

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Глухонця Андрія Олексійовича

«Еластогідродинамічні аспекти мащення в умовах локальних контактів тертя», подану до офіційного захисту в спеціалізовану вчену раду Д 26.059.03 в Національному транспортному університеті на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.04 – тертя та зношування в машинах

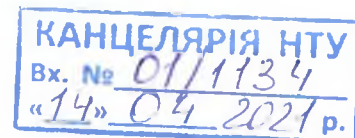
**Актуальність обраної теми та зв'язок її з науковими програмами, планами, темами.**

На сьогодні у різноманітних технічних засобах для забезпечення їх надійності та працездатності трибосистем широко використовуються композиції, у складі яких знаходяться присадки конкретного функціонального призначення. Надійна та ефективна робота трибосистем залежить не тільки від присадок, а і від трибологічних властивостей базових мастил, конструкційних матеріалів трибосполучень, мікро- та субмікрогеометричних параметрів геометричних шарів. Все більше значення при проектуванні знає поняття сумісності матеріалів в трибосистемі не тільки між контактуючими конструкційними матеріалами, а і змащувальним середовищем. Тому роботи направлені на подовження ресурсу працездатності триботехнічних систем шляхом оптимального науковообґрунтованого підбору мастильних матеріалів є актуальними.

Дисертаційна робота пов'язана з наково-дослідницькою тематикою кафедри виробництва, ремонту та матеріалознавства Національного транспортного університету (НТУ), яка виконувалась відповідно до договорів Міністерства освіти і науки України в напрямку «Енергетика та енергоефективність» науково – дослідної роботи за рахунок державного бюджету за темою №19 «Дослідження закономірностей формування граничних мастильних шарів у оливах з різним якісним станом з метою оптимізації ресурсу елементів трибосистем» (№ РК 0113U000296 в період 01.01.2013р. – 31.12.2014р); та науково – дослідної роботи за рахунок державного бюджету за темою № 34 «Збільшення ресурсу використання універсальної моторно-трансмісійної оливи у вітчизняних гусеничних машинах за рахунок оптимізації структурного складу оливи» (№РК 0115U002289 в період 01.01.2015 – 31.12.2016рр.).

### **Загальна характеристика дисертаційної роботи**

У вступі сформульована наукова проблема, обґрунтована актуальність теми, сформульовано тему роботи та завдання дослідження. Визначені об'єкт і предмет дослідження. Наведені основні методи дослідження, його наукова новизна, практичне значення, особистий внесок здобувача, апробація



результатів дослідження та їх публікація. У підсумку подано структуру та обсяг роботи, яка складається зі змісту, вступу, чотирьох розділів основної частини, загальних висновків, списку використаних джерел, який налічує 130 найменувань і додатки. Робота викладена на 192 сторінках (з них 174 сторінки основного тексту, 63 рисунки, 8 таблиць).

У **першому** розділі «Вплив експлуатаційних факторів та триботехнічних процесів на довговічність трибомеханічних систем» розглянуті проблеми тертя, зносу і змащувальних матеріалів у процесі взаємодії контактуючих поверхонь при їх взаємному переміщенні в машинах. Розглянуто сучасні уявлення про режими мащення в триботехнічних системах. Особлива увага приділялась еластогідродинамічному режиму мащення, а саме концепції застосування еластогідродинамічної теорії мащення в сучасних умовах тертя. Сучасний стан ЕГД-мащення свідчить, що процес утворення ЕГД-мастильного шару вивчений досить добре, і товщини таких шарів можуть бути розраховані з великою точністю. Однак на практиці умови роботи часто далекі від ідеальних, які передбачаються в більшості теоретичних та експериментальних дослідженнях. Нерідко ігнорується важливий практичний фактор, а саме подача й розподіл оливи в межах контакту. Режим мастильного голодування, що часто існує на практиці, але не завжди передбачений у теорії, може вплинути на товщину мастильного шару – основну характеристику ЕГД-контакту, що визначає мастильну здатність мастильних матеріалів, і таким чином на зносостійкість поверхонь тертя.

На основі проведеного аналізу літературних джерел визначені мета і задачі дослідження.

У **другому** розділі, що має назву «Основні методи та засоби для проведення триботехнічних випробувань» розглянуто методи та засоби експериментальних досліджень і установок, як попередніх поколінь, що значно відстають від сучасних вимог. Тому, як зазначив автор, використання сучасного обладнання для проведення досліджень на тертя та зношування дає можливість досягнути високої точності та рівня обробки експериментальних досліджень. Модернізовано стенд оптичної інтерферометрії для вимірювання товщини мастильного шару та реологічних параметрів олив, що дало змогу максимально наблизити умови лабораторного дослідження до реальних умов експлуатації неконформних вузлів тертя; використання трибометра CSM Instruments SA дає можливість отримати експериментальні результати з високим ступенем точності до реальних умов роботи трибомеханічних систем; проведено аналіз методів вимірювання товщини мастильної плівки, а використання методу оптичної інтерферометрії для визначення товщини мастильного шару в локальному контакті тертя дало можливість найбільш точно диференціювати змащувальні матеріали за їх реологічними ознаками, а також встановити залежність процесу формування товщини мастильного шару від впливу наступних факторів: швидкість кочення та кочення з проковзуванням,

навантаження в контакті, температура змащувального матеріалу та фізико-хімічний склад досліджуваного мастильного матеріалу; розкрито сутність кольорової інтерференції; описано експериментальне устаткування для визначення об'єктного зносу, моменту тертя, реологічних та триботехнічних показників в умовах локальних контактів.

Зауваження до розділу:

1. Не наведені діапазони швидкості і навантаження, в яких проводились дослідження процесів тертя та зношування.
2. У підрозділі 2.3 «Експериментальне устаткування для визначення об'ємного зносу, коефіцієнту тертя, реологічних та триботехнічних показників в умовах локальних контактів» допущена помилка. Коефіцієнт тертя не визначається, а підраховується. Визначається сила тертя.
3. На с. 56, перший абзац – технічні помилки по розділовим знакам та нумерації «... можливих ситуацій».

У **третьому** розділі «Кінетика триботехнічних характеристик мастильних матеріалів в умовах рясного мащення» представлені експериментальні дослідження триботехнічних характеристик мастильних матеріалів в умовах рясного мащення. Основні експлуатаційні характеристики будь-якої трибосистеми значною мірою залежать від правильного підбору, якості та властивостей конструкційних і мастильних матеріалів, шорсткості поверхонь (зокрема об'ємної просторової конфігурації) та макрогеометричних показників. Матеріали даного розділу подані у наступній послідовності:

- концепція оптимального вибору модифікаторів тертя для сучасних мастильних матеріалів;
- наведені результати визначення антифрикційних характеристик модифікаторів;
- зазначені особливості формування товщини мастильного шару в контакті, а саме : 1) динаміка формування товщини мастильного шару в умовах чистого кочення; 2) динаміка формування товщини мастильного шару в контакті тертя в умовах кочення із проковзуванням;
- визначено вплив швидкості кочення на реологічні характеристики мастильних матеріалів в контакті тертя;
- встановлено залежність реологічних та антифрикційних властивостей мастильних матеріалів від контактного навантаження.

За результатами експериментальних досліджень встановлено, що динаміка формування товщини мастильного шару в умовах чистого кочення залежить як від в'язкості базової основи мастильного матеріалу, в'язкості присадок, так і від типу контактних поверхонь, а в умовах кочення з проковзуванням процес формування мастильної плівки залежить від стікості компонентів оливи до градієнту швидкості зсуву, який має тенденцію до постійного зростання.

Зауваження до третього розділу:

1. У першому висновку до розділу 3 зазначено наступне: «Триботехнічні вимірювання об'ємного зносу та початкового коефіцієнту тертя...» (с.119). Коефіцієнт тертя не вимірюють, його підраховують.
2. У підрозділі 3.1.2 «Визначення антифрикційних характеристик модифікаторів тертя» пояснюючи рис.3.4, (с.82) залежність коефіцієнту тертя від пробігу при  $t = 70^{\circ}\text{C}$  для дослідження зразків автор на основі величини початкового коефіцієнту тертя порівнюючи максимальний (0,13) і мінімальний (0,125) коефіцієнти тертя і пов'язує їх значення з відповідними значеннями антифрикційних властивостей, але різниця між ними знаходиться у межах похибок експерименту.
3. У підрозділі 3.2. «Особливості формування товщини мастильного шару в контакті» відсутнє посилання на довідник Караулов А.К., Худолій Н.Н. Автомобильные масла. Моторные и трансмиссионные Ассортимент и применение. Справочник.-К.: «Журнал «Радуга»», 2000. – 436 с. у якому наведена інформація про особливості робочих процесів, конструкції і мащення автомобільних двигунів і трансмісій. Доречно було б ці особливості відзначити.
4. А тепер про плівки, як найбільш вживане слово у дисертації тільки у висновках воно повторюється 6 раз), але як ключове слово (с.6) воно не зазначено. Про які плівки йде мова, а саме просто плівки (с.104,105); захисні плівки (с.80); змащувальні плівки (с.3, 107); мастильні плівки (с.4, 109, 116, 120, 121, 177); еластогідродинамічні плівки (с.4,119), а якщо на поверхні металів тверді плівки, то це вторинні структури, то про які плівки і коли йде мова?

У **четвертому** розділі «Особливості роботи трибомеханічних систем в умовах обмеженого мащення» представлені результати досліджень щодо встановлення особливостей роботи трибомеханічних систем в умовах обмеженого мащення (за умови чистого кочення та кочення з проковзуванням) на динаміку процесу формування товщини мастильного шару в центральній зоні контакту для вищезазначених марок олив. Встановлено, що перехід від рясного до обмеженого режиму мащення призводить до запізнення у формуванні початкової товщини мастильного шару для всіх досліджених мастильних матеріалів, але зростання градієнту швидкості при напрацюванні в даних умовах обумовлює активацію та поляризацію молекул олив під дією твердої фази контактних поверхонь, за яких концентрація активованих молекул постійно зростає.

В роботі подані результати досліджень кінетики зміни товщини мастильного шару в умовах обмеженого мащення, а також реологічних характеристик мастильних матеріалів при збільшенні швидкості кочення в умовах обмеженого мащення. Особливу увагу автор приділив розробці моделей, а саме: аналітичної моделі еластогідродинамічного режиму

масцення в локальному контакті; однофакторної та багатофакторної моделей проведення експериментів.

До зауважень по четвертому розділу можна віднести наступне:

1. У тексті зазначається товщина мастильної плівки, а у підписах до рисунків товщина мастильного шару.
2. За довідковими даними теоретичні значення критерію Фішера наводяться з точністю до другого знака після коми. Тоді як автор на с. 154 для виразу (4.6) наводить данні з точністю до 5-го та 6-го знаку. При цьому сутність порівняльної оцінки не порушується, а цифри третього та подальших порядків не значимі.

### **Ступінь обґрунтованості та достовірності положень і висновків сформульованих у дисертації**

Висунуті у дисертації наукові положення та отримані висновки і рекомендації у достатній мірі обґрунтовані. Достовірність теоретичних положень дисертації ґрунтується на застосуванні сучасних положень трибології, фізики міцності твердого тіла, хімотології, сучасних комплексних досліджень та методах фізичного, математичного та комп'ютерного моделювання.

З метою оптимізації проведення експериментів використовувалось математичне планування.

Достовірність експериментальних результатів та висновків роботи забезпечена аргументованістю вибору об'єкту та предмету дослідження використанням сучасних методів і обладнання, а також методів статистичного аналізу цифрових даних. Слід відзначити. Що чітке формування поставлених і вирішених завдань суттєво підвищує вагомість ґрунтовності результатів і рекомендацій та звільняє їх від певної невизначеності, а неодмінні посилання за текстом роботи на власні публікації та інші літературні джерела необхідної інформації суттєво спрощують перевірку прийнятих уявлень і досліджуваних процесів, прийнятих припущень.

Сформульовані автором висновки за результатами роботи досить обґрунтовані, логічно пов'язані з результатами досліджень та повністю відповідають завданням дослідження, які були поставлені перед здобувачем.

Зміст автореферату повною мірою відображає структуру та відповідає основним положенням дисертації.

### **До найбільш вагомих нових наукових результатів досліджень необхідно віднести:**

1. Запропоновано комплексний метод оптимального вибору модифікаторів тертя з поліпшеними протизношувальними і антифрикційними властивостями.

2. Встановлені механізми формування початкової товщини змащувального шару в контакті та її зростання при збільшенні сумарної швидкості кочення в залежності від набуття змащувальними матеріалами неньютонівських властивостей.
3. Встановлено вплив ефективної в'язкості оливо в контакті на кінетику зміни антифрикційних та реологічних властивостей мастильних матеріалів.
4. Зафіксовано що при зміні режиму мащення від рясного до обмеженого досліджувані мастильні матеріали в початковий період характеризуються надбанням неньютонівських властивостей в контакті, що не враховується еластогідродинамічною теорією мащення, про що свідчить залежність ефективної в'язкості від градієнту швидкості зсуву в мастильному шарі.

### **Практичне значення отриманих результатів**

Результати роботи, а саме закономірності щодо впливу тривалості використання модифікованих універсальних моторно-трансмісійних оливо (УМТО) на їх реологічні характеристики в умовах кочення з проковзуванням; кращі протизношувальні, протизадирні й антифрикційні властивості моторно-трансмісійної оливи ПРОТЕК ЄМТ-8 в нестационарних умовах тертя в порівнянні з моторно-трансмісійною оливою ЄМТ-8, що визначені на основі експериментальних даних; аналітична модель мащення точкового контакту при використанні на основі оцінки розподілу товщини мастильного шару в центральній зоні контакту в залежності від експлуатаційних чинників (навантаження, швидкість, температура) та реологічних властивостей мастильних матеріалів, що дозволяє визначити оптимальні умови експлуатації неконформних вузлів тертя при рясному та обмеженому мащенні.

Результати теоретичних та експериментальних досліджень прийняті до впровадження у ТОВ «КСМ Протек» (сmt. Клавдієво-Тарасове, Київська обл.) при виготовленні та оптимізації структурного складу мастильних матеріалів та філії КП «Київпаstrанс» Автобусний парк №6 (м. Київ) при прогнозуванні періодичності технічного обслуговування та заміни універсальних моторно-трансмісійних оливо в агрегатах трансмісії гусеничної техніки.

### **Повнота викладу основних результатів дисертації**

За темою дисертаційної роботи опубліковано 11 наукових праць, у тому числі 2 у журналах індексованих у міжнародній наковометричній базі SCOPUS, 2 статті у фахових виданнях переліку МОН України, 1 стаття у закордонному виданні, а також 6 публікацій у збірниках за матеріалами конференцій.

## **Зауваження по роботі**

Окрім зауважень, які були зазначені у розділах дисертації, необхідно відмітити наступні:

1. Відсутнє обґрунтування вибору олив для проведення досліджень, а саме: I-40А базова; I-40А з модифікаторами; М8Г2К; М10Г2К; ЄМТ- 8; ПРОТЕК ЄМТ-8; TEMOL CLASSIC 15w40.
2. У деяких випадках пояснювальни текст не корелює з графічною інформацією.
3. Наукова новизна отриманих результатів та практичне значення отриманих результатів досліджень подані в авторефераті (с.2,3) та в анотації дисертації (с.6) неідентично сформульовано.
4. У процесі аналізу наукової новизни важко з'ясувати що було зроблено вперше, що удосконалено, а що отримало подальше удосконалення.
5. При дослідженні мастильної плівки, її товщини у різноманітних умовах тертя бажано було б приділити увагу вторинним структурам, які виникають на металевих поверхнях і визначають кінетику процесів активації і пасивації трибоспряжень, які у певній мірі визначають працездатність трибосистеми.
6. З метою цілісності роботи і послідовності необхідно аргументовано здійснювати перехід від попереднього до наступного розділу.
7. На рисунках не наведені планки похибок експериментальних даних.
8. Не всі зазначені у роботі літературні джерела оформлені за ДСТУ.
9. У тексті дисертації зустрічаються незначні описки, граматичні та синтаксичні помилки, повторення, невдалі формулювання (вирази).

Необхідно відзначити, що перелічені зауваження не знижують загальної позитивної оцінки роботи.

## **Висновок щодо відповідності дисертаційної роботи встановленим вимогам**

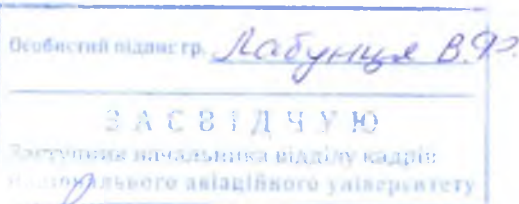
Дисертаційна робота Глухонця Андрія Олексійовича «Еластогідродинамічні аспекти мащення в умовах локальних контактів тертя», подану до офіційного захисту в спеціалізовану вчену раду Д 26.059.03 в Національному транспортному університеті на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.04 – тертя та зношування в машинах присвячена вирішенню важливої науково-технічної проблеми подовження ресурсу роботи трибомеханічних систем шляхом удосконалення трибологічних властивостей їх складових. Дисертація Глухонця Андрія Олексійовича є самостійною, закінченою кваліфікаційною науковою роботою. За своєю актуальністю, обсягом, науково-методичним

рівнем досліджень, науковою новизною та практичною цінністю результатів, об'єктивністю та обґрунтованістю висновків відповідає вимогам п.11 Постанови кабінету Міністрів України «порядок присудження наукових ступенів» від 24.07.2013р. №567 (зі змінами, внесеними згідно з Постановами Кабінету Міністрів України №656 від 19.08.2015р.; №1159 від 30.12.2015), Наказу Міністерства освіти і науки України 340 від 12.01.2017р. «про затвердження Вимог до оформлення дисертації», а дисертант Глухонець Андрій Олексійович заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.04 – тертя та зношування в машинах.

Офіційний опонент:  
професор кафедри  
машинознавства, стандартизації та  
сертифікації Національного  
авіаційного університету  
кандидат технічних наук, доцент

В.Ф. Лабунець

Проректор  
з навчальної роботи  
Анатолій Тогузкін



14.04.2014