

УДК 629.067:629.113

М.Г. Стадніченко, Р.М. Джус, С.В. Степанов, Г.П. Сігайло, О.М. Гурін

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

## ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ТРИБОТЕХНІЧНОГО ВІДНОВЛЕННЯ ДЛЯ ПОДОВЖЕННЯ РЕСУРСУ ЗАСОБІВ НАЗЕМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДІЙ АВІАЦІЇ

Наведено результати натурних випробувань технології триботехнічного відновлення з використанням перспективної трибовідновлювальної суміші "Комбат" на двигуні внутрішнього згорання та агрегатах трансмісії автомобілю ЗиЛ ММЗ-4505.

**Ключові слова:** засоби наземного забезпечення дій авіації, репараційна технологія, трибовідновлювальна суміш, двигун внутрішнього згорання, агрегати трансмісії, натурні випробування, подовження ресурсу.

### Вступ

Існуюча в Україні схема використання автомобільної техніки останніми роками обумовлює ситуацію, коли 75-80% її облікового складу знаходиться в експлуатації з витраченим ресурсом, що викликає необхідність в підвищенні довговічності вузлів і агрегатів автомобілів при ремонті і технічному обслуговуванні. Це в першу чергу відноситься до двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ) і агрегатів трансмісії. Для засобів наземного забезпечення дій авіації це є особливо актуальним. Один із шляхів вирішення цього питання є застосування нових нетрадиційних технологій.

Нині вже не викликає сумнівів ефективність застосування технологій триботехнічного відновлення (ТТВ) робочих поверхонь деталей кінематичних вузлів в процесі їх експлуатації в присутності спеціальних добавок [1]. Енергію руйнування (зношування) в цьому випадку вдалося спрямувати на створення нових, більш якісних поверхневих шарів деталей. Про це переконливо свідчать досягнення відомих корпорацій ХАДО, Нанопротек (Україна), Руспромремонт (Росія) та багатьох фірм далекого зарубіжжя [2]. Огляд останніх досягнень у технологіях триботехнічного відновлення проведено в роботах [1, 2]. Одним з перспективних і високоєфективних продуктів є трибовідновлювальна суміш (ТВС) "Комбат" [3], а порівняльні лабораторні випробування складів приведених вище виробників показали значні переваги її триботехнічних характеристик. Однак, відсутність науково обґрунтованих рекомендацій щодо товщини, фізико-механічних властивостей та структурної організації шарів при розробці багат шарових нанопокриттів значно стримує подальший розвиток цього напрямку.

**Мета статті.** Отримані лабораторні та стендові дані при випробуваннях цього покриття показують його практичну беззносність протягом довгого періоду експлуатації [1 – 3]. Однак на цей час робота цього металокерамічного шару в реальних умовах експлуатації залишається маловивченою, тому ця технологія не отримала широкого розповсюдження.

Це пов'язано з необхідністю проведення натурних випробувань, які були здійснені авторами і результати яких викладено у даній роботі.

### Основний матеріал

Як об'єкт дослідження при виконанні натурних випробувань використовували ДВЗ та агрегати трансмісії автомобіля ЗиЛ ММЗ-4505. Показання пробігу на момент початку натурних випробувань було більше 80% напрацювання міжремонтного ресурсу.

Метою проведення натурних випробувань є перевірка ефективності технології триботехнічного відновлення за результатами зміни експлуатаційних характеристик об'єктів дослідження при дотриманні усіх вимог ГОСТ 20306-90:

- підвищення компресії у циліндрах ДВЗ;
- вирівнювання компресії по циліндрах;
- відновлення потужності ДВЗ;
- підвищення тиску моторного масла у системі мащення ДВЗ;
- зменшення витрати паливно-мастильних матеріалів ДВЗ;
- зменшення коефіцієнту тертя навантажених трибоспряжень ДВЗ та трансмісії.

Питому витрату палива вимірювали за спрощеною технологією на прогрітому до 90 °С двигуні шляхом відпрацюванні 0,5 л марки А-80 шляхом вимірювання часу до повної зупинки двигуна на обертах малого газу.

Швидкість зношування визначалася системою контролю параметрів акустичної емісії, до якої входять прибор акустичної емісії АЕ-109М і п'єзоелектричний датчик, розміщений у хвилеводі. Методика контролю та обробки результатів вимірювань відображена в [4].

Результати контрольних вимірювань експлуатаційних показників ДВЗ і агрегатів трансмісії і питомих витрат паливно-мастильних матеріалів, проведених до обробки ТВС "Комбат", після 1000 км і 2000 км пробігу автомобіля в процесі натурних випробувань представлені в табл. 1-5.

Таблиця 1

Результати контрольних вимірювань після заміни мастильних матеріалів до обробки ТВС

Період проведення вимірювань	Вузли ЗР ЗНЗДА, що контролюються											
	Двигун внутрішнього згорання										Агрегати трансмісії	
	Швидкість зношування (відносні од.)	Тиск оливи, МПа	Компресія у циліндрах ДВЗ, МПа								КПП	Зад. міст
1			2	3	4	5	6	7	8			
Після заміни ММ до обробки ТВС	167,79	3,8	0,76	0,7	0,75	0,7	0,67	0,6	0,75	0,74	208,29	243,64

Таблиця 2

Питома витрата ПММ у процесі експлуатації до обробки двигуна ТВС

Період проведення вимірювань	Параметри, що контролюються	
	Питомі витрати палива, л/с	Витрати масла на згар згідно з ГОСТ 14846-81, л/100л палива
У процесі експлуатації до обробки двигуна ТВС	0,00102	1,9

Таблиця 3

Результати контрольних вимірювань після 1000 км пробігу

Період проведення вимірювань	Вузли ЗР ЗНЗДА, що контролюються											
	Двигун внутрішнього згорання										Агрегати трансмісії	
	Швидкість зношування (відносні од.)	Тиск оливи, МПа	Компресія у циліндрах ДВЗ, МПа								КПП	Задній міст
1			2	3	4	5	6	7	8			
Після 1000 км пробігу	18,76	4,2	0,78	0,78	0,8	0,78	0,79	0,8	0,78	0,78	48,88	45,43

Таблиця 4

Результати контрольних вимірювань після обробки ТВС

Період проведення вимірювань	Вузли ЗНЗДА, що контролюються											
	Двигун внутрішнього згорання										Агрегати трансмісії	
	Швидкість зношування (відносні од.)	Тиск оливи, МПа	Компресія у циліндрах ДВЗ, МПа								КПП	Задній міст
1			2	3	4	5	6	7	8			
Після обробки ТВС	2,34	4,2	0,78	0,78	0,8	0,78	0,79	0,8	0,78	0,78	36,09	28,92

Таблиця 5

Питома витрата ПММ після обробки двигуна ТВС

Період проведення вимірювань	Параметри, що контролюються	
	Питомі витрати палива	Витрати оливи на згар згідно з ГОСТ 14846-81
У процесі експлуатації після обробки двигуна ТВС	0,0009	1,6

Порівняльний аналіз швидкості зношування на кожному з етапів натурних випробувань для досліджуваних об'єктів відображений на рис. 1, а – в.

Велика різниця отриманих результатів по вимірюванню швидкості зношування акустичної емісії для ДВЗ і агрегатів трансмісії може бути пояснено у різниці кінематики руху деталей. Крім того, це пояснюється різницею температурних режимів роботи цих вузлів. Пояснення даного ефекту відображено у роботі [5].

### Висновки

Отримані дані свідчать про ефективність цієї технології для подовження ресурсу обраних об'єктів досліджень. Ця ефективність підтверджена наступними

результатами проведених натурних випробувань.

Використання технології триботехнічного відновлення з використанням ТВС "Комбат", розробленої в роботі, приводить до відновлення компресії по усім циліндро-поршневим групам до рівня 0,78-0,8 МПа, при чому різниця між ними не перевищує 0,02 МПа. Такі значення досягаються при проведенні капітального ремонту ДВЗ.

Дані контрольних вимірювань швидкості зношування рухомих з'єднань ДВЗ та агрегатів трансмісії методом акустичної емісії після обробки ТВС "Комбат" свідчать про суттєве зниження даного показника для ДВЗ в 70 разів, коробки передач – в 8 разів, заднього моста – в 8 разів.



Рис. 1. Номограма усередненої швидкості зношування у відносних одиницях:  
а – ДВЗ; б – коробка передач; в – задній міст.

На діаграмах вимірювання швидкості зношування в реальному часі спостерігається зменшення пікових значень вимірювального параметру. Дані показники досягаються за рахунок металокерамічного шару, який має високі зносостійкі та задиростійкі характеристики.

Питомі витрати палива на обертах малого газу після використання репараційної технології зменшились на 8,5%, витрати оливи на згар зменшились на 16%, тиск у системі змащування ДВЗ на обертах малого газу збільшився на 10,5% (з 0,38 до 0,42 МПа).

Це пояснюється збільшенням компресії за рахунок виникнення металокерамічного шару, а також зменшенням сили тертя у рухомих спраженнях.

Дослідження показали, що на першому етапі після обробки агрегатів за технологією ТТВ спостерігається деяке зниження компресії в циліндрах ДВЗ, де вона відповідала нормі і різке збільшення (практично до норми) у більш зношених циліндрах. Це пояснюється механізмом утворення металокерамічного шару за рахунок шаржування у поверхневий шар вихідного продукту ТВС з наступною механо-термічною активацією.

Ця обставина визначає доцільність використання даної технології у вже зношених або пошкоджених агрегатах ЗР ЗНЗДА.

## Список літератури

1. Войтов В.А. Технологии триботехнического восстановления – обзор и анализ перспектив / В.А. Войтов, В.Н. Стадниченко, Н.Г. Стадниченко, Р.Н. Джус // Проблемы трибологии. – 2005. – № 2. – С. 67-74.
2. Говорова О.В. Возможность применения активных мелкодисперсных модификаторов трения в современных СОТС / О.В. Говорова, В.М. Петров, Н.Ю. Сойгу // Повышение износостойкости и долговечности машины механизмов на транспорте: Труды III между. симпозиума по транспортной триботехнике "ТРАНСТРИБО – 2005". – СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2005. – 312 с.
3. Патент України UA 41896 МПК 2009. Спосіб безрозбірного відновлення поверхонь трибосистем / Войтов В.А., Стадниченко В.М., Стадниченко М.Г., Білик А.П. Опубліковано 10.06.2009, бюл. №11. – 3 с.
4. Стадниченко В.Н. Методические аспекты применения метода акустической эмиссии в трибодиагностике / В.Н. Стадниченко, Р.Н. Джус, О.Н. Трошин // Військово-технічний збірник, Вип. 1. – Львів, АСВ, 2011. – С. 73-79.
5. Запорожець В.В. О механизмах подвижности металокерамического слоя в технологиях триботехнического восстановления деталей / В.В. Запорожець, В.М. Стадниченко, М.Г. Стадниченко, О.М. Трошин Р.М. Джус // Військово-технічний збірник, вип. 3.. – Львів, 2010. – С. 101-106.

Надійшла до редколегії 30.09.2011

Рецензент: д-р техн. наук проф. В.А. Войтов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ТРИБОТЕХНИЧЕСКОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЛЯ ПРОДЛЕНИЯ РЕСУРСА СРЕДСТВ НАЗЕМНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЕЙСТВИЙ АВИАЦИИ

Н.Г. Стадниченко, Р.Н. Джус, С.В. Степанов, Г.П. Сигаило, А.М. Гурин

Приведены результаты натурных испытаний технологии триботехнического восстановления с использованием перспективной трибовосстанавливающей смеси "Комбат" на двигателе внутреннего сгорания и агрегатах трансмиссии автомобиля Зил ММЗ-4505.

**Ключевые слова:** средства наземного обеспечения действий авиации, репарационная технология, трибовосстанавливающая смесь, двигатель внутреннего сгорания, агрегаты трансмиссии, натурные испытания, продление ресурса.

## ESTIMATION OF EFFICIENCY OF THE USE OF TECHNOLOGIES OF TRIBOTECHNICAL RENEWAL FOR THE RESOURCE EXTENSION OF THE GROUND PROVIDING OF AVIATION ACTIONS FACILITIES

M.G. Stadnichenko, R.M. Dzhus, S.V. Stepanov, G.P. Sigaylo, O.M. Gurin

The results of model tests of tribotechnical renewal technology with the use of perspective triborenewal mixture "Kombat" on an engine internal combustion and aggregates of transmission of ZIL MMZ-4505.

**Keywords:** ground means of ensuring air operations, reparations technology tribovossta-establishes a mixture, the combustion engine, transmission assemblies, field testing, life extension.