходів (водопропускна канава вул. Львівська і вул. Михайла Грушевського) та міст через річку Ікву по вул. Замковій). Особливістю планування міста Дубно є наявність електрифікованої залізниці із розгалуженою системою колій. Зокрема функціонують три переїзди. Щодо організації перевезень пасажирів містом вкрай важливим є залізничний переїзд сторону Цукрового заводу, який розміщений на перетині вулиці Залізничної та Страклівської.

Система функціонування пасажирського транспорту міста Дубно направлена на задоволення трудових, культурно-побутових та інших видів потреб в пересуванні пасажирів. Зокрема передбачено 30 громадських (автобусних) маршрутів із звичайним режимом руху (таб. 1). Громадський транспорт здійснює перевезення пасажирів вулично-дорожньою мережею з двостороннім рухом.

Таблиця 1. Загальна характеристика маршрутів руху пасажирського транспорту міста Дубно

№ з/п	Найменування показника	Значення показника
1	Кількість маршрутів руху, од.	30
2	Режим руху громадського транспорту	звичайний
3	Протяжність маршрутної мережі, км	174,2
4	Протяжність ліній руху громадського транспорту вздовж осей вулиць, км	37,4
4	Річна кількість поїздок	153
5	Кількість перевезених пасажирів за рік, млн. пас.	5,79

Враховуючи специфічні особливості вулично-дорожньої мережі, відзначимо, що більшість маршрутів мають спільні ділянки проходження (рис. 1). До таких ділянок з найбільшою кількістю маршрутів відносяться вулиці Сурмичі, Забрама, Данила Галицького. Відзначимо, що планувальна характеристика мережі вулиць не дозволяє розмежувати маршрути руху пасажирського транспорту без уникнення їх дублювання.

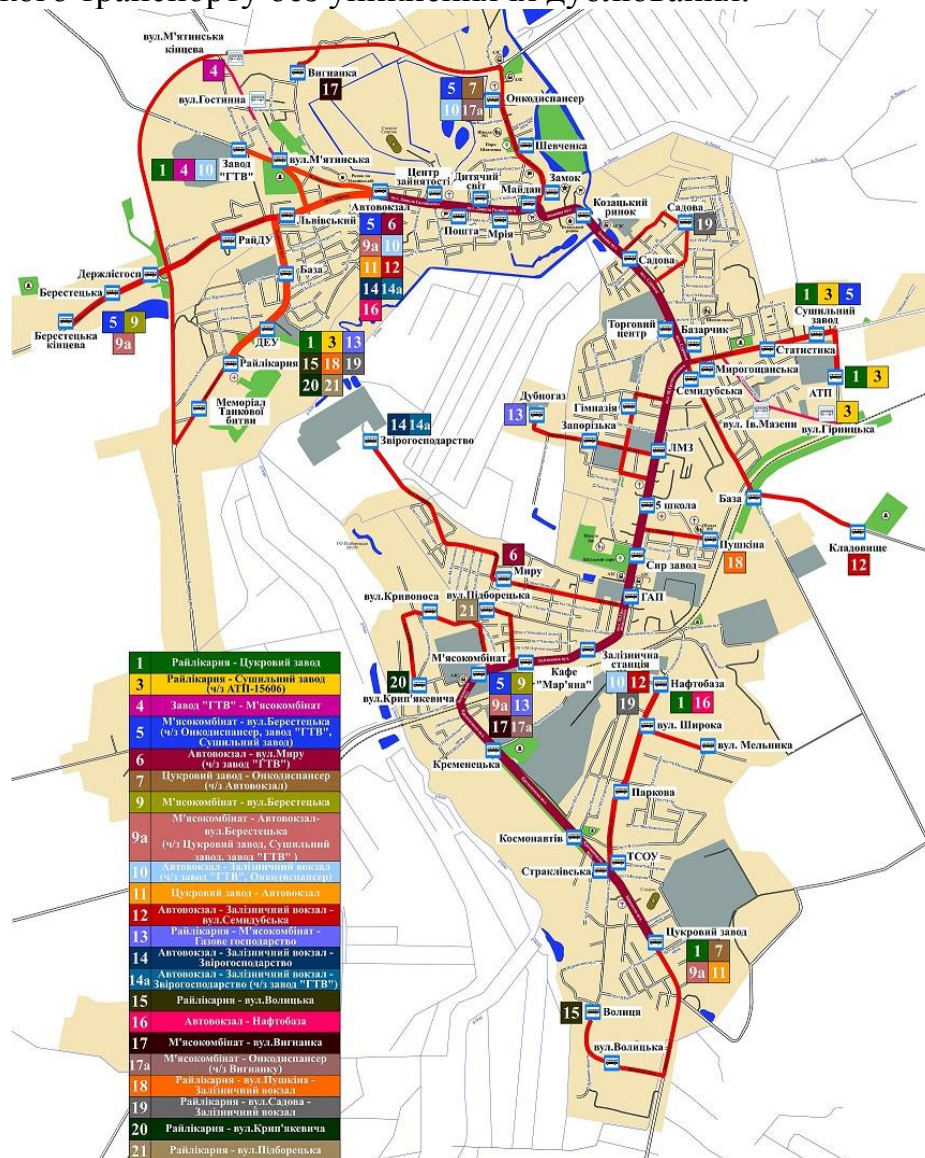


Рисунок 1. Загальна схема руху пасажирського транспорту міста Дубно

Показники розвитку маршрутної системи, які вирішуються при плануванні транспортної інфраструктури беруть за основу цільової функції або в якості її обмежень [5].

Основними показниками міської маршрутної системи пасажирського транспорту є:

1. транспортна рухливість населення $P_{тр}$
2. сумарна середня довжина маршруту ($l_{сер}$, км), розрахована за окремими видами транспорту;
3. маршрутний коефіцієнт ($K_{мар}$), який характеризує насиченість території

мережею міського транспорту і водночас доступність знаходження зупинок (часу підходу пасажирів);

4. коефіцієнт непрямолінійності маршрутів ($K_{нп_мар}$), який характеризує ступінь прямолінійності маршрутів і впливає на затрати часу на переміщення маршрутом;

5. швидкість маршрутного сполучення, який характеризується організацією дорожнього руху.

Транспортна рухливість міського населення $\Pi_{тр}$ визначає річну кількість поїздок населення міським пасажирським транспортом з розрахунку на одного жителя [6]

$$\Pi_{тр} = \frac{Q}{N_{нас}}, \quad (1)$$

де Q – річний обсяг перевезень, тис. пас.;

$N_{нас}$ – чисельність населення міста, тис. пас.

Довжина маршруту руху визначає режим роботи водія маршрутної, ступінь використання пасажиромісткості рухомого складу, його експлуатаційну швидкість, витрати пального та інші складові економічної діяльності перевізника.

Короткі маршрути простіше в організації, економічно вигідніші, втім вони підвищують коефіцієнт пересадочності, мають відносно меншу експлуатаційну швидкість та ступінь використання пасажиромісткості рухомого складу. У протизагугу їм, довгі маршрути збільшують безпересадочність сполучення, експлуатаційну швидкість та забезпечують менші експлуатаційні витрати на організацію руху [1].

Відношення сумарної довжини всіх маршрутів ($L_{сум_мар}$, км) до загальної довжини маршрутної мережі ($L_{мар}$, км) описується маршрутним коефіцієнтом $K_{мар}$ [6, 7]

$$K_{мар} = \frac{L_{сум_мар}}{L_{мар}}. \quad (2)$$

За величиною маршрутного коефіцієнта можна оцінити ступінь дублювання маршрутів існуючої маршрутної мережі міста. Велике значення маршрутного коефіцієнту, з одного боку, зменшує пересадочність поїздок, а з іншого, за незмінних умов, збільшує інтервали руху на маршрутах і, відповідно, тривалість очікування пасажирами посадки на зупинках. Рекомендована величина маршрутного коефіцієнту транспортної мережі повинна становити 1,5-3,5.

Відношення довжини маршрутної мережі ($L_{мар}$, км) до сельбищної площі міста ($F_{с_м}$, км²) описується щільністю маршрутної мережі δ [6, 7]

$$\delta = \frac{L_{мар}}{F_{с_м}}. \quad (3)$$

Для повноцінного функціонування транспортної інфраструктури щільність маршрутної мережі повинна становити 1,5-2,5 [8].

Відношення довжини маршруту ($l_{мар}$, км) до загальної повітряної лінії довжини маршруту ($l_{нов_мар}$, км) описується коефіцієнтом прямолінійності маршрутів $K_{нп_мар}$ [9]

$$K_{нп_мар} = \frac{l_{мар}}{l_{нов_мар}}. \quad (4)$$

Середньозважений коефіцієнт прямолінійності маршрутів становить 1,2-1,3 [9].

На величину швидкості руху впливає низка факторів, серед яких [9]: частота зупинок на маршруті (для здійснення пасажирообміну або викликаних засобами регулювання дорожнього руху), тягово-динамічні якості рухомого складу та конструктивні особливості його пристроїв для посадки та висадки пасажирів, інтенсивність пасажирообміну, інтенсивність транспортного потоку та дорожні умови, досвід та психофізіологічний стан водія.

Рекомендована швидкість руху міського пасажирського транспорту повинна становити в межах 17-20 км/год [8].

За допомогою епюр пасажиропотоків транспортній мережі здійснюється розрахунок необхідної кількості транспортних засобів за напрямками руху. Величини пасажиропотоків непостійні, вони змінюються, мають значну нерівномірність. Ступінь їх нерівномірності оцінюється за допомогою коефіцієнта нерівномірності K_n , який представляє собою відношення максимальної потужності пасажиропотоку Q_{max} за розрахунковий період часу до середньої потужності пасажиропотоку Q_c за цей період часу [7].

$$K_n = \frac{Q_{max}}{Q_c}. \quad (5)$$

Оцінимо ефективність функціонування системи перевезень пасажирів міста Дубно (таб. 2)

Таблиця 2. Оціночні показники маршрутної системи міста Дубно

№ з/п	Назва показника	Розрахункове значення	Характеристика показника
1	2	3	4
1	Довжина маршруту руху, $L_{мар}$, км	Мінімальна довжина маршруту – 8,2 Середньорозрахункова довжина маршруту – 9,3 Максимальна довжина маршруту – 15,0	дані маршрути короткі, простіші в організації та економічно вигідніші
2	Маршрутний коефіцієнт, $K_{мар}$	$K_{мар} = 2,36$	задовільний рівень розвиненості маршрутної мережі міста і значне їх дублювання

Продовження таб. 2

1	2	3	4																
3	Коефіцієнт непрямо-лінійності маршрутів, $K_{нп_м}$	<table border="1"> <caption>Коефіцієнти непрямо-лінійності маршрутів</caption> <thead> <tr> <th>Маршрут</th> <th>Коефіцієнт</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Автовокзал-Звірогосподарство</td> <td>~5.2</td> </tr> <tr> <td>М'ясокомбінат-Вигнання</td> <td>3.0</td> </tr> <tr> <td>М'ясокомбінат-Автовокзал</td> <td>~1.8</td> </tr> <tr> <td>Цукровий - Онкодиспансер</td> <td>~1.8</td> </tr> <tr> <td>Сушильний-Районна лікарня</td> <td>~1.8</td> </tr> <tr> <td>Цукровий-Районна лікарня</td> <td>~1.8</td> </tr> <tr> <td>Волиця-Районна лікарня</td> <td>~2.2</td> </tr> </tbody> </table>	Маршрут	Коефіцієнт	Автовокзал-Звірогосподарство	~5.2	М'ясокомбінат-Вигнання	3.0	М'ясокомбінат-Автовокзал	~1.8	Цукровий - Онкодиспансер	~1.8	Сушильний-Районна лікарня	~1.8	Цукровий-Районна лікарня	~1.8	Волиця-Районна лікарня	~2.2	помірно прямо-лінійні
Маршрут	Коефіцієнт																		
Автовокзал-Звірогосподарство	~5.2																		
М'ясокомбінат-Вигнання	3.0																		
М'ясокомбінат-Автовокзал	~1.8																		
Цукровий - Онкодиспансер	~1.8																		
Сушильний-Районна лікарня	~1.8																		
Цукровий-Районна лікарня	~1.8																		
Волиця-Районна лікарня	~2.2																		
4	Швидкість руху на маршруті, V_m км/год	<table border="1"> <caption>Швидкість руху автобусів на міршруті</caption> <thead> <tr> <th>Швидкість, км/год</th> <th>Частка, %</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>9-14</td> <td>7%</td> </tr> <tr> <td>14-19</td> <td>25%</td> </tr> <tr> <td>19-24</td> <td>42%</td> </tr> <tr> <td>24-29</td> <td>23%</td> </tr> <tr> <td>29-33</td> <td>3%</td> </tr> </tbody> </table>	Швидкість, км/год	Частка, %	9-14	7%	14-19	25%	19-24	42%	24-29	23%	29-33	3%	відповідає нормативним значення				
Швидкість, км/год	Частка, %																		
9-14	7%																		
14-19	25%																		
19-24	42%																		
24-29	23%																		
29-33	3%																		
5	Щільність маршрутної мережі, δ	$\delta = 2,5$	розвиненість маршрутної мережі малого міста																
6	Обсяг перевезень пасажирів за рік, млн. пас. $Q_{пас}$	<table border="1"> <caption>Перевезено пасажирів м.Дубно, млн. пас</caption> <thead> <tr> <th>Рік</th> <th>Обсяг, млн. пас.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2015</td> <td>~5.2</td> </tr> <tr> <td>2016</td> <td>~5.1</td> </tr> <tr> <td>2017</td> <td>~4.8</td> </tr> <tr> <td>2018</td> <td>~5.5</td> </tr> <tr> <td>2019</td> <td>~5.8</td> </tr> <tr> <td>2020</td> <td>~6.0</td> </tr> </tbody> </table>	Рік	Обсяг, млн. пас.	2015	~5.2	2016	~5.1	2017	~4.8	2018	~5.5	2019	~5.8	2020	~6.0	відповідає потребам малого міста		
Рік	Обсяг, млн. пас.																		
2015	~5.2																		
2016	~5.1																		
2017	~4.8																		
2018	~5.5																		
2019	~5.8																		
2020	~6.0																		
7	Кількість поїздок пасажирів за рік, $N_{пас}$	<table border="1"> <caption>Кількість поїздок за рік</caption> <thead> <tr> <th>Рік</th> <th>Кількість поїздок</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2020</td> <td>~155</td> </tr> <tr> <td>2019</td> <td>~150</td> </tr> <tr> <td>2018</td> <td>~145</td> </tr> <tr> <td>2017</td> <td>~145</td> </tr> <tr> <td>2016</td> <td>~145</td> </tr> </tbody> </table>	Рік	Кількість поїздок	2020	~155	2019	~150	2018	~145	2017	~145	2016	~145	відповідає потребам малого міста, поїздки конкретного пасажирів носять імовірнісний характер				
Рік	Кількість поїздок																		
2020	~155																		
2019	~150																		
2018	~145																		
2017	~145																		
2016	~145																		
8	Коефіцієнт нерівномірності пасажиропотоків, K_n	мають такі значення: - коефіцієнти нерівномірності за годинами доби 1,5-2,0; - коефіцієнти нерівномірності за днями тижня 1,1-1,25; - коефіцієнти нерівномірності за напрямками 1,3-1,6.	свідчить про значне навантаження в пікові періоди																

Маршрути громадського транспорту починають функціонувати починаючи з 5-6 години зранку і закінчуються о 22-23 годині. Тривалість рейсу найбільша 40 хв. для маршруту слідування «Цукровий завод-Районна лікарня», найменша – 15 хв. «М'ясокомбінат – вул. Берестецька».

При дослідженні похвилинного розкладу руху міського пасажирського транспорту відмічене часове накопичення автобусів за однаковим часом їх прибуття на зупинки, наприклад, на зупинці «Базарчик» в напрямку Цукрового заводу.

Навантаження транспортної мережі міста Дубно характеризується нерівномірним часовим розподілом пасажиропотоків, які в свою чергу визначаються потужністю всієї системи.

На основі аналізу кількості перевезених пасажирів маршрутами руху (наприклад, «Цукровий завод – Районна лікарня») міста Дубно, встановлено, що в ранкові і вечірні періоди кількість перевезених пасажирів сягає максимуму (навіть і більше на 10-20%) паспортної технічної пасажиромісткості транспорту. Це в свою чергу негативно впливає на якість перевезень і потребує правильної організації перевезень, одним з напрямів реалізації якої є збільшення пасажиромісткості в особливі періоди.

В місті Дубно рух громадського транспорту здійснюється найрозповсюдженішими транспортними засобами ПАЗ-4234, БАЗ А079.04, БАЗ А079.14, БАЗ А079.23, Богдан А069.21, ЗАЗ А07А1І-VAN. Щодо вікового складу транспортних засобів, відзначимо, що більшість транспортних засобів вже мають термін експлуатації 10-12 років (64%) і більше. Загальна пасажиромісткість основних і резервних маршруток в основному складає 40-42 пасажирів. Нажаль, тільки один автобус обладнано для перевезення осіб з індивідуальними потребами.

Висновки

Формування раціонального варіанту маршрутної мережі міста базується на об'єктивних даних про потреби населення у пересуваннях та сучасних методах моделювання процесу перевезення пасажирів маршрутним транспортом на основі встановлених показників пасажирських перевезень (комплексне обстеження необхідно проводити кожні 3-5 років). Першочергово необхідно забезпечити якісні показники надання послуг з перевезення, які направлені на безпечність перевезень, комфортність, екологічність, тощо. Для формування ефективної системи пасажирського транспорту необхідно знати не лише напрямки і величини (потужності) пасажиропотоків, а також ступінь їх нерівномірності. Як перспективний варіант маршрутної системи пропонується використання транспортних засобів раціональної пасажиромісткості та рекомендацій щодо необхідності корегування розкладів руху на маршрутах.

Література

1. Formation and Distribution Flows of External Transport in the City / Krystopchuk M., Pashkevych S., Khitrov I., Tkhoruk Y. *Reliability and Statistics in Transportation and Communication. RelStat 2019. Lecture Notes in Networks and Systems*. 2020. Vol 117. P. 141-150 Springer, Cham. DOI:10.1007/978-3-030-44610-9_15.

2. Кристопчук М. Є. Соціально-економічна ефективність пасажирської транспортної системи приміського сполучення : монографія. Рівне : НУВГП, 2012. 158 с. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/id/eprint/1645> (дата звернення: 16.10.2020)
3. Farber Steven, Liwei Fu. Dynamic Public Transit Accessibility Using Travel Time Cubes: Comparing the Effects of Infrastructure (dis)investments over Time. *Computers, Environment and Urban Systems*. 2017. Vol. 62. P. 30-40. DOI:10.1016/j.compenvurbsys.2016.10.005.
4. Othayoth Darshana, Bhimaji K. Katti. Modelling Trip Distribution Using Fuzzy Logic Approach. *Transportation in Developing Economies*. 2017. Vol. 3. P. 157-168. doi:10.1007/s40890-017-0036-y.
5. Guihaire V., Hao J. Transit network design and scheduling: A global review *Transportation Research Part A : Policy and Practice*. 2008. Vol. 42. № 10. P. 1251-1273.
6. Спирин И. В. Организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками. Москва : Академия, 2010. 400 с.
7. Доля В. К. Пасажирські перевезення. Харків : Вид-во «Форт», 2011. 504 с.
8. ДБН Б.2.2-12:2018. Планування і забудова територій. Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2018. 187 с.
9. Спирин И. В. Перевозки пассажиров городским транспортом. Москва : ИКЦ «Академкнига», 2006. 413 с.

УДК 656.073.51

ВВЕДЕННЯ В УКРАЇНІ ЗАГАЛЬНОЇ ДЕКЛАРАЦІЇ ПРИБУТТЯ

Сілантьєва Ю.О., к.т.н., доцент

Катрушенко Н.А.

Національний транспортний університет

Abstract

Integrating customs information systems of the European Union and Ukraine requires the adaptation of national legislation. The introduction of the “zagalna declratsiia prybuttia” (general declaration of arrival) has become an appropriate step for current Ukraine's trade and customs policy and compliance with the provisions of international agreements signed. It has obliged international carriers to submit additional information to the customs authorities when importing goods into the customs territory of Ukraine, including for the purpose of transit. Since in most cases this information has already been lodged in other documents and new responsibilities additionally burden the whole economic operation, there is a need to harmonize new and existing procedures within the framework of a single customs information system, remove inconsistencies from legislative acts and clarify the need for such innovations.

Keywords: entry summary declaration, integration, international freight transportation.

Вступ

1 вересня 2017 р. в Україні після тривалого процесу ратифікації набула чинності у повному обсязі Угода про асоціацію між Україною з однієї сторони, та Європейським Союзом (ЄС), Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони. Відповідно до даної угоди Україна взяла на себе певні зобов'язання щодо наближення національного митного законодавства до європейського. 02 жовтня 2019 року Законом України №141-ІХ «Про внесення змін до Митного кодексу України щодо деяких питань функціонування авторизованих економічних операторів» було введено поняття «загальна декларація прибуття» (ЗДП). З 7 листопада 2020 р. в Україні ЗДП є обов'язковою для пропуску товарів через митний кордон: для ввезення товарів до України з метою імпорту та для ввезення товарів до України з метою транзиту. Такі нововведення зумовили необхідність заповнення засобами електронних сервісів (веб-сервіс “Єдине вікно для міжнародної торгівлі”, десктопні застосунки митних брокерів, комерційні портові або транспортні інформаційні системи) ще одного обов'язкового документу при здійсненні зовнішньоторговельних операцій.

Аналіз попередніх досліджень

На сьогодні внесення перевізником даних в електронну систему щодо прибуття транспортних засобів із вантажем на пункт пропуску України є новим [1], тому до цього – недискусійним. Після опублікування відповідних законодавчих положень державні органи і профільні асоціації [2-6] проводили консультації, де демонстрували роботу цієї системи і порядок внесення даних. Окремі повідомлення й обговорення учасників зовнішньоекономічної

діяльності в соцмережах акцентували на тих аспектах процедури, щодо яких викликають непорозуміння чи складнощі. Загалом, правова адаптація України до ЄС визначена як пріоритетний напрям української зовнішньої політики і закріплена законодавчо у 2004 році [7].

Постановка проблеми

Оскільки введення ЗДП має на меті адаптацію до міжнародних митних правил, для прозорості ситуації доцільно проаналізувати подібні форми повідомлення, визначені в митному кодексі ЄС (UCC) та міжнародних торгових/митних/транзитних конвенціях ВТО/ВМО. ЄС має аналог у вигляді ENS (entry summary declaration) – документу, згідно з яким перевізник (або уповноважений представник) повідомляє митним органам у встановленій формі й порядку та у визначений термін, що товари мають бути ввезені на митну територію Союзу [8]. Так само, як й ЗДП, ENS повинна містити відомості, необхідні для аналізу ризиків з метою захисту і безпеки. На сьогодні ENS подають через національні митні інформаційні системи (наприклад, до ATLAS-EAS як у Німеччині) або напряму (як у Великобританії) до системи ICS (Import Control System). Прийняття ENS засвідчується присвоєнням номеру MRN (Movement Reference Number). Після прибуття морського чи повітряного судна з партіями вантажів до ЄС на митницю першого в'їзду перевізник надсилає повідомлення про прибуття (arrival notification), де вказує всі ENS. Відповідь від митниці є дозволом на розвантаження. В певних випадках замість ENS митні органи дозволяють використовувати митну декларацію чи декларацію тимчасового зберігання. Крім вищеназваних декларацій, UCC передбачає використання загальної декларації вибуття, декларації та повідомлення для реекспорту. Замість митної декларації, з дозволу митниці, можна надати спрощену декларацію (simplified declaration), а потім за необхідності додаткову декларацію (supplementary declaration). В свою чергу додаткова декларація може мати загальний, періодичний і рекапітулятивний характер. Система контролю імпорту ЄС подібна до системи AMS (Automated Manifest System), яку використовує Митно-прикордонна служба США [9].

На сьогодні результати роботи державних органів щодо Євроінтеграції стають відчутними для бізнесу: однакові види митних декларацій, у тому числі нещодавно введена спрощена декларація, запровадження європейської спільної процедури транзиту [10, 11] разом із транзитною інформаційною системою, приведення до європейських стандартів вітчизняної продукції, створення відкритої бази даних митної вартості партій товарів для прозорості оподаткування, створення умов для роботи уповноважених економічних операторів тощо. Однак, певні питання, пов'язані із нововведеннями ще потрібно буде узгоджувати. Якщо в UCC для попереднього інформування митних органів про ввезення товарів на митну територію ЄС для третіх країн передбачено подання ENS та у разі розвантаження товарів у пункті пропуску - NA/NAP (крім того, можна максимум за 30 діб подати митну декларацію для подальшого випуску товарів у вільний обіг), то в МКУ для імпорту в загальних випадках передбачено подання попередньої митної декларації (EE/EA), а для

транзиту – транзитної декларації (ТР), а також загальної декларації прибуття, для заповнення якої використовують дані з ЕЕ (ЕА, ТР) чи TIR-EPD.

Мета та завдання

Метою роботи є аналіз особливостей запровадження загальної декларації прибуття в Україні й подальшої адаптації країни до митних правил ЄС. Для цього, в першу чергу, було проведено порівняння особливостей застосування попередніх повідомлень про намір ввести товар в Україну та ЄС, далі проаналізовано інформацію, яку вносять до ЗДП, а також складнощі, з якими зіткнулися перевізники під час такого нововведення.

Результати вирішення основних завдань проблеми

Загальна декларація прибуття є обов'язковим документом при імпорті товарів та при їх ввезенні на митну територію України з метою транзиту.

Дана декларація подається до митного органу перевізником, що переміщує товари, або іншою особою від його імені (брокером).

ЗДП являє собою:

- електронне повідомлення, яке містить набір відповідних даних, засвідчене електронним цифровим підписом – кваліфікованим електронним підписом (КЕП) та надіслане митному органу у вигляді електронного файла;
- електронне повідомлення, яке заповнюється в особистому кабінеті користувача на веб-порталі Державної Митної Служби України.

Відповідно до Митного кодексу України загальна декларація прибуття подається до митного органу, у зоні діяльності якого розташовано пункт пропуску через державний кордон України, де товари вперше перетнуть митний кордон України, до прибуття таких товарів на митну територію України [1]. Крім того, законодавством встановлені строки подання такої декларації: у випадку перевезення товарів автомобільним транспортом ЗДП повинна бути подана не пізніше ніж за одну годину до прибуття товарів у перший пункт пропуску на митній території України.

Слід зазначити, що відповідно до Митного кодексу з моменту пред'явлення митному органу товарів, що ввозяться на митну територію України на підставі загальної декларації прибуття, перевізник несе адміністративну відповідальність, яку ще надалі необхідно буде деталізувати. Адже мова йде про відповідальність за порушення митних правил, неподання чи несвоєчасне подання ЗДП, подання ЗДП з окремими незаповненими полями [3].

ЗДП можуть подавати до митного органу через:

- особистий кабінет на Єдиному державному інформаційному веб-порталі «Єдине вікно для міжнародної торгівлі» (<https://cabinet.customs.gov.ua/>);
- брокерські програми;
- морських агентів (комерційні портові інформаційні системи).

При оформленні ЗДП через особистий кабінет інформацію можна вносити самостійно або отримувати з вже заповнених TIR Carnet чи попередніх митних/транзитних декларацій.

При використанні системи TIR EPD необхідно вказати серію та номер книжки МДП. Після чого буде доступна вже передзаповнена форма, в яку

додають інформацію. Такий спосіб створення ЗДП доступний перевізнику й митному брокеру. При створенні ЗДП з попередньої або з транзитної митної декларації в систему необхідно ввести номер такої декларації. Після чого декларант також отримує передзаповнену форму, в яку додає необхідні реквізити. Такий спосіб створення ЗДП доступний для тих учасників ЗЕД, які вказані в попередній чи транзитній декларації. Після заповнення всіх полів ЗДП підписують КЕП і подають.

ЗДП повинна містити наступні відомості:

1. Вид транспорту. Код ДРФО; прізвище, ім'я та по батькові декларанта, номер його телефону, серію та номер паспорта. Код митниці першого в'їзду на митну територію України, а також орієнтовний час та дату прибуття.

2. Відомості про декларанта, представника і перевізника.

3. Країни маршруту.

4. Відомості про транспортні засоби та пломби.

5. Відомості про партії товарів:

- код та номер транспортного документа;
- країна завантаження та назва місця завантаження;
- країна розвантаження та назва місця розвантаження;
- код процедури та код способу оплати за транспортні перевезення;
- коди країн маршруту партії товару;
- інформація про сторони, які задіяні в цій партії товару (відправник, одержувач, продавець, покупець);
- інформація про товар(и) партії товарів; інформація про небезпечні товари у випадку таких перевезень;
- код товару (на рівні 6 знаків і більше);
- вага брутто;
- назва товару;
- відомості про упаковку товарів;
- відомості про контейнери (якщо товар переміщується в контейнері);
- документи до товару (аналогічно графі 44 митної декларації).

В цьому переліку, на відміну від попередньої/транзитної декларації, немає вартісних характеристик постачання та гарантій сплати митних платежів.

Після отримання митним органом ЗДП така декларація реєструється автоматизованою системою митного оформлення в автоматичному режимі. Їй присвоюється реєстраційний номер MRN, який надсилається особі, що подавала таку декларацію. Протягом однієї години з моменту отримання ЗДП митний орган здійснює аналіз ризиків та приймає рішення щодо здійснення окремих форм митного контролю. Після прибуття товарів у перший пункт пропуску митний орган повідомляє про це перевізника.

Відповідно до законодавства перевізник чи особа, що діє від його імені, може вносити зміни в подану ЗДП, але у випадках, якщо: митним органом ще не повідомлено про наміри проведення митних формальностей, пов'язаних із фізичною перевіркою товарів; товари ще не були пред'явлені митному органу; митним органом не виявлено помилок у відомостях, зазначених у ЗДП. У

зв'язку з цим актуальною є необхідність чіткого визначення, які саме дані можна змінювати і в який момент.

Підприємство, яке отримало авторизацію АЕО-Б, користується перевагою отримання завчасного повідомлення від митного органу про те, що відповідні товари і транспортні засоби комерційного призначення на основі результатів аналізу ризиків за загальною декларацією прибуття будуть підлягати митному огляду в пункті пропуску через державний кордон України [1]. Це питання також потребує певних уточнень для перевізників.

Висновки

Введення загальної декларації прибуття з точки зору державних служб пройшло у штатному режимі: за перші дві доби виписано 25 відмов у пропуску автотранспортних засобів через митний кордон України через відсутність ЗДП; аномального збільшення черг, через введення ЗДП, не спостерігалось [4]. Брокери здебільшого виконали свою задачу без складнощів. Проте у перевізників такі нововведення викликали непорозуміння щодо доцільності заповнення великої кількості полів ЗДП, адже основна інформація про товари, що ввозять, вже заявлена митному органу. У певних випадках подання ЗДП для перевізника тягне за собою додаткові фінансові витрати через необхідність звернення до брокера, оскільки він не володіє повною інформацією для заповнення (наприклад, коди всіх товарів в партії не вказані у товаросупровідних документах; відсутність перекладу полів англійською мовою та необхідність застосування електронного цифрового підпису унеможлиблює її заповнення іноземними перевізниками).

Очевидно, що митна система України знаходиться на черговому етапі трансформацій, тому додаткові інформаційні матеріали, які б формували загальне уявлення про всі її етапи, давали б можливість учасникам зовнішньоторговельної угоди й громадськості побачити кінцевий результат таких змін.

Література

1. Митний кодекс України: Закон України від 13.03.2012 № 4495-VI // Офіційний вісник України від 04.05.2012 – 2012 р., № 32, стор. 9, ст. 1175.
2. Відеоінструкція заповнення загальної декларації прибуття в особистому кабінеті. Єдиний державний інформаційний веб-портал “Єдине вікно для міжнародної торгівлі” [<https://cabinet.customs.gov.ua>]
3. Держмитслужба відповідає на питання про загальну декларацію прибуття. Веб-портал Державної митної служби України [<https://customs.gov.ua>]
4. Новини і консультації Київської митниці Держмитслужби [<https://www.facebook.com/KYIVcustomsUA>]
5. Серія Online-семінарів щодо заповнення ЗДП в QDpro. Асоціація митних брокерів України [<http://ambu.org.ua>]
6. Веб-портал Асоціації міжнародних автомобільних перевізників України [<http://www.asmap.org.ua>]

7. Про Загальнодержавну програму адаптації законодавства України до законодавства Європейського Союзу: Закон України від 18.03.2004 №1629-IV // Офіційний вісник України від 30.04.2004 – 2004 р., № 15, стор. 30, стаття 1028.
8. Union Customs Code: Regulation (EU) of the European Parliament and of the Council of 9 october 2013 no 952/2013. Веб-сайт Європейської комісії [<https://ec.europa.eu/>]
9. ACE and Automated Systems. Веб-портал Митно-прикордонної служби Сполучених Штатів Америки [<https://www.cbp.gov>]
10. Transit Guidelines. Route for efficient transit regime – World Customs Organization, Belgium - 2017, 222 p.
11. Про режим спільного транзиту та запровадження національної електронної транзитної системи: Закон України від 12.09.2019 № 78-IX // Урядовий кур'єр від 02.10.2019. – 2019 р., №188.

НАУКОВО-ІНФОРМАЦІЙНЕ ІНТЕРНЕТ ВИДАННЯ

**ЗБІРНИК НАУКОВИХ
МАТЕРІАЛІВ
МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ ІНТЕРНЕТ-
КОНФЕРЕНЦІЇ
"Інноваційні технології розвитку та ефективності
функціонування автомобільного транспорту"
(18-19 листопада 2020 року)**

Відповідальні за випуск:

Д.В. Голуб – к.т.н., доцент кафедри експлуатації і ремонту машин.

А.В. Гриньків – к.т.н., с.н.с. кафедри експлуатації і ремонту машин.

Редактор – В.В. Аулін, д.т.н., проф., проф. кафедри експлуатації і ремонту машин

Дизайн і верстка – Головатий А.О., аспірант 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>

Адреса колегії – 25006, Україна, м.Кропивницький, пр. Університетський, 8

Центральноукраїнський національний технічний університет,

Кафедра експлуатації і ремонту машин