

Спеціалізованій вченій раді Д70.052.02
Хмельницького національного університету
29016, м. Хмельницький, вул. Інститутська, 11

ВІДГУК

офіційного опонента, доктора технічних наук, професора,
завідувача кафедри машинобудування та технічного сервісу машин
Українського державного університету залізничного транспорту
Вороніна Сергія Володимировича
на дисертаційну роботу **Міланенка Олександра Анатолійовича**
«Науково-прикладні засади підвищення ефективності мащення і
зносостійкості вузлів тертя в екстремальних умовах роботи»,
представлену на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за
спеціальністю 05.02.04 – тертя та зношування в машинах.

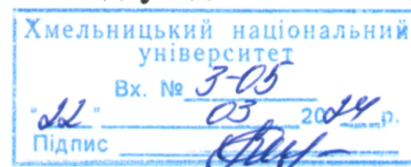
Дисертаційна робота складається зі вступу, семи розділів, висновків та додатків. Повний обсяг дисертації складає 464 сторінки. Обсяг анотації складає 26 сторінок. Дисертація містить 138 ілюстрацій, 43 таблиці. Список використаних джерел із 280 найменувань займає 31 сторінку. Додаток містить 36 сторінок. Обсяг основної частини дисертації становить 359 сторінок.

Актуальність обраної теми досліджень та її зв'язок з державними науковими програмами.

Відомо, що більшість вузлів тертя працює в умовах переходу від рідинного до граничного мащення, де швидкоплинно змінюються структура мастильного шару, його реологічні та триботехнічні характеристики.

В теперішній час відсутня єдина точка зору щодо прояву мастильної здатності в умовах такого змішаного мащення, яке є нестійким режимом внаслідок швидкоплинних процесів в зоні фрикційного контакту, особливо при мастильному голодуванні, де виникають розриви мастильних шарів на дискретних ділянках фактичної площі контакту при високих навантаженнях.

В зв'язку з цим виникла потреба розробки методології підвищення мастильної здатності та зносостійкості модифікованих шарів з поліпшеними триботехнічними, реологічними та фізико-хімічними властивостями, що мають оптимальну структурну пристосованість та швидко адаптованість до екстремальних умов роботи.



Дисертаційна робота присвячена вирішенню актуальної наукової проблеми забезпечення стійкого мащення в перехідному режимі – від граничного до рідинного – шляхом створення в зоні фрикційного контакту модифікованих шарів з оптимальною мастильною здатністю та структурною пристосовуваністю до екстремальних умов роботи, що відповідає підвищенню ефективності мащення та зносостійкості пар тертя за контактнo-механічними, реологічними і фізико-хімічними аспектами.

Слід відзначити, що проведення комплексних досліджень трибологічних характеристик в області переходу від граничного до рідинного мащення потребує використання сучасного автоматизованого обладнання, яке дозволяє в реальному часі забезпечити точність, адекватність та достовірність отриманих результатів. Вказана задача була також вирішена автором як при проведенні досліджень в лабораторних і заводських умовах, так і на оригінальній техніці при її експлуатації.

Дисертаційна робота виконана згідно з планами науково-дослідної роботи Національного транспортного університету. Автор був співвиконавцем цілого ряду держбюджетних тем. Дисертаційні дослідження також проводились в рамках науково-дослідних робіт за державною програмою «Державне замовлення», що також підтверджує її актуальність для народного господарства України.

Загальна характеристика дисертаційної роботи.

У вступі розкрито сучасний стан проблеми та важливість її наукового вирішення, обґрунтовано актуальність роботи, зв'язок з державними науковими програмами, сформульовані об'єкт, предмет, мета і напрями дослідження, визначена наукова новизна і практична цінність отриманих результатів, наведена характеристика публікації та апробації результатів.

У першому розділі проведений літературний аналіз джерел щодо сучасного стану напрямків досліджень за темою дисертаційної роботи.

На основі аналізу літературних даних та аналізу сучасного стану неконформних і конформних вузлів тертя, а саме, для підшипникових вузлів

тертя і вузлів ДВЗ, що працюють в екстремальних умовах роботи, для створення умов реалізації стійкого мікро-ЕГД мащення, автором запропоновано ідентифікувати переходи від рідинного до змішаного мащення та від змішаного до граничного. Це дозволило, в подальшому, врахувати особливості змішаного мащення в екстремальних умовах тертя, наприклад, встановити умову попередження розриву мікро-ЕГД мастильного шару.

Зроблено висновок про необхідність побудови методології підвищення ефективності мащення та зносостійкості пар тертя, яка враховує особливості мікро-ЕГД мащення, що характеризуються впливом механічних властивостей матеріалів поверхонь тертя, форми контакту, реологічними властивостями та фізико-хімічним складом мастильних середовищ.

Автором зроблено заключення про те, що для існуючих моделей змішаного мащення важливим є врахування зміни форми контакту, шорсткості поверхонь для ідентифікації режиму мащення та реологічних властивостей мастильних матеріалів, що дозволить привести умови модельних випробувань до реальних умов експлуатації.

Визначено, що зміна температури в локальній зоні контакту та умова появи пластично-деформованого контакту при застосуванні модифікованих мастильних середовищ за різним якісним і кількісним хімічним складом активних компонентів є дієвим маркером оцінки структурної пристосовуваності модифікованих шарів до реальних умов експлуатації ДВЗ.

Встановлено, що модифікування мастильних середовищ необхідно здійснювати комплексно – з урахуванням контактнo-механічних, реологічних і фізико-хімічних аспектів, з метою реалізації стійкого мащення та створення на контактних поверхнях тертя адаптованих модифікованих шарів з оптимальною структурною пристосовуваністю до умов змішаного мащення.

Зауваження по першому розділу:

1. Підрозділ 1.1 бажано було б підсилити оглядом робіт щодо підбору матеріалів для деталей тертя на основі явища втомного зношування, а також вітчизняних робіт з конструктивної зносостійкості та акустичної емісії.

2. В підрозділі 1.2 бажано було б розкрити вплив автоколивань при терті шорстких поверхонь на механізм формування ЕГД та мікро-ЕГД плівки та її стійкість.

3. Підрозділи 1.3 та 1.4 бажано було б підсилити оглядом робіт щодо застосування присадок, які утворюють на поверхнях тертя полімолекулярні граничні плівки рідкокристалічної будови.

У другому розділі запропоновано нову концепцію методології підвищення мастильної здатності та зносостійкості вузлів тертя, що працюють в екстремальних умовах роботи, яка враховує: нестационарні умови тертя, форму локального контакту та кінематику тертя, реологічні властивості мастильних шарів, температуру контакту, склад компонентів в мастильному середовищі.

Наведено опис модернізованого стенда оптико-інтерферометричних досліджень фактичної форми контакту та товщини мастильного шару.

Наведено опис модернізованого універсального автоматизованого стенда тертя (УАСТ) на базі машини тертя СМЦ-2 з програмованим комплексом для керування швидкоплинними процесами в зоні фрикційного контакту при терті кочення з проковзуванням (для неконформних вузлів) та ковзання (для конформних вузлів) в нестационарних (пуск – зупинка) умовах.

Розроблено методику оцінки напружено-деформованого стану в зоні фрикційного контакту за фактичної форми контакту. Запропонований спрощений розрахунок максимальних контактних напружень та деформацій в зоні фрикційного контакту та максимальних дотичних напружень з відповідним положенням їх локалізації в підповерхневій зоні контакту за глибиною та вздовж напрямку кочення.

Розроблено методику оцінки реологічних властивостей мастильного матеріалу в залежності від зміни максимального контактного тиску та температури. Визначений вплив типу мастильного матеріалу на динамічну в'язкість досліджуваних олив за визначеними залежностями: в'язкість – тиск

– температура (п'єзокоефіцієнт в'язкості) і густина – тиск (стисливість) для врахування прояву неньютонівських властивостей.

Обґрунтовані безрозмірні параметри швидкості, навантаження, матеріалів та форми контакту щодо їх впливу на товщину мастильного шару для підшипникових вузлів тертя та вузлів ДВЗ. Запропоновано методику розрахунку мінімальної і центральної товщини мастильного шару в зоні мікро-ЕГД контакту для підшипникових вузлів тертя з урахуванням форми контакту та типу мастильного матеріалу. Запропоновано методику розрахунку товщини мастильного шару та інтенсивності зношування в зоні контакту для вузлів ДВЗ з урахуванням зміни ходу поршня і кількості обертів двигуна та типу мастильного матеріалу.

Зауваження по другому розділу:

1. Структурна схема методології підвищення зносостійкості та ефективності мащення не враховує навантаження зварювання на ЧКМ. Однак, цей показник є критерієм протизадирних властивостей, їх критичного прояву, який вказує на здатність запобігати схоплюванню II роду.

2. Пункт 2.4.1 розкриває методику дослідження динамічної в'язкості в ротаційному віскозиметрі залежно від швидкості. Яким чином в роботі пропонується досліджувати вплив тиску на в'язкість? Лише перерахунком за сталим п'єзокоефіцієнтом? Чи можна припустити, що п'єзокоефіцієнт за певних умов є також змінною величиною?

3. Залежності (2.27) та (2.28) не враховують параметри шорсткості поверхонь контакту.

4. Пункт 2.6.2. Чому для вимірювання зносу роликів та колодок обраний саме метод лунок, а не ваговий метод? Ваговий метод віднесений автором до непридатних для вказаних випробувань, хоча таке ствердження є спірним.

5. Машина тертя СМЦ-2 не дає змогу моделювати тертя ковзання в умовах зворотно-поступального руху, хоча автор досліджує в тому числі контакт поршневого кільця та гільзи циліндру ДВЗ.

У третьому розділі запропоновано новий критеріальний підхід щодо модифікування мастильних середовищ за фізико-хімічним складом з метою підвищення зносостійкості і ефективності мащення в умовах змішаного мащення. Запобігання розриву мікро-ЕГД мастильного шару досягається комплексом заходів: реалізації стійкого мікро-ЕГД мащення за критерієм режиму мащення; оптимальної форми контакту за критерієм еліптичності; оптимального класу в'язкості при збільшенні долі гідродинамічного тиску (несучої здатності) мастильних шарів відносно контактного тиску від мікронерівностей шорстких поверхонь за критерієм тиску; оптимального типу мастильного матеріалу за реологічним критерієм; оцінки появи пластично-деформованого стану за критерієм пластичності; підбором якісного і кількісного хімічного складу активних компонентів в мастильному середовищі для створення міцних модифікованих шарів з високою структурною пристосовуваністю та термомеханічною стійкістю за температурним критерієм.

Визначені трансцендентні параметри обчислення еліптичних інтегралів за фактичною формою контакту для уточнення спрощеної методики розрахунку максимальних контактних напружень та деформацій за Герцом. Отримано формулу розрахунку еліптичності за відношенням радіусів кривин кільця та кульки підшипникових вузлів тертя емпіричним способом методом лінійної множинної регресії.

Обґрунтовані контактні-механічні аспекти оцінки товщини мастильного шару в зоні мікро-ЕГД контакту з урахуванням впливу шорсткості контактних поверхонь тертя, пружної деформації та сумісної дії гідродинамічний тиску та середнього контактного тиску на виступах мікронерівностей, а також залежності в'язкість – тиск.

Обґрунтовані фізико-хімічні аспекти взаємозв'язку якісного і кількісного хімічного складу активних компонентів в мастильних середовищах та локальних температур в зоні фрикційного контакту.

У четвертому розділі проведені експериментально-розрахункові дослідження підшипникових вузлів тертя за різною кінематикою тертя для встановлення умов реалізації стійкого мікро-ЕГД мащення в усьому діапазоні зміни еліптичності контакту для різних типів оливо.

Встановлено, що збільшення еліптичності форми контакту зменшує рівень максимальних контактних напружень і деформацій в зоні фрикційного контакту підшипникових вузлів тертя, а саме в підповерхневій зоні контакту зменшуються максимальні дотичні напруження та положення їх локалізації в ортогональному напрямку кочення. Причому, спостерігається перерозподіл контактного напруження більше в бік напрямку кочення.

Визначені умови попередження розриву мікро-ЕГД мастильного шару для оливо за різним класом в'язкості та реологічними властивостями.

Визначена оптимальна суміш за протизношувальними, протизадирними і антифрикційними властивостями, що містить модифікатор тертя сульфідної групи EP у концентрації 2,1 %, а саме: за сформованою оптимальною товщиною модифікованого шару та найшвидшим адаптуванням до екстремальних умов тертя; за стрімким падінням і подальшим стабілізуванням сил тертя; за збільшенням критичного навантаження, за зменшенням діаметру плями зношування, за збільшенням індексу задиру при всіх рівних умовах випробувань.

Зауваження по четвертому розділу:

1. Підрозділи 4.2 – 4.4. Чому в дослідженнях обрана лише одна температура 343 К, адже перелічені оливи в реальності працюють при більш високих температурах?

2. В підрозділах 4.2 та 4.3 досліджували товарні оливи, а в підрозділі 4.4 – оливу И-40А. З чим це пов'язано?

У п'ятому розділі проведені експериментально-розрахункові дослідження неконформних і конформних вузлів ДВЗ в нестационарних умовах тертя для встановлення умов реалізації стійкого мащення для модифікованих сумішей та оливо різних типів та концентрацій.

Встановлені оптимальні суміші за кінетикою зміни механічних властивостей поверхонь тертя; реологічними властивостями модифікованих шарів; закономірностями зміни лінійного зносу; негідродинамічної складової товщини модифікованого шару; антифрикційними властивостями в нестационарних умовах тертя при низькотемпературному запуску.

Для неконформних і конформних вузлів ДВЗ визначені кращі модифіковані оливи за швидкістю процесів самоорганізації і самовідновлення модифікованих шарів; синергізмом комбінованої дії різних компонентів; закономірностями зміни лінійного зносу; негідродинамічної складової товщини модифікованого шару; антифрикційними властивостями в нестационарних умовах тертя при низькотемпературному запуску.

Встановлено кореляційний взаємозв'язок між температурою в зоні локального контакту і об'ємною температурою модифікованої оливи при збільшенні максимального контактного напруження в період припрацювання. В умовах напрацювання до 15 циклів, встановлена висока термомеханічна стійкість модифікованої оливи в порівнянні зі штатною оливою, що підтвердило кращу структурну пристосовуваність до екстремальних умов.

Зауваження по п'ятому розділу:

1. Підрозділ 5.1. Чому у випробуваннях обрана температура $T = 348 \text{ K}$ в зоні контакту?

2. На рис. 5.6 показано зростання в'язкості сумішей при прогріві пари тертя. Чи не суперечить це класичним уявленням про закон «температура - в'язкість»? Як це можна пояснити?

3. На графіках з рисунків 5.6, 5.8, 5.9 мінімум коефіцієнту тертя досягається для базової оливи И-40А і Зразка 1. Тобто олива И-40А краща за антифрикційними властивостями, ніж зразки 2 і 3?

4. З чим пов'язані стрибки товщини мастильного шару, наведені на рис. 5.30 і 5.31?

У шостому розділі проведено моделювання напружено-деформованого стану в зоні фрикційного контакту з урахуванням форми контакту та моделювання оцінки ефективності мащення та зносостійкості пар тертя.

Побудовано нову математичну модель напружено-деформованого стану фрикційного контакту тертя з урахуванням зміни фактичної форми контакту при збільшенні контактного навантаження. Встановлено, що збільшення еліптичності контакту, призводить до зменшення максимальних контактних напружень і деформацій, в тому числі, дотичних напружень у підповерхневій зоні та їх локалізації за глибиною і за напрямом кочення. Визначено, що збільшення еліптичності форми контакту сприяє перерозподілу контактного напруження більше в ортогональному напрямку кочення, ніж по глибині.

Побудовано математичну модель оцінки мінімальної і центральної товщини мастильного шару в зоні мікро-ЕГД контакту підшипникових вузлів на підставі отриманих оптимальних емпіричних рівнянь, що описують одночасний вплив кожного з параметрів швидкості, навантаження, матеріалів і форми контакту та встановлює режим реалізації стійкого мікро-ЕГД мащення для забезпечення умов попередження розриву мікро-ЕГД мастильного шару.

Побудовано математичну модель оцінки товщини модифікованого шару та інтенсивності зношування в зоні фрикційного контакту між верхнім компресійним кільцем та гільзою циліндру ДВЗ на підставі отриманого оптимального емпіричного рівняння, що описує одночасний вплив кожного з параметрів швидкості, навантаження, матеріалів і форми контакту і встановлює відповідний режим реалізації стійкого мащення для забезпечення підвищення мастильної здатності та зносостійкості пар тертя.

У сьомому розділі представлені результати розробки і впровадження модифікованих олив за проведеними прискореними і довготривалими стендовими і експлуатаційними випробуваннями, які здобувач провів самостійно, та запропоновані на основі проведених випробувань нові методики та технології модифікування мастильних середовищ.

На етапі виробництва розроблено і впроваджено модифіковану авіаційну оливу АРІАН МС-8пн, яка пройшла довготривалі експлуатаційні випробування впродовж 8000 м.годин напрацювання в системі мащення підшипникових вузлів тертя на авіаційному газотурбінному двигуні ДР-59л газоперекачувального агрегату. Застосування модифікованої оливи забезпечило збільшення напрацювання в мотогодинах у 2 рази відносно штатного напрацювання. Крім того, було збільшено фактичну довговічність кулькових підшипників кочення SKF на 25% в мільйонах обертів, що працюють в екстремальних умовах роботи.

Розроблено і впроваджено модифіковану моторну оливу АРІАН Ультрагаз на етапі виробництва, а на етапі довготривалих експлуатаційних випробувань впродовж 4160 м.годин напрацювання в системі мащення вузлів тертя у газовому двигун-генераторі ДВГА-500 когенераційної установки, збільшено напрацювання в мотогодинах практично у 2 рази відносно штатного напрацювання за рахунок поліпшення фізико-хімічних показників і триботехнічних властивостей.

На етапі експлуатаційних випробувань, впроваджено модифіковані моторні оливи ПРОТЕК STATGAS 40 в системі мащення у газовому двигун-генераторі ДВГ1А-630 високої потужності впродовж 2000 м.годин напрацювання та ПРОТЕК STATGAS 40МА в системі мащення у газовому двигуні САТ 3520В високої потужності впродовж 2300 м.годин напрацювання, які показали поліпшені фізико-хімічні показники та триботехнічні властивості за чотирьма критеріями у відпрацьованій оливі: кількості надходження продуктів зношування; вмісту забруднення; вмісту функціональних присадок; фізико-хімічних показників.

На етапі виробництва розроблено і впроваджено універсальну моторно-трансмійну оливу АРІАН ЄМТ-8, а на етапі комплексних прискорених і довготривалих випробувань впродовж 200 м.годин напрацювання на одноциліндровому двигуні, вихоркамерному двигуні та в єдиній системі мащення двигуна, трансмісії і гідравлічній системі трактору ХТ31410.

Встановлено універсальність модифікованої оливи в порівнянні зі штатними оливами до застосування в системі мащення відповідних систем гусеничної техніки з поліпшеними фізико-хімічними і триботехнічними властивостями.

Апробовано методики оцінки та технології підвищення ефективності мащення і зносостійкості пар тертя за контактено-механічними, реологічними і фізико-хімічними аспектами згідно позитивних результатів, що видані акредитованими лабораторіями вітчизняних заводів-виробників мастильних матеріалів.

Зауваження по сьомому розділу:

1. Підрозділ 7.1. Чи досліджували втрати на тертя в підшипниках SKF при роботі на модифікованій оливі?

2. Пункт 7.2.1. Правильно було б для порівняльної оцінки навести також значення диспергуючої здатності оливи М-10Г2ЦС за однакового напрацювання.

Загальні зауваження по роботі:

1. В роботі відсутній перелік умовних позначень, символів, скорочень, що ускладнює сприйняття матеріалу.

2. Відсутній розрахунок економічної ефективності впровадження результатів, хоча об'єктів для таких розрахунків вистачає.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, їх достовірність.

Висунуті у дисертації наукові положення та отримані висновки і рекомендації у достатній мірі обґрунтовані. Достовірність теоретичних положень дисертації ґрунтується на застосуванні фундаментальних положень трибології, контактної міцності і руйнування твердих тіл, теорії пружності деформованих поверхонь, положень хімотології і реології модифікованих шарів, концепції модифікування, нестационарності процесів тертя. Експериментальні дослідження виконувались на основі теорії моделювання та планування експерименту в лабораторних умовах. Прискорені та довготривалі стендові і експлуатаційні випробування проводились на

оригінальному обладнанні та машинах, розміщених на стратегічних підприємствах України. Обробка результатів експериментально-розрахункових досліджень виконана із застосуванням інформаційних технологій з використанням методів рішення багатofакторних нелінійних задач множинної регресії та багаторядної селекції вибору оптимальних моделей.

Загальні висновки по роботі розкривають повноту вирішення поставлених задач дослідження та відбивають всі головні отримані результати роботи.

Найбільш вагомими новими науковими результатами, що мають світове і загальнонаціональне значення, отриманими здобувачем, є:

1. Нова концепція методології підвищення мастильної здатності та зносостійкості вузлів тертя, що працюють в екстремальних умовах роботи, яка враховує: нестационарні умови тертя, форму локального контакту та кінематику тертя, реологічні властивості мастильних шарів, температуру контакту, склад компонентів в мастильному середовищі.

2. Математична модель напружено-деформованого фрикційного контакту, яка розкриває механізми зниження контактних напружень і деформацій у підповерхневій зоні з урахуванням форми контакту.

3. Удосконалена модель формування мінімальної товщини мастильного шару в зоні мікро-ЕГД контакту, яка дозволяє реалізувати стійке мащення підшипникових вузлів. Модель враховує фактичні форми контакту в діапазоні еліптичності та реологічні властивості мастильного матеріалу.

4. Удосконалена модель мастильної здатності та зносостійкості в зоні фрикційного контакту на основі експериментально-розрахункових критеріїв оцінки товщини модифікованого шару та інтенсивності зношування деталей ДВЗ. Модель враховує кінематику руху та реологічні властивості мастильного матеріалу.

5. Розширені критеріальні підходи щодо ідентифікації перехідних зон від режиму рідинного до граничного мащення на основі комплексної оцінки

модифікування фізико-хімічного складу мастильних середовищ для вузлів тертя, що працюють в екстремальних умовах роботи. Запропоновані та обґрунтовані критерії: критерій режиму мащення, реологічний критерій та критерій тиску при переході від рідинного до змішаного тертя. Введені критерій пластичності та температурний критерій щодо запобігання втрати міцності і термомеханічної стійкості модифікованих шарів.

6. Розширені теоретичні засади еластогідродинамічного мащення в частині впливу фактичної форми контакту на механічні властивості поверхонь тертя та уявлення про будову мікро-ЕГД мастильного шару.

7. Розширені фізико-хімічні основи змішаного мащення в перехідній зоні: встановлені закономірності зміни товщини, реологічних властивостей модифікованих шарів, лінійного зносу та хімічного складу активних компонентів модифікаторів тертя, протизношувальних і протизадирних присадок, органічних наномодифікаторів.

Практичне значення одержаних результатів полягає в наступному:

1. Розроблені і впроваджені методики оцінки та технології підвищення ефективності мащення і зносостійкості вузлів тертя за результатами, що видані акредитованими лабораторіями вітчизняних заводів-виробників мастильних матеріалів ТОВ ЗТМ АРІАН, м. Фастів, Київська обл. та ТОВ КСМ ПРОТЕК, смт. Клавдієво-Тарасово, Київська обл.

2. Модернізовані універсальний автоматизований стенд тертя (УАСТ) для проведення триботехнічних і реологічних досліджень вузлів ДВЗ та стенд оптико-інтерферометричних досліджень форми контакту і товщини мастильного шару підшипникових вузлів тертя в Національному транспортному університеті, м. Київ.

3. Розроблено та впроваджено у промисловість декілька модифікованих олив різного призначення, а саме:

– авіаційна олива АРІАН МС-8пн в системі змащування підшипників авіаційного газотурбінного двигуна ДР-59л у газоперекачувальних агрегатах при довготривалих експлуатаційних випробуваннях впродовж 8000 м.годин

на компресорній станції КС-4 „Зіньківська” Диканського ЛВУМГ від НАК «Нафтогаз України», Полтавська обл.;

– моторна олива АРІАН Ультрагаз в системі змащування газового двигун-генератора ДВГА-500 у когенераційних установках при довготривалих експлуатаційних випробуваннях впродовж 4160 м.годин від АТВТ «Первомайськдизельмаш», Миколаївська обл.

– моторна олива ПРОТЕК STATGAS 40 в системі змащування газового двигун-генератора ДВГА-630 у когенераційних установках при експлуатаційних випробуваннях впродовж 2000 м.годин від ТОВ СП «Світловодськпобут», Кіровоградська обл.;

– моторна олива ПРОТЕК STATGAS 40МА в системі змащування газового двигун-генератора CAT 3520B (CATERPILLAR) при експлуатаційних випробуваннях впродовж 2300 м.годин від КПТМ «Черкаситеплокомуненерго», Черкаська обл.

– моторно-трансмісійна олива АРІАН ЄМТ-8, яка забезпечила поліпшені триботехнічні та фізико-хімічні показники: на одноциліндровому двигуні 1ЧН8×11; на вихоркамерному двигуні 2ДТХ№10; в системі змащування двигуна 2ДТХ№13, трансмісії і гідравлічної системи трактора ХТЗ-1410 впродовж 200 м.годин на кожному етапі, що дало можливість скоротити матеріальні витрати при використанні єдиної оливи замість трьох олив від Харківське конструкторське бюро КП ХКБД.

Повнота викладення основних результатів дисертації.

За темою дисертації опубліковано 50 наукових праць, у тому числі: 7 статей у фахових виданнях, що внесені до наукометричної бази Scopus; 3 статті у іноземних спеціалізованих виданнях; 3 у монографіях; 16 статей у фахових спеціалізованих виданнях; 15 тез доповідей у конференціях (з них – 5 у міжнародних конференціях); 1 патент на винахід та 5 свідоцтв про реєстрацію авторського права на твір.

Загальний висновок.

Дисертаційна робота на тему «Науково-прикладні засади підвищення ефективності мащення і зносостійкості вузлів тертя в екстремальних умовах роботи» є завершеною науковою працею, в якій вирішена важлива науково-прикладна проблема забезпечення стійкого мащення в перехідному режимі – від граничного до рідинного – шляхом створення в зоні фрикційного контакту модифікованих шарів з оптимальною мастильною здатністю та структурною пристосовуваністю до екстремальних умов роботи, що відповідає підвищенню ефективності мащення та зносостійкості пар тертя за контактнo-механічними, реологічними і фізико-хімічними аспектами.

Наведені вище зауваження не зменшують наукової та практичної цінності роботи.

Робота виконана на високому науковому рівні. Її нові теоретичні і практичні результати є актуальними, обґрунтованими та достовірними.

Оформлення, стиль і мова викладення роботи в цілому відповідають встановленим вимогам. Головні результати дисертаційної роботи опубліковані досить широко і мають національне та світове визнання.

Зміст автореферату відповідає основним положенням і змісту дисертації. Положення і результати, що виносилися дисертантом на захист кандидатської дисертації не використані у даній дисертаційній роботі.

В цілому, робота відповідає вимогам пунктів 7, 9 «Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 17 листопада 2021 року за №1197 до докторських дисертацій, а її автор, Міланенко Олександр Анатолійович, заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.02.04 – тертя та зношування в машинах.

Доктор технічних наук, професор,
Завідувач кафедри машинобудування та
технічного сервісу машин

Українського державного університету

залізничного транспорту

засвідчую _____ 20__ р.

Завідуючий канцелярією
УкрДУЗТ

С.В. Воронін

С.В. Воронін
А.Домаш (Шелко)

