

ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова комісії з реорганізації
Національного авіаційного
університету, в.о. ректора



Володимир ШУЛЬГА

« 27 »

2024 року

ВИСНОВОК

Національного авіаційного університету (далі – НАУ) про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації **Якобчука Олександра Євгенійовича на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю **05.02.04 - тертя та зношування в машинах** на тему: «Підвищення зносостійкості пар тертя локальних контактів в нестационарних умовах роботи вибором мастильних матеріалів з заданими триботехнічними властивостями»**

ВИТЯГ

із протоколу № 1 засідання науково-технічного семінару зі спеціальності 05.02.04 - тертя та зношування в машинах Національного авіаційного університету від 14 березня 2024 року

Присутні на засіданні науково-педагогічні працівники НАУ:

Дворук В. І., д.т.н., професор, професор кафедри загальної та прикладної фізики;

Ігнатович С. Р., д.т.н., професор, професор кафедри конструкції літальних апаратів;

Карускевич д.т.н., професор, професор кафедри конструкції літальних апаратів;

Марчук В. Є., д.т.н., професор, професор кафедри логістики;

Мікосянчик О. О., д.т.н., професор, завідувач кафедри прикладної механіки та інженерії матеріалів;

Мнацаканов Р. Г., д.т.н., професор, професор кафедри підтримання льотної придатності повітряних суден;

Носко П. Л., д.т.н., професор, професор кафедри прикладної механіки та інженерії матеріалів;

Башта О. В., к.т.н., доцент, доцент кафедри прикладної механіки та інженерії матеріалів;

Білякович О. М., к.т.н., доцент, доцент кафедри технології аеропортів;

Корнієнко А. О., к.т.н., с.н.с., доцент кафедри прикладної механіки та інженерії матеріалів;

Костюнік Р. Є., к.т.н., с.н.с., с.н.с. науково-дослідної лабораторії нанотриботехнологій;

Лабунець В. Ф., к.т.н., доцент, старший лаборант кафедри прикладної механіки та інженерії матеріалів;

Матвєєва О. Л., к.т.н., доцент, професор кафедри хімії і хімічної технології;

Маслак Т. П., к.т.н., доцент, доцент кафедри конструкції літальних апаратів;

Мельник В. Б., к.т.н., доцент, доцент кафедри прикладної механіки та інженерії матеріалів;

Попов О. В., к.т.н., доцент, завідувач кафедри підтримання льотної придатності повітряних суден;

Свирид М. М., к.т.н., доцент, заступник декана аерокосмічного факультету;

Сидоренко О. Ю., к.т.н., доцент, заступник декана аерокосмічного факультету;

Токарук В. В., к.т.н., старший викладач кафедри підтримання льотної придатності повітряних суден;

Трофімов І. Л., к.т.н., доцент, доцент кафедри хімії і хімічної технології;

Харченко О. В., к.т.н., доцент, доцент кафедри технології аеропортів;

Хімко А. М., к.т.н., доцент, доцент кафедри підтримання льотної придатності повітряних суден;

Юцкевич С. С., к.т.н., доцент, завідувач кафедри конструкції літальних апаратів;

Бородій В. М., заступник декана аерокосмічного факультету;

Голембієвський Г. Г., старший викладач кафедри прикладної механіки та інженерії матеріалів;

Малярчук І. В., здобувач третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти кафедри прикладної механіки та інженерії матеріалів.

Присутні на засіданні науково-педагогічні працівники з інших установ:

Войтов В. А., д.т.н., професор, завідувач кафедри транспортних технологій та логістики, Державний біотехнологічний університет.

Присутні на засіданні працівники з інших установ:

Жосан О. Ю., інженер-технолог із матеріалів і процесів, ТОВ «Прогрестех-Україна»;

Чава К. С., фахівець 1 категорії конструкторського відділу систем життєзабезпечення ДП «АНТОНОВ».

Керівник науково-технічного семінару – Мнацаканов Р. Г., д.т.н., професор, професор кафедри підтримання льотної придатності повітряних суден.

Секретар науково-технічного семінару – Свирид М. М., к.т.н., доцент, заступник декана аерокосмічного факультету.

СЛУХАЛИ:

Доповідь здобувача кафедри конструкції літальних апаратів НАУ Якобчука Олександра Євгенійовича на тему «Підвищення зносостійкості пар тертя локальних контактів в нестационарних умовах роботи вибором мастильних матеріалів з заданими триботехнічними властивостями», поданої на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.04 - тертя та зношування в машинах.

Тему дисертації «Підвищення зносостійкості пар тертя локальних контактів в нестационарних умовах роботи вибором мастильних матеріалів з заданими триботехнічними властивостями» в остаточній редакції затверджено на засіданні Вченої ради Аерокосмічного факультету «14» лютого 2024 року, протокол №1.

Науковий керівник – Мікосянчик Оксана Олександрівна, д.т.н., професор, завідувач кафедри прикладної механіки та інженерії матеріалів.

Доповідь здобувача

Шановний голову! Шановні учасники науково-технічного семінару!

На ваш розгляд виносяться результати дисертаційного дослідження на тему: «Підвищення зносостійкості пар тертя локальних контактів в нестационарних умовах роботи вибором мастильних матеріалів з заданими триботехнічними властивостями».

Доповідач обґрунтував актуальність обраної теми, визначив мету, завдання, методи дослідження, охарактеризував об'єкт та предмет дослідження, виклав основні наукові положення та висновки, що виносяться на захист, вказав науково-практичну значущість роботи, зазначив про впровадження результатів дослідження.

Структура та обсяг дисертації зумовлена метою і логікою дослідження та складається з анотацій державною та англійською мовами, вступу, п'яти розділів, висновків, додатків, списку використаних джерел. Загальний обсяг дисертації складає 248 сторінок, із них 175 сторінки основного тексту. Робота включає 34 таблиці, 83 рисунки, 4 додатки. Список використаних джерел налічує 207 найменувань.

Запитання до здобувача:

1. **Лабунець В. Ф.**, к.т.н., доцент, старший лаборант кафедри прикладної механіки та інженерії матеріалів.

Запитання до здобувача: Як у Вас виникла ідея зайнятися такою багатогранною і складною тематикою дослідження саме нестационарних процесів?

Відповідь здобувача: Дякую за запитання. Нестационарні процеси відносяться до критичних умов роботи трибосистем, які характеризуються інтенсивним зносом контактних поверхонь. Тому розробка заходів, направлених на підвищення зносостійкості контактних поверхонь шляхом застосування ефективних мастильних матеріалів з протизношувальними присадками є актуальним напрямом дослідження.

Запитання до здобувача: В чому полягає найголовніший результат Вашої роботи?

Відповідь здобувача: Дякую за запитання. На основі експериментальних даних визначено механізм структурної пристосованості пар тертя за показниками мікрорельєфу контактних поверхонь та адсорбційно-пластифікуючих ефектів мастильних матеріалів.

Запитання до здобувача: Зазначте суть Ваших практичних рекомендацій виробникам повітряних суден

Відповідь здобувача: Дякую за запитання. За запропонованим алгоритмом дослідження мастильних матеріалів (оцінка мастильних, антифрикційних, протизношувальних та реологічних показників) для контактних сталевих поверхонь можливо обрати мастильний матеріал цільового або багатocільового призначення з урахуванням умов експлуатації вузлів тертя та агрегатів.

2. **Сидоренко О. Ю.**, к.т.н., доцент, доцент кафедри технології аеропортів.

Запитання до здобувача: На слайді 12 Ви зазначаєте про мастильні, антифрикційні та протизношувальні властивості граничних адсорбційних шарів. Як Ви можете довести, що це дійсно граничні адсорбційні шари?

Відповідь здобувача: Дякую за запитання. Оскільки дослідження проводилися в нестаціонарних умовах, в режимі пуск-стаціонарний режим-зупинка, то маємо можливість вимірювати триботехнічні характеристики контакту в усьому діапазоні циклу напрацювання в режимі online. В період стаціонарної роботи при максимальних обертах досліджуваних зразків, фіксується максимальна товщина мастильного шару та моменту тертя. При зупинці також фіксується товщина мастильного шару, момент тертя нульовий. Таким чином, в нашому випадку, товщина мастильного шару включає гідро- та негідродинамічну складову. В другому випадку, тільки негідродинамічну, що і відповідає товщині граничних адсорбційних шарів.

Запитання до здобувача: За яких умов роботи трибосистеми можлива відсутність граничних адсорбційних шарів?

Відповідь здобувача: Дякую за запитання. В критичних умовах роботи трибосистеми, до яких відносяться підвищення температури до 100 °C, зростання навантаження до 700 МПа, режим припинення подачі мастильного матеріалу, можлива термомеханічна деструкція граничних шарів, їх руйнування. Це фіксується пробоем при вимірюванні падіння напруги в режимі нормального тліючого розряду при 2 та 4 А, що свідчить про відсутність плівки.

3. **Дворук В.І.**, д.т.н., професор, професор загальної та прикладної фізики НАУ.

Запитання до здобувача: Ви досліджували тільки авіаційні мастила?

Відповідь здобувача: Дякую за запитання. В роботі досліджено авіаційні мастила Ера ВНІНП-286М та AeroShell Grease 33, а також досліджено авіаційні оливи СМ-9 та ВО-12 різних виробників.

Запитання до здобувача: Як здійснюється мащення вашого вузла

тертя?

Відповідь здобувача: Дякую за запитання. В режимі кочення з проковзуванням нижній ролик занурювався у ванночку з мастильним матеріалом. В умовах масляного голодування ванночку прибирали.

Запитання до здобувача: Як ви вимірювали такі малі величини граничних шарів, та які методики використовували для цього?

Відповідь здобувача: Дякую за запитання. Для визначення товщини мастильного шару використовували метод падіння напруги в режимі нормального тліючого розряду. На цей метод, розроблений професором Райко М.В., який є представником наукової школи «Авіаційна трибологія» НАУ, одержано авторське свідоцтво та патент.

Запитання до здобувача: На плакаті 9 товщина мастильного шару у Вас складає до 1,3 мкм, що на порядок більше, ніж прийнято за міжнародним стандартом, поясніть з якими граничними шарами ви працюєте?

Відповідь здобувача: Дякую за запитання. Товщина граничних шарів може значно коливатися від ступеня активації контактних поверхонь та складових компонентів мастильного матеріалу. В дослідженнях багатьох авторів, зокрема професорів Мнацаканова Р.Г., Мікосянчик О.О., Вороніна та ін. зазначається, що товщина граничних полімолекулярних шарів може досягати до 3 мкм.

Запитання до здобувача: На плакаті 8 формула питомої роботи тертя – це робота тертя по відношенню до об'єму зношеного матеріалу? В цій формулі має об'єму матеріалу.

Відповідь здобувача: Дякую за запитання. Застосована формула характеризує оцінку питомої роботи тертя в контакті, яка розраховується за методикою, запропонуюаю Д'ячковим О.К., а в нестационарних процесах проф. Мнацакановим Р.Г. та показує зміну цього параметру з урахуванням моменту тертя в контакті по відношенню до площі дотику контактних поверхонь. Одиниця вимірювання – Дж/мм². Є формула питомої роботи поверхневого руйнування поверхні, запропонована Б.І. Костецьким, яка є іншим енергетичним показником контакту, бо являє собою відношення роботи тертя до загального зносу.

4. Носко П. Л., д.т.н., професор, професор кафедри прикладної механіки та інженерії матеріалів.

Запитання до здобувача: Навіщо в науковій новизні Ви зазначаєте кількісні змінні у вигляді цифр? Необхідно узагальнити результати дослідження. Треба вказати тільки якісні показники.

Відповідь здобувача: Дякую за запитання. Згідно вимог до оформлення дисертаційних робіт, наукова новизна отриманих результатів має містити наукові положення із зазначенням відмінностей одержаних результатів від відомих раніше. Ми вважаємо, що кількісні показники підкреслюють вагомість встановлених якісних закономірностей триботехнічних характеристик контакту. Попередні роботи, які захищалися в спецраді Д 26.062.06 містили кількісні показники результатів дослідження здобувачів.

Запитання до здобувача: Ви в роботі розглядали втулки гвинта вертольоту, редуктори, кардани вертольотів. Чому Ви розглядали лише тільки ці пари тертя?

Відповідь здобувача: Дякую за запитання. Визначення триботехнічних властивостей мастильних матеріалів для редукторів механізації крила виконувалися на замовлення ДП «Антонов», ТОВ «Бора-Б» в рамках програми імпортозаміщення мастильних матеріалів створили нові авіаційні оливи для конструктивних елементів вертольоту, які потребують саме таких досліджень.

Запитання до здобувача: Обґрунтуйте термін «нестационарні умови роботи», на скільки актуально його використовувати для умов експлуатації повітряних суден?

Відповідь здобувача: Дякую за запитання. Це умови роботи, які характеризуються зміною кінематичних триботехнічних характеристик, для повітряних суден такі дослідження досить актуальні.

Запитання до здобувача: Чому тільки 2-3 мастила використовувалося для дослідження?

Відповідь здобувача: Дякую за запитання. Наш вибір мастил обґрунтований замовленням ДП «Антонов», які розглядали можливості заміни мастила Ера ВНШНП-286М на мастило AeroShell Grease 33.

Запитання до здобувача: Обґрунтуйте вибір критеріїв оцінки якості мастильних матеріалів: стійкості до окислення, стабільності до деструкції та інше?

Відповідь здобувача: Дякую за запитання. Показники стабільності проти окислення, кінематичної в'язкості, кислотного числа та деструкції є загально прийнятними, стандартизованими та зазначаються в паспортах якості на мастильний матеріал. А показники стабільність до деструкції при високих градієнтах швидкості зсуву, несуча здатність граничного шару, антифрикційні та протизношувальні властивості є критеріями, за якими ми пропонуємо виробникам та експлуатантам використовувати певні мастильні матеріали для цільового їх використання у вузлах тертя авіаційної техніки

5. Матвеева О. Л., к.т.н., доцент, професор кафедри хімії і хімічної технології.

Запитання до здобувача: На слайді 11 зазначено зміну коефіцієнту тертя та зносу від контактного навантаження. Як Ви можете пояснити різницю в 2 і більше разів між характеристиками, які Ви отримали для ВНШНП та AeroShell? В чому причина такої великої різниці?

Відповідь здобувача: Дякую за запитання. Дані мастила заявлені виробниками як літєві мастила з певним набором присадок. Однак, складові дисперсної фази і дисперсійного середовища даних мастил різні. Ми припускаємо, що саме від складу мастил залежать триботехнічні властивості.

Запитання до здобувача: Чи припускаєте Ви, що різниця в складових компонентах мастил обумовлює їх різні фізико-хімічні властивості, що може бути прогнозовано наперед?

Відповідь здобувача: Дякую за запитання. В паспортах якості на дані

мастила від заводів виробників, фізико-хімічні параметри відрізняються до 5 % і всі знаходяться в межах нормативних документів. За триботехнічними показниками не нормуються і не перевіряються дані мастила. Тому необхідно проводити лабораторні і стендові випробування. Самі виробники мастильних матеріалів рекомендують виробникам продукції дослідження мастил за триботехнічними показниками для конкретних вузлів тертя.

6. Войтов В. А., д.т.н., професор, завідувач кафедри транспортних технологій та логістики, Державний біотехнологічний університет.

Запитання до здобувача: Будь ласка 11 слайд. Проф. Дворук В.І. сказав, що питома робота зношування має розмірність Дж/мм³, у Вас на графіку – Дж/мм², поясніть це будь ласка. Як першоджерело подивіться роботи Костецького Б.І., де не один раз згадується питома робота зношування.

Відповідь здобувача: Дякую за запитання. Так в роботах Костецького є енергетичний параметр питомої роботи зношування, розмірність Дж/мм³, однак в його ж роботах, зазначається і інший енергетичний параметр – питома робота тертя, розмірність – Дж/мм². Ми використовуємо питому роботу тертя.

Запитання до здобувача: Будь ласка 11 слайд. Ваша формула – лінійний знос, яку розмірність має лінійний знос за цією формулою?

Відповідь здобувача: Дякую за запитання. Лінійний знос обчислюється в мкм, оскільки в даному випадку формула розглядається як емпірична.

Запитання до здобувача: Будь ласка плакат «Загальні висновки». В другому висновку Ви зазначаєте напівсухий режим мащення. Згідно ДСТУ 2823-94 «Зносостійкість виробів. Тертя. зношування та мащення. Терміни та визначення» такого терміну немає.

Відповідь здобувача: Дякую за запитання. Згідно діаграми Герсі-Штрібека, існує такий режим мащення. Однак, я врахую Ваше зауваження згідно стандарту ДСТУ.

7. Мельник В. Б., к.т.н., доцент, доцент кафедри прикладної механіки та інженерії матеріалів.

Запитання до здобувача: Які компоненти входять до складу маслосуміші СМ-9? Чи відрізняються між собою досліджувані маслосуміші вмістом АМГ-10 та ТСГип?

Відповідь здобувача: Дякую за запитання. ТОВ «Бора Б», яка є виробником Бора СМ-9 не розповсюджує інформацію про склад своєї продукції.

8. Білякович О. М., к.т.н., доцент, доцент кафедри технології аеропортів.

Запитання до здобувача: Слайд 10, будь ласка. Праворуч зверху класична крива змін товщини мастильного шару протягом певного періоду припрацювання. Як вона корелює з переходом трибосистеми з режиму масляного голодування до режиму відновлення подачі мастильного матеріалу? Поясніть зміни в точці «А».

Відповідь здобувача: Дякую за запитання. В точці «А» відновлюється постачання мастильного матеріалу і припиняється режим масляного голодування. Товщина мастильного шару зростає.

Запитання до здобувача: Чим Ви пояснюєте «провал» в точці «А»? розкрийте фізичні і хімічні процеси, які відбуваються в цьому діапазоні напрацювання?

Відповідь здобувача: Дякую за запитання. Під час масляного голодування відбувається спрацьовування, деструкція, потоншення та часткове руйнування граничних адсорбційних шарів, що призводить до сильних коливань товщини мастильної плівки. Цей період триває до 62 хв. напрацювання, фіксується «провал» товщини мастильного шару, а з 62 хв. відбувається приріст гідродинамічної складової товщини мастильного шару за рахунок відновлення постачання мастильного матеріалу.

Запитання до здобувача: Наскільки актуальним для сучасної авіаційної техніки є вибір мастильних матеріалів, які представлені у Вашій дисертаційній роботі?

Відповідь здобувача: Дякую за запитання. Обрані мастильні матеріали є актуальними в плані імпортозаміщення для України та проходять стадію лабораторних і стендових випробувань.

9. **Свирид М. М.**, к.т.н., доцент, доцент кафедри конструкції літальних апаратів.

Запитання до здобувача: Плакат 9, будь ласка. Поясніть вплив ступеня проковзування на різний приріст товщини мастильного шару після відновлення постачання мастильного матеріалу в зону контакту.

Відповідь здобувача: Дякую за запитання. При збільшенні ступеня проковзування до 40 %, градієнт швидкості збільшується в 2 рази і більше, що унеможливорює приріст товщини мастильного шару.

Запитання до здобувача: Слайд 16, будь ласка. Поясніть механізми, які забезпечують зміну шорсткості контактних поверхонь при напрацюванні за умов потрапляння води в мастило?

Відповідь здобувача: Дякую за запитання. Формування рівноважної шорсткості поверхні відбувається незалежно від типу мастильного матеріалу. Однак, склад та властивості мастильного матеріалу, наявність води, абразивних часток впливають на оптимальну мікрогеометрію контактних поверхонь.

Обговорення дисертаційного дослідження:

Носко П. Л., д.т.н., професор, професор кафедри прикладної механіки та інженерії матеріалів. (рецензент роботи).

Рецензент зазначив, що пропозиції та зауваження, висловлені при попередньому розгляді, дисертантом частково враховані. Робота є актуальною, містить актуальні наукові дослідження для визначення триботехнічних і якісних характеристик мастильних матеріалів, має велике значення для експлуатації повітряних суден, є акти впровадження. Необхідно скоригувати висновки по першому розділу, вони не зовсім вдалі, мету і

завдання логічно пов'язати. Як загальний висновок, вважаю, що сама робота в рамках змістовної частини відповідає за сукупністю вимог кандидатському рівню. Але її потрібно скоригувати щодо узагальнення результатів досліджень та їх розповсюдження на ефективний вибір серед існуючих інших мастил. Вважаю, що ці перелічені зауваження можна виправити в робочому порядку та представити роботу на захист. Рецензент відмітив, що він підтримує роботу. Пропоную рекомендувати подану дисертаційну роботу до розгляду в спеціалізовану вчену раду Д26.062.06 Національного авіаційного університету після усунення зауважень.

Марчук В. Є., д.т.н., професор, професор кафедри логістики, (рецензент роботи).

Рецензент відмітив, що робота направлена на вирішення актуального наукового завдання - підвищення надійності і довговічності агрегатів ПС (Ан-148 і гелікоптерів Мі) шляхом застосування більш сучасних авіаційних мастильних матеріалів та розробки методів і засобів контролю мастильних матеріалів на стадії їх обґрунтованого вибору. Основні досягнення здобувача висвітлені у його науковій новизні. Висунуті у роботі наукові положення та отримані висновки і рекомендації у достатній мірі обґрунтовані. Є незначні зауваження, які можна усунути і вони не впливають на загальний стан роботи і її значимість: перенести методику з 5 в 2 розділ, представити знос механізмів в розділі 1. Рецензент відмітив, що він підтримує роботу. Пропоную рекомендувати подану дисертаційну роботу до розгляду в спеціалізовану вчену раду Д26.062.06 Національного авіаційного університету після усунення зауважень.

Мнацаканов Р. Г., д.т.н., професор, професор кафедри підтримання льотної придатності повітряних суден, (рецензент роботи).

Рецензент зазначив, що актуальність теми не викликає сумнівів, простежується авіаційна направленість. В роботі подано розширений аналіз існуючих стандартів: стандарти США, Великобританії, Франції і окремо розглянуто стандарти країн НАТО для військової техніки. Рецензент зазначив, що в роботі послідовно використовуються 4 принципи, на яких базується структурна пристосованість матеріалу, що вказує на важливість завдань, які вирішуються в роботі. Отримані емпіричні залежності, що дозволяють визначати максимальний знос контактних поверхонь. Рецензент відмітив, що він підтримує роботу. Пропоную рекомендувати подану дисертаційну роботу до розгляду в спеціалізовану вчену раду Д26.062.06 Національного авіаційного університету.

Ігнатович С. Р., д.т.н., професор, професор кафедри конструкції літальних апаратів.

Робота справила на мене дуже позитивне враження. Робота писалася багато років, отримано дуже багато експериментального матеріалу, узагальнених висновків, є публікації, є впровадження. Робота актуальна. Є кілька загальних зауважень: мета роботи – дуже велика, треба скоротити; забагато висновків. Пропоную рекомендувати подану дисертаційну роботу до розгляду в спеціалізовану вчену раду Д26.062.06 Національного

авіаційного університету після усунення зазначених зауважень.

Лабунець В. Ф., к.т.н., доцент, старший лаборант кафедри прикладної механіки та інженерії матеріалів.

Приємне враження від роботи, перша робота за останній час, яка пов'язана з мастильними матеріалами, дуже багато уваги приділено матеріалам. Показано, що в дослідженнях проявляється ефект Ребіндера, багато досліджень направлено на оцінку мікрогеометричних параметрів поверхні тертя. Пропоную рекомендувати подану дисертаційну роботу до розгляду в спеціалізовану вчену раду Д26.062.06 Національного авіаційного університету.

Дворук В.І., д.т.н., професор, професор загальної та прикладної фізики.

Дискусія, спричинена цією дисертаційною роботою, свідчить про її великий інтерес та актуальність. Робота стосується надійності літальних апаратів. Мета роботи перевантажена деталями, її потрібно скоротити. Роботу підтримую, за обсягом виконаної роботи, за досягнутими результатами, вона заслуговує бути представленою на захист, але є недоліки і зауваження, які по можливості треба виправити: термін «граничне тертя» замінити на «тертя з мастильним матеріалом», термін «питома робота тертя» замінити на «густина енергії тертя». Пропоную рекомендувати подану дисертаційну роботу до розгляду в спеціалізовану вчену раду Д26.062.06 Національного авіаційного університету після усунення зауважень.

Висновок наукового керівника.

Мікосянчик О.О., д.т.н., професор, завідувач кафедри прикладної механіки та інженерії матеріалів.

Представлена до публічного захисту кандидатська дисертація є багаторічним підсумком науково-дослідних робіт Якобчука О.Є., яка направлена на підвищення ефективності використання авіаційних мастильних матеріалів з урахуванням їх мастильних, реологічних, антифрикційних, протизношувальних, антиокислювальних та деемульгуючих властивостей, що дає можливість підвищення зносостійкості матеріалів триботехнічного призначення повітряних суден.

Хочеться відзначити цілеспрямованість, наполегливість, працьовитість та здатність здобувача до постановки та вирішення наукових завдань. Його підхід ґрунтується на глибокому теоретичному аналізі проблеми, творчому мисленні, вмінні виділити головне в поставленій задачі. Дисертант також кваліфіковано та успішно займається викладацькою діяльністю. В процесі педагогічної діяльності дисертантом була розроблена навчально-методична література, в яку увійшли результати наукової роботи за темою дисертації.

Вкладом в забезпечення надійності та ефективності агрегатів повітряних суден є обґрунтований підхід до вибору авіаційних мастильних матеріалів на основі оцінки залежності лінійного зносу пар тертя в умовах кочення з проковзуванням при розвитку масляного голодування від товщини мастильного шару та питомої роботи тертя; з урахуванням руйнування анізотропних граничних шарів мастил в умовах кочення з проковзуванням до

40 % залежно від зміни градієнта швидкості зсуву та тиксотропних властивостей мастил; аналізу структурної пристосованості за принципом оптимальної механічної схеми контактної взаємодії пар ковзання при змащуванні емульсіями літєвих мастил з водою в концентрації до 20 %; з урахуванням адсорбційно-пластифікуючих ефектів базових олив та функціональних присадок мастильних матеріалів.

Результати дисертаційних досліджень Якобчука О.Є. опубліковані в 34 наукових працях, у тому числі: 21 стаття у фахових виданнях переліку МОН України; 3 статті у виданнях, що входять до міжнародних наукометричних баз; 9 матеріалів та тез доповідей на науково-технічних конференціях; 1 патент. Результати досліджень доповідались дисертантом на міжнародних наукових та науково-практичних конференціях.

Практичне значення одержаних результатів полягає у тому, що розроблені методика випробування емульсій авіаційних мастил для редуктора підйомника закрилків в літаках АН 148, методика оцінки якості товарних партій олив для змащування осьових шарнірів втулок гвинтів вертольотів, спосіб та пристрій для підвищення зносостійкості локальних контактів способом введення поліфункціональних присадок до мастильного матеріалу, які прийняті до впровадження на підприємствах та установах України.

У цілому, дисертаційна робота є закінченим науковим дослідженням і присвячена вирішенню актуальної науково-технічної проблеми, яка полягає в підвищенні зносостійкості матеріалів триботехнічного призначення управління процесами поверхневої активації контактних поверхонь при терті.

Виходячи з вищезазначеного, вважаю, що представлена кандидатська дисертація Якобчука Олександра Євгенійовича відповідає вимогам ДАК України до кандидатських дисертацій (зокрема, пп. 9, 11, 13, «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. №567 з подальшими змінами і доповненнями), а її автор заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.04 – тертя та зношування в машинах.

Науковий керівник запропонував затвердити позитивний висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів зазначеної дисертації та рекомендувати її до захисту на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук зі спеціальності 05.02.04 – тертя та зношування в машинах.

Заключне слово здобувача: Шановний головуєчий, шановні присутні, дякуємо Вам за увагу до нашого дисертаційного дослідження! Дякую за запитання, висловлені побажання та зауваження, які обов'язково будуть враховані.

ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації на тему «Підвищення зносостійкості пар тертя локальних контактів в нестационарних умовах роботи вибором мастильних матеріалів з заданими триботехнічними властивостями», поданої на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.04 – тертя та зношування в машинах

Актуальність теми дослідження та її зв'язок із планами науково-дослідних робіт.

Актуальність теми. Найважливішим завданням розвитку технічної експлуатації повітряних суден (ПС) на сучасному етапі є розробка заходів, направлених на підвищення експлуатаційної надійності та ефективності роботи їх агрегатів. При цьому, основним напрямом досліджень є підвищення довговічності і безвідмовності вузлів тертя шляхом спрямованого поліпшення властивостей конструкційних, функціональних і композиційних матеріалів, вдосконалення їх конструкцій. Разом з цим, як показує практика експлуатації ПС, недостатня увага приділялася ефективному вибору мастильних матеріалів у забезпеченні надійності трибосистем ПС.

Проблема підвищення ефективності використання мастильних матеріалів відноситься до складних науково-технічних завдань трибології, матеріалознавства та хімотології. Як елемент складної трибосистеми, мастильні матеріали є індикатором режимів та умов експлуатації агрегатів ПС, їх технічного стану. Саме тому, в значній мірі, від якості мастильних матеріалів залежить довговічність роботи вузлів тертя в цілому. Це набуває першочергового значення для пар тертя локальних контактів, які працюють в нестационарних умовах роботи, а саме: режим пуск-зупинка, робота в умовах динамічного навантаження, при підвищених температурах, в умовах відсутності мастильного матеріалу та ін. Тому, при оцінці якості авіаційних мастильних матеріалів, особливу увагу необхідно приділяти контролю їх триботехнічних властивостей, що дозволяє в умовах експлуатації ПС підвищити зносостійкість і термін служби вузлів тертя, знизити їх кількість відмов, збільшити терміни заміни мастильних матеріалів.

Значний внесок у розвиток наукового напрямку дослідження триботехнічних властивостей мастильних матеріалів та процесів самоорганізації трибосистем внесли вчені: Бершадський Л.І., Войтов В.А., Д'ячков А.К., Диха О.В., Костецький Б.І., Матвеевський Р.М., Мнацаканов Р.Г., Петрусевич А.І., Порохов В.С., Райко М.В., Ребіндер П.О., Varus С., Dawson D., Ding H., Higginson G.R., Kodnir D. S., Olofsson U., Ratner I. R., Tosatti E., Zhu Y. та ін.

При цьому доцільним представляється проведення теоретичних та експериментальних досліджень, спрямованих на вивчення процесів тертя та зношування, структурної пристосованості пар тертя локальних контактів залежно від складу та властивостей авіаційних мастильних матеріалів. Це так само потребує обґрунтованого вибору головних показників оцінки якості авіаційних мастильних матеріалів, розробки методик комплексного оцінювання їх триботехнічних властивостей, управління процесами поверхневої активації контактних поверхонь тертя шляхом застосування

мастильного матеріалу з поверхнево-активними речовинами, протизношувальними та антизадирними присадками, антифрикційними добавками.

Отже розробка методик та засобів оцінки триботехнічних властивостей сучасних авіаційних мастильних матеріалів є актуальним науково-прикладним завданням, вирішення якого дозволить підвищити зносостійкість вузлів тертя, які працюють в нестационарних умовах роботи.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана згідно з планами науково-дослідної роботи Національного авіаційного університету. Автор був співвиконавцем держбюджетних тем. Дисертаційні дослідження проводились в рамках науково-дослідної роботи №70 / 07.02.07 «Розробка технологій формування поверхневих шарів деталей авіаційної техніки та дослідження їх триботехнічних властивостей». Автором проведено дослідження зносостійкості сталі при змащуванні мастилами.

Дисертаційні дослідження проводились в рамках держбюджетної науково-дослідної роботи № 718-ДБ-11 «Науково-методичні основи підвищення зносостійкості і ресурсу деталей, що працюють в умовах контактної взаємодії». Автором проведено дослідження протизадирних властивостей мастильних матеріалів при розвитку процесів масляного голодування.

Дисертаційні дослідження проводились в рамках науково-дослідних робіт 88/07.02.02 «Підвищення працездатності конструкцій з авіаційних матеріалів шляхом поверхневого зміцнення та відновлення деталей трибосистем» та 110/07.02.02. «Технологічні методи підвищення працездатності елементів авіаційних трибомеханічних систем». Автором розроблено методику оцінки трибосистем за кінетикою зміни мастильних, антифрикційних та протизношувальних властивостей авіаційних мастильних матеріалів.

Формулювання наукового завдання, нове розв'язання якого отримано в дисертації.

Науковим завданням є підвищення зносостійкості пар тертя локальних контактів в нестационарних умовах роботи вибором мастильних матеріалів з заданими триботехнічними властивостями.

У результаті дослідження:

1. Вперше отримана залежність лінійного зносу пар тертя при коченні з проковзуванням в діапазоні контактного навантаження 250-700 МПа від товщини мастильного шару та питомої роботи тертя, зміна яких корелює з порушенням процесів самоорганізації дисипативних структур за умови переходу трибосистеми до режиму тертя без мастильного матеріалу.

2. Набула подальшого розвитку теорія руйнування анізотропних граничних шарів мастил в умовах кочення з проковзуванням до 40 % на основі оцінки зміни градієнта швидкості зсуву, зростання якого понад $8 \cdot 10^6 \text{ c}^{-1}$ унеможливорює відновлення тиксотропних властивостей структурними компонентами мастил, що призводить до прояву ознак заїдання контактних поверхонь.

3. Вперше визначено механізм структурної пристосованості за принципом оптимальної механічної схеми контактної взаємодії пар ковзання при змащуванні емульсіями літєвих мастил з водою в концентрації до 20 %,

який полягає в формуванні мікрорельєфу контактних поверхонь зі збільшенням відносної опорної довжини профілю до 25 % за умов ефективних деемульгуючих властивостей мастил.

4. Визначені механізми підвищення зносостійкості сталі з урахуванням адсорбційно-пластифікуючих ефектів базових олив та функціональних присадок мастильних матеріалів, які полягають в зниженні в 1,7 разів опору тангенціальному деформуванню локальних мікрооб'ємів поверхневих шарів металу, формуванні однорідного поверхневого шару при терті з фрагментами структури довжиною до 45 мкм, збільшенні до 7 % фактичної площі контакту, що сприяє зменшенню впливу динамічного фактору при несталих умовах роботи.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків, рекомендацій, які захищаються.

Наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані автором у дисертаційній роботі відповідають вимогам до такого виду досліджень, ґрунтуються на узагальненні поглядів та дослідженні ідей провідних вітчизняних і зарубіжних учених, використанні системи загальнонаукових і спеціальних методів. У роботі використано значну кількість джерел інформації, наведено дані про апробацію результатів на науково-практичних конференціях та впровадження розробок автора у практичну діяльність пов'язану з підвищення зносостійкості пар тертя локальних контактів в нестационарних умовах. У цілому наукові результати, отримані в дисертації, є достовірними, науково обґрунтованими та доказовими.

Достовірність отриманих наукових результатів роботи забезпечується коректним застосуванням математичного апарату для вирішення поставлених задач та підтверджується проведеним статистичним аналізом отриманих експериментальних даних з застосуванням методів математичної статистики.

Наукове значення роботи.

Основні результати дослідження достатньою мірою обґрунтовані. Їхня наукова значимість і достовірність не викликає сумнівів, оскільки вони отримані в результаті аналітичної роботи та особистої практики здобувача. Автором чітко окреслені та лаконічно побудовані мета та завдання дослідження, обґрунтовано методика дослідження. В результаті роботи розроблено алгоритм та методики оцінки якості мастильних матеріалів на основі дослідження їх триботехнічних параметрів для підвищення зносостійкості пар тертя локальних контактів в нестационарних умовах роботи. Висновки та рекомендації дисертаційної роботи базуються на дослідженнях автора, що проведені з використанням фундаментальних положень матеріалознавства, трибології, фізичної хімії, теорії тертя, зношування та мащення, стандартних, так і спеціальних методик для вимірювання таких параметрів, як товщина мастильних шарів, антифрикційні та протизношувальні властивості мастильних матеріалів, питомої роботи тертя в період пуску та математичної статистики.

Практичне значення та використання результатів роботи.

1. Розроблено методику випробування мастильних матеріалів, для редуктора підйомника закрилків типу 148.00.5737.000.000 в літаках АН 148, по визначенню триботехнічних властивостей мастильних матеріалів з різним вмістом (відсотковим) води (акт впровадження результатів науково-дослідної роботи на ДП «АНТОНОВ» від 24.09.2015).

2. Впроваджено в навчальний процес в дисциплінах «Триботехніка та основи надійності машин» та «Новітні технологічні процеси у виробництві повітряних суден та їх обладнанні» методики вибору мастильних матеріалів за експлуатаційним призначенням та визначення протизношувальних характеристик мастильних матеріалів в нестаціонарних умовах при коченні з проковзуванням (акт впровадження у навчальний процес Національного авіаційного університету від 23.02.2024).

3. Розроблено методику оцінки якості товарних партій мастильних матеріалів для змащування осьових шарнірів втулок гвинтів вертольотів в умовах всесезонної експлуатації за ступенем окислення олив та їх триботехнічними показниками (акт реалізації результатів наукових досліджень в Кременчуцькому льотному коледжі Харківського національного університету внутрішніх справ з безпеки польотів від 18.01.2024).

4. Розроблено методику контролю та діагностики експлуатаційних властивостей оливи ВО-12 на основі оцінки їх мастильних, антифрикційних, протизношувальних та реологічних характеристик (акт реалізації результатів наукових досліджень в ТОВ «Бора Б» від 19.12.2023)

5. Розроблено та впроваджено в практику експериментальних випробувань спосіб та пристрій для підвищення зносостійкості локальних контактів способом введення поліфункціональних присадок до мастильного матеріалу під дією магнітного поля. (пат. № 45918, опубл. 25.11.2009, бюл. № 22, пат. № 81368, опубл. 25.01.2013, бюл. № 12).

Розроблені методики і способи використовуються при проведенні наукових досліджень спільно з ДП «АНТОНОВ» та ТОВ «Бора Б» (м. Київ), Кременчуцьким льотним коледжем Харківського національного університету внутрішніх справ з безпеки польотів під час оцінки якості мастильних матеріалів (Полтавська обл.) та в навчальному процесі в Національному авіаційному університеті (м. Київ).

Повнота викладення матеріалів дисертації в публікаціях та особистий внесок у них автора.

Дисертація Якобчука Олександра Євгенійовича є самостійною науковою працею, в якій наведено теоретичні положення і висновки, власні ідеї та розробки автора, які дають змогу вирішити поставлені завдання. Усі висновки та практичні рекомендації, винесені на захист, розроблені дисертантом особисто.

Найважливіші ідеї, висновки, рекомендації, отримані в дисертації, оприлюднені на наукових та науково-практичних конференціях, у тому числі міжнародних, всеукраїнських та за міжнародною участю а саме: «Авіа-2001»,

«Авіа-2019», «Авіа-2021», «Авіа-2023» (Київ, 2001, 2019, 2021, 2023), «Державна політика розвитку цивільної авіації XXI століття: Економічний патріотизм і стратегічні можливості України», (Київ, 2008), «Сучасні проблеми машинознавства» (Київ, 2008), «Авіація в XXI столітті» (Київ, 2018, 2020), «Theory, practice and science» (Токуо, 2021).

Праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

Основні положення теоретичних досліджень, сучасні аспекти підвищення довговічності вузлів тертя шляхом використання високоякісних мастильних матеріалів, розробка методик та програм проведення лабораторних випробувань для оцінки триботехнічних властивостей мастильних матеріалів, аналіз протизадирних властивостей мастильних матеріалів при розвитку процесів масляного голодування, контроль та діагностика експлуатаційних властивостей мастильних матеріалів за триботехнічними параметрами, оцінка впливу води на триботехнічні властивості авіаційних мастил, обробка та аналіз результатів виконано в даній роботі особисто автором.

Основні положення та результати дослідження викладено в 34 наукових працях: 24 статтях, із них 21 наукова стаття – у наукових фахових виданнях України, 3 наукові статті – у рецензованих виданнях, що входять до бази даних Scopus; патент на корисну модель; 9 доповідей тез на наукових конференціях.

Публікації, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. Мнацаканов Р. Г., Довбуш В. О., Якобчук О. Є. Зміна структури і складу поверхневих шарів контактних поверхонь. *Вісник Національного авіаційного університету*. 2002. № 4 (15). С. 63–66. DOI: 10.18372/2306-1472.15.15277 (категорія Б) (особистий внесок автора – проведено аналіз структурного стану тонких поверхневих шарів металу під час граничного мащення модифікованими мастильними матеріалами).

2. Дмитриченко М. Ф., Мнацаканов Р. Г., Якобчук О. Є., Мікосянчик О. О. Дія олів на поверхні тертя при додаванні багатофункціональних присадок. *Автошляховик України: Окремий випуск. Вісник Північного наукового центру ТАУ*. 2003. № 6. С. 10–14 (категорія Б) (особистий внесок автора – визначено вплив багатофункціональних присадок на властивості мастильних матеріалів і поверхні тертя при додаванні їх до базових олів).

3. Дмитриченко М. Ф., Мнацаканов Р. Г., Мікосянчик О. О., Якобчук О.Є. Особливості мастильного процесу в умовах перемінних контактних напруг, підвищених кутових швидкостей і зміцнення контактних поверхонь. *Вісник Національного транспортного університету*. 2003. № 8. С. 20–24 (категорія Б) (особистий внесок автора – проведено оцінку триботехнічних параметрів мастильних матеріалів в залежності від кількості циклів навантаження пари тертя).

4. Мнацаканов Р. Г., Довбуш В. О., Якобчук О. Є., Мікосянчик О. О. Мастильна дія пластичних і напіврідких мастил. *Вісник Національного авіаційного університету*. 2003. № 3-4 (18). С. 73–76. DOI: 10.18372/2306-

1472.18.15390 (категорія Б) (особистий внесок автора – проведено оцінку умов роботи пари тертя за яких відбувається зрив мастильного шару).

5. Маленко В. І., Мнацаканов Р. Г., Якобчук О. Є., Мікосянчик О. О. Порівняльні реологічні характеристики мінеральних і синтетичних масел. *Проблеми тертя та зношування: наук.-техн. зб.* 2006. Вип. 45. С. 170–178 (категорія Б) (особистий внесок автора – проведено оцінку триботехнічних параметрів мастильних матеріалів в залежності від швидкості кочення).

6. Якобчук О. Є., Хімко А. М., Бородій В. М., Краля В. О. Вплив режимів тертя на зносостійкість деталей в умовах тертя–ковзання. *Проблеми тертя та зношування: наук.-техн. зб.* 2008. Вип. 50. С. 144–148. DOI: 10.18372/0370-2197.50.2998 (категорія Б) (особистий внесок автора – встановлені чинники, що впливають на ефективність мащення напіврідкого мастила в умовах тертя-ковзання).

7. Хімко А. М., Якобчук О. Є., Бородій В. М., Задніпровська С. М., Холод Н. В. Особливості зношування вузлів механізації крила літаків, що працюють в умовах динамічних навантажень. *Вісник Національного авіаційного університету.* 2009. № 3 (40). С. 33–36. DOI: 10.18372/2306-1472.40.1741 (категорія Б) (особистий внесок автора – проведення досліджень з визначення триботехнічних характеристик авіаційних сплавів).

8. Khimko A., Kralya V., Yakobchuk A., Kostuchik V., Sidorenko A. Units wearability of aircraft wing lift devices. *Проблеми тертя та зношування: наук.-техн. зб.* 2011. Вип. 55. С. 112–117. DOI: 10.18372/0370-2197.55.3249 (категорія Б) (особистий внесок автора – проведення досліджень з визначення триботехнічних характеристик газотермічних покриттів).

9. Хімко М. С., Якобчук О. Є., Хімко А. М., Науменко Н. О. Методика випробувань шарнірних підшипників на зносостійкість. *Проблеми тертя та зношування.* 2017. №1 (74). С. 118–122 (категорія Б) (особистий внесок автора – розроблена кінематична схема установки для випробування підшипників в умовах реверсивного тертя-ковзання).

10. Мікосянчик О. О., Кудрін А. П., Мнацаканов Р. Г., Якобчук О. Є., Токарук В. В. Оцінка теплових процесів у фрикційному контакті при коченні з проковзуванням. *Проблеми тертя та зношування.* 2017. № 4 (77). С. 4–15 (категорія Б). (особистий внесок автора – проаналізовано умови зміни тепловиділення в локальних контактах при різних значеннях проковзування в умовах кочення).

11. Якобчук О. Є., Мнацаканов Р. Г., Мікосянчик О. О., Хімко А. М., Токарук В. В. Протизадирні властивості мастила Aero Shell Grease 33 при використанні конструкторських сталей 9ХС і 30ХГСА. *Проблеми тертя та зношування.* 2018. № 1 (78). С. 27–36. DOI:10.18372/0370-2197.1(78).12756 (категорія Б) (особистий внесок автора - встановлені закономірності зміни протизадирних властивостей мастил на основі літієвих мил в локальному контакті).

12. Mikosianchyk O. A., Mnatsakanov R. G., Khimko A. N., Kichata N. N., Yakobchuk A. E. Theoretical Aspects of the Structural and Rheological State of Boundary Lubricating Layers in Friction Pairs. *Problems of Tribology.* 2018. №

3(89). P. 47–52. DOI:10.31891/2079-1372-2018-89-3-47-52 (категорія Б) *(особистий внесок автора – встановлено зв'язок між реологічними характеристиками мастильного матеріалу і механізмом формування граничного шару мастильного матеріалу в локальному контакті)*.

13. Мнацаканов Р. Г., Мікосянчик О. О., Якобчук О. Є., Токарук В. В. Прогнозування лінійного зносу контактних поверхонь в екстремальних умовах тертя. *Проблеми тертя та зношування*. 2018. № 4 (81). С. 4–12. DOI: 10.18372/0370-2197.4(81).13321 (категорія Б). *(особистий внесок автора - встановлені закономірності зміни товщини мастильного шару мастил на основі літєвих мил в локальному контакті)*.

14. Якобчук О. Є. Аналіз можливості заміни мастила ВНІНП – 286М на Aero Shell Grease 33 у вузлах механізації крила у літаках сімейства АН. *Проблеми тертя та зношування*. 2019. № 2 (83), С. 29-36. DOI: 10.18372/0370-2197.2(83).13689 (категорія Б).

15. Мнацаканов Р. Г., Мікосянчик О. О., Якобчук О. Є., Хімко А. М. Оцінка параметрів мастильного матеріалу в умовах масляного голодування трибоконтакту. *Проблеми тертя та зношування*. 2020. №2 (87), С. 21–28. DOI: 10.18372/0370-2197.2(87).14721 (категорія Б) *(особистий внесок автора – встановлено зв'язок між реологічними характеристиками мастильного матеріалу і механізмом формування граничного шару в умовах масляного голодування в локальному контакті)*.

16. Мнацаканов Р. Г., Мікосянчик О. О., Якобчук О. Є., Хімко А. М., Харченко О. В. Огляд класифікацій за фізико-механічними та експлуатаційними властивостями мастил закордонного виробництва. *Проблеми тертя та зношування*. 2020. № 3 (88). С. 52–70. DOI: 10.18372/0370-2197.3(88).14920 (категорія Б) *(особистий внесок автора – виконано аналіз фізико-механічних та експлуатаційних властивостей мастил закордонного виробництва)*.

17. Мікосянчик О. О., Мнацаканов Р. Г., Якобчук О. Є., Хімко А. М., Токарук В. В. Розробка методики контролю та діагностики експлуатаційних властивостей мастильних матеріалів за триботехнічними параметрами. *Проблеми тертя та зношування*. 2021. № 1 (90). С. 11–19. DOI: 10.18372/0370-2197.1(90).15234 (категорія Б). *(особистий внесок автора - проведено оцінку характеристик авіаційних олив на основі методики контролю властивостей мастильних матеріалів)*.

18. Mikosianchuk O., Yakobchuk O., Mnatsakanov R., Khimko A. Evaluation of Operational Properties of Aviation Oils by Tribological Parameters. *Problems of Tribology*. 2021. 26 (1/99). С. 43–50. DOI: 10.31891/2079-1372-2021-99-1-43-50 (категорія Б) *(особистий внесок автора – проведено оцінку характеристик авіаційних олив на основі діагностики експлуатаційних властивостей мастильних матеріалів)*.

19. Ilna, T., Mikosianchuk, O., Mnatsakanov, R. and Yakobchuk O. 2021. Development of methods for evaluation of lubrication properties of hydraulic aviation oils. *Problems of Tribology*. 2021. №3(101). P. 42–47. DOI: 10.31891/2079-1372-2021-101-3-42-47 (категорія Б) *(особистий внесок автора*

– проаналізовано результати дослідження реологічних характеристик авіаційних гідравлічних олив різних виробників).

20. Мікосянчик О. О., Якобчук О. Є., Педан Є. В., Березівський Н. М. Вплив ступеня окислення на протизношувальні властивості авіаційних олив. *Проблеми тертя та зношування*. 2023. № 2 (99). С. 4–13. DOI: 10.18372/0370-2197.2(99).17611 (категорія Б) (особистий внесок автора – проведено оцінку впливу ступеня окислення на протизношувальні властивості характеристик авіаційних олив).

21. Якобчук О. Є., Юцкевич С. С., Кисельова Т. В., Якобчук І. О., Сидоренко К. О. Статистичний аналіз результатів дослідження триботехнічних характеристик мастильних матеріалів при терті. *Проблеми тертя та зношування*. 2023. № 4 (101). С. 84–96. DOI: 10.18372/0370-2197.4(101).18082 (категорія Б) (особистий внесок автора – запропоновано рівняння множинної лінійної регресії для визначення зносу пари тертя та проведено регресійний аналіз параметрів рівняння).

22. Svirid M. N., Wajs E., Primak L. B., Borodii V. N., Yakobchuk A. E. Improvement of the performance parameters of precision friction couples in the magnetic field. *Powder metallurgy and metal ceramics*. 2013. Vol. 52. No. 7. P. 417–423. DOI: 10.1007/s11106-013-9542-6 (**Scopus, Quartile Q3**) (особистий внесок автора – проведення досліджень з визначення триботехнічних характеристик авіаційних сплавів в мастильному середовищі).

23. Mikosyanchyk O. O., Mnatsakanov R. H., Lopata L. A., Marchuk V. E., Yakobchuk O. E. Wear resistance of 30KhGSA steel under the conditions of rolling with sliding. *Materials science*. 2019. Vol. 55. No. 3. P. 402–408. DOI: 10.1007/s11003-019-00317-9 (**Scopus, Quartile Q3**) (особистий внесок автора – встановлено залежність триботехнічних характеристик пари тертя від часу напрацювання контактних поверхонь до появи перших ознак заїдання в умовах мащення мастилами на літійевій основі).

24. Mnatsakanov R. G., Mikosianchyk O. A., Yakobchuk O. E., Khalmuradov B. D. Lubricating properties of boundary films in tribosystems under critical operation conditions. *Journal of machinery manufacture and reliability*. 2021. Vol. 50. No. 3. P. 229–235. DOI: 10.3103/S1052618821030110 (**Scopus, Quartile Q2**) (особистий внесок автора – проаналізовано фактори, що впливають на триботехнічні властивості мастил в нестационарних умовах тертя).

Публікації, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

1. Мнацаканов Р. Г., Довбуш В. О., Якобчук О. Є. Первісне порівняння ресурсів роботи зубчастієї передачі на маслі та пластичному мастилі. *АВІА-2001: матеріали III Міжнар. науково-техн. конф., м. Київ, 24–26 квіт. 2001 р. Київ, 2001. С. 12* (особистий внесок автора – проаналізовано фактори, що впливають на ресурс роботи зубчастієї передачі в оливі та в пластичному мастилі).

2. Якобчук О. Є., Бородій В. М., Хімко А. М. Сучасні методики досліджень характеристик мастильних матеріалів для важко навантажених пар тертя. *Державна політика розвитку цивільної авіації XXI століття:*

Економічний патріотизм і стратегічні можливості України: матеріали науково-практ. конф., м. Київ, 7–8 лют. 2008 р. Київ, 2008. С. 32 (особистий внесок автора – проаналізовано методики, що використовуються для досліджень характеристик мастильних матеріалів для важко навантажених пар тертя).

3. Якобчук О. Є., Хімко А. М., Бородій В. М., Краля В. О. Вплив режимів тертя на зносостійкість деталей в умовах тертя–ковзанням. *Сучасні проблеми машинознавства: матеріали Міжнар. наук.-техн. конф., м. Київ, 22–23 верес. 2008 р., Київ, 2008. С. 32 (особистий внесок автора – проведено дослідження впливу режимів тертя ковзання на зносостійкість трибоспрямлень).*

4. Mnatsakanov R. G., Yakobchuk O. Y., Khimko A. M. Analysis of the changes in the load-bearing capacity of lubricating layers of lithium greases at contact load changing. *The Eighth World Congress “AVIATION IN THE XXI-st CENTURY”: Safety in Aviation And Space Technologies: proceedings, Kyiv, 10–12 October 2018. Kyiv, 2018. P. 1.4.9–1.4.12 (особистий внесок автора – проаналізовано вплив навантаження на несучу здатність мастил на літєвій основі).*

5. Yakobchuk O. Y., Mikosyanchuk O. O., Mnatsakanov R. G., Khimko A. M. Analysis of the Use of Lubricants in the Nodes of High Lift Devices in Antonov Family Aircrafts. *У AVIA-2019, proceedings of the Fourteenth International Conference of Science and Technology, Київ, Україна, 23 квітня 2019–25 квітня 2019; НАУ: Київ, 2019; С. 19.25–19.29. https://conference.nau.edu.ua/index.php/AVIA/AVIA2019/schedConf/presentation_s (особистий внесок автора – проаналізовано умови та можливості використання мастил різних виробників в трибоспрямленнях механізації крила літаків)*

6. Dukhota O. I., Popov O. V., Yakobchuk O. Y. Technological aspects of reliability control of aviation tribomechanical systems. *The Ninth World Congress “AVIATION IN THE XXI-st CENTURY - Safety in aviation and space technology”: proceedings, Kyiv, 22–24 September 2020. Kyiv, 2020. P. 1.2.36–1.2.42 (особистий внесок автора – проведено аналіз використання сучасних технологій відновлення авіаційної техніки).*

7. Якобчук О. Є., Мікосянчик О. О., Мнацаканов Р. Г., Хімко А.М. Методика оцінки триботехнічних властивостей авіаційної оливи ВО-12. *AVIA-2021: матеріали XV науково-практ. конф., м. Київ, 20–22 квіт. 2021 р. Київ, 21. С. 1.1–1.5 (особистий внесок автора – проведено дослідження впливу ступеня окислення оливи на інтенсивність зношування елементів трибоспрямлень в умовах кочення з проковзуванням).*

8. Мікосянчик О. О., Якобчук О. Є., Мнацаканов Р. Г., Хімко А.М. Оцінка якості авіаційної оливи. *Theory, practice and science : abstracts of XXIII International Scientific and Practical Conference, Tokyo, 27–30 April 2021. Tokyo, 2021. P. 438–442. URL: <https://doi.org/DOI:10.46299/ISG.2021.I.XXIII>. (особистий внесок автора – проаналізовано вплив окислення мастильних матеріалів на їх триботехнічні властивості).*

9. Yakobchuk O. Y., Mikosianchuk O. O., Mnatsakanov R. G. Investigation of the Phenomenon of Lubrication Starvation in Conditions of Rolling With Sliding. *ABIA-2023*: матеріали XVI Міжнародної науково-технічної конференції, Київ, 18–21 квіт. 2023. Київ, 2023. С. 1.66–1.69. URL: <https://conference.nau.edu.ua/index.php/AVIA/AVIA2023/schedConf/presentation> s. (особистий внесок автора - проаналізовано вплив контактного навантаження на період напрацювання пари тертя до заїдання).

Публікації, які додатково відображають наукові результати дисертації:

1. Спосіб відновлення поверхні тертя в імпульсному магнітному полі: Патент на корисну модель № 45918 Україна: G01N 3/56, F16C 33/14, М.М. Свирид, А.П. Кудрін, С.М. Задніпровська, А.М. Хімко, О.Є. Якобчук – u200907999; заявл. 29.07.2009; опубл. 25.11.2009, Бюл. № 22. – 2 с. (особистий внесок автора – проведено триботехнічні випробування в мастильному середовищі).

Структура та обсяг дисертації.

Дисертація складається з анотацій українською та англійською мовами, вступу, п'яти розділів, висновків, додатків, списку використаних джерел. Повний обсяг дисертації 248 сторінок, із них 175 сторінки основного тексту. Робота включає 34 таблиці, 83 рисунки, 4 додатки. Список використаних джерел налічує 207 найменувань.

Оцінка мови та стилю дисертації.

Текст дисертації (та автореферату) викладений грамотно, доступною мовою, зміст характеризується логічним та послідовним характером і містить необхідні узагальнення. Наведені в авторефераті наукові положення, висновки і рекомендації, результати опублікованих праць чітко осмислені та обґрунтовані в тексті дисертації. Дисертація оформлена згідно з вимогами Міністерства освіти і науки України.

Детальний розгляд дисертаційної роботи (та автореферату) дає підстави констатувати ідентичність автореферату та основних положень дисертації.

Відповідність дисертації паспорту спеціальності, за якою вона подається до захисту.

Дисертація «Підвищення зносостійкості пар тертя локальних контактів в нестационарних умовах роботи вибором мастильних матеріалів з заданими триботехнічними властивостями» Якобчука Олександра Євгенійовича повністю відповідає паспорту спеціальності 05.02.04 – тертя та зношування в машинах, зокрема таким напрямом досліджень:

- дослідження процесів, які розвиваються на поверхнях тертя контактуючих тіл, зв'язок цих процесів із тріадою тертя та керування цими процесами; розв'язок конкретних задач для вузлів тертя;
- розрахунок і прогнозування параметрів тертя та зношування

елементів машин з урахуванням зміни властивостей матеріалів, поверхонь тертя, мастильних матеріалів і зовнішніх чинників;

- дослідження процесів, які відбуваються в мастильному шарі з урахуванням властивостей мастила та контактуючих твердих тіл; побудова моделей цих процесів і керування ними;

- дослідження механізму мастильного впливу рідких, напіврідких, пластичних, твердих і газоподібних мастильних матеріалів;

- дослідження процесів, котрі самоорганізуються при фрикційній взаємодії в трибологічній системі;

- розроблення методів і засобів безперервного контролю та керування станом фрикційних параметрів трибовузлів. Застосування трибодіагностики на модельних і реальних конструкціях з метою контролю експлуатаційних характеристик вузлів тертя та прогнозування їх ресурсу.

Характеристика особистості здобувача. Під час підготовки дисертаційної роботи «Підвищення зносостійкості пар тертя локальних контактів в нестаціонарних умовах роботи вибором мастильних матеріалів з заданими триботехнічними властивостями» Якобчук Олександр Євгенійович проявив себе як творчий дослідник і науковець, здатний самостійно на високому науково-методичному рівні вирішувати наукові та практичні завдання. Він повною мірою володіє сучасними методами аналізу, має належний рівень теоретичної та практичної підготовки.

УХВАЛЕНО:

1. Затвердити висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Якобчука Олександра Євгенійовича на тему «Підвищення зносостійкості пар тертя локальних контактів в нестаціонарних умовах роботи вибором мастильних матеріалів з заданими триботехнічними властивостями».

2. Вважати, що за актуальністю, ступенем новизни, обґрунтованістю, науковою та практичною цінністю здобутих результатів дисертація Якобчука Олександра Євгенійовича відповідає спеціальності 05.02.04 - тертя та зношування в машинах та вимогам нормативних документів МОН України до кандидатських дисертацій (зокрема, пп. 9,11,12,13,14 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567 з подальшими змінами і доповненнями).

3. Рекомендувати дисертаційну роботу «Підвищення зносостійкості пар тертя локальних контактів в нестаціонарних умовах роботи вибором мастильних матеріалів з заданими триботехнічними властивостями», подану Якобчуком Олександром Євгенійовичем на здобуття наукового ступеня

кандидата технічних наук зі спеціальності 05.02.04 – тертя та зношування в машинах, до захисту у спеціалізованій вченій раді Д 26.062.06 в Національному авіаційному університеті.

4. Результати голосування присутніх на засіданні докторів наук та кандидатів наук:

– всього: “за” – 24, “проти” – немає, “утрималося” – немає; в тому числі за профілем поданої на розгляд дисертації: “за” – 16, у тому числі 5 докторів наук зі спеціальності та 11 кандидатів наук зі спеціальності.

Головуючий на засіданні:

доктор технічних наук, професор,
професор кафедри
підтримання льотної придатності
повітряних суден НАУ



Рудольф МНАЦАКАНОВ
(власне ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Секретар засідання:

кандидат технічних наук, доцент,
заступник декана АКФ НАУ



Михайло СВИРИД
(власне ім'я ПРІЗВИЩЕ)

ПОГОДЖЕНО:

доктор технічних наук, професор,
в.о. проректора з наукової роботи НАУ



Олександр КОРЧЕНКО