

ЗАТВЕРДЖУЮ

Президент державного некомерційного підприємства “Державний університет “Київський авіаційний інститут”



Ксенія СЕМЕНОВА

« 12 березня » 2026 року

ВИСНОВОК

Державного некомерційного підприємства “Державний університет “Київський авіаційний інститут” (далі – КАІ) про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Скворцова Олександра Олексійовича на тему “Підвищення зносостійкості елементів трибоспряження в абразивному середовищі нанесенням композиційних покриттів”, поданої на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 131 “Прикладна механіка”

Витяг

із протоколу № 3 розширеного засідання
кафедри прикладної механіки та інженерії матеріалів КАІ
від 12 березня 2026 року

Присутні на засіданні науково-педагогічні працівники кафедри прикладної механіки та інженерії матеріалів:

Головуючий на засіданні – професор кафедри, д.т.н., професор, Носко П.Л.;
Кіндрачук М.В., д.т.н., проф., професор кафедри;
Мікосянчик О.О., д.т.н., професор, завідувач кафедри прикладної механіки та інженерії матеріалів, гарант освітньо-наукової програми «Прикладна механіка»;
Башта О.В., к.т.н., доцент, доцент кафедри;
Балалаєв А.В., к.т.н., доцент, доцент кафедри;
Богдан С.Ю., к.т.н., доцент, доцент кафедри;
Корнієнко А.О., к.т.н., старший науковий співробітник, доцент кафедри;
Повгородній В.О., к.т.н., доцент, доцент кафедри;
Шевченко О.А., к.т.н., доцент, доцент кафедри;
Голембієвський Г.Г., старший викладач кафедри;
Семак І.В., старший викладач кафедри.

Присутні на засіданні науково-педагогічні працівники інших кафедр КАІ:

Балалаєва К.В., д.т.н., професор, професор кафедри електричної інженерії та енергомашинобудування;

Мнацаканов Р.Г., д.т.н., професор, професор кафедри авіаційного транспорту;
Сидоренко О.Ю., к.т.н., доцент, заступник декана Аерокосмічного факультету;

Токарук В.В., к.т.н., доцент кафедри авіаційного транспорту;
Хімко А.М., к.т.н., доцент, доцент кафедри авіаційного транспорту;
Якобчук О.Є., к.т.н., доцент кафедри авіаційної інженерії.

Присутні на засіданні науково-педагогічні працівники з інших навчальних закладів:

Лопата Л.А. – к.т.н., доцент, наук. співр. відділу міцності матеріалів і елементів конструкцій в термосилових полях і газових потоках, Інститут проблем міцності імені Г.С. Писаренка НАН України;

Серед присутніх 5 докторів технічних наук і 11 кандидатів технічних наук.

Порядок денний:

Обговорення дисертаційного дослідження аспіранта кафедри прикладної механіки та інженерії матеріалів КАІ Скворцова Олександра Олексійовича на тему “Підвищення зносостійкості елементів трибоспряження в абразивному середовищі нанесенням композиційних покриттів”, поданої на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 13 “Механічна інженерія” за спеціальністю 131 “Прикладна механіка”.

Науковий керівник – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри прикладної механіки та інженерії матеріалів Аерокосмічного факультету КАІ Мікосянчик Оксана Олександрівна.

Дисертація виконувалась на кафедрі прикладної механіки та інженерії матеріалів Аерокосмічного факультету КАІ. Тема дисертації затверджена на засіданні Вченої ради Аерокосмічного факультету КАІ (протокол № 7 від 22 листопада 2022 року).

Виступили:

Здобувач Скворцов Олександр Олексійович представив презентацію за основними положеннями дисертації “Підвищення зносостійкості елементів трибоспряження в абразивному середовищі нанесенням композиційних покриттів”, поданої на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 13 “Механічна інженерія” за спеціальністю 131 “Прикладна механіка”.

Доповідач обґрунтував актуальність теми дослідження для підвищення зносостійкості елементів трибоспряження в абразивному середовищі нанесенням композиційних покриттів, визначив мету і основні завдання, обґрунтував методи дослідження, охарактеризував об’єкт та предмет дослідження, представив основні наукові та практичні результати, висновки, що виносяться на захист, надав інформацію про впровадження результатів дослідження в АТ Антонов (м. Київ) та в навчальний процес КАІ.

Здобувач зазначив, до основних переваг електроіскрового легування (ЕІЛ) конструкційних матеріалів можна віднести покращення зносостійкості поверхні

деталі, використання методу для відновлення пошкоджених чи зношених деталей, низьку енергоємність процесу. Для забезпечення високої зносостійкості в абразивному середовищі найефективнішим є використання електродів на основі тугоплавких сполук, зокрема карбідів вольфраму (WC), титану (TiC) та боридів.

Здобувач обґрунтував вибір методики на абразивне зношування відповідно до стандарту ГОСТ 23.208-79 (аналог – ASTM G65). Використання частинок фракції 100-500 мкм дозволяє ефективно оцінити не лише опір мікрорізанню, а й здатність покриття витримувати мікроударні навантаження без крихкого викришування карбідної фази.

Здобувач представив результати експериментальних досліджень, за якими встановлено найвищу зносостійкість в абразивному середовищі електроіскрових покриттів вольфрамокобальтового сплаву ВК8. Механізм підвищення зносостійкості полягає в тому, що високотверді карбіди вольфраму WC, а також напівкарбід вольфраму W₂C і β-карбід вольфраму WC_{1-x} виступають у ролі ефективних бар'єрів для руху дислокацій та запобігають мікрорізанню абразивними частинками. Водночас, наявність пластичної кобальтової зв'язки дозволяє дисипувати енергію механічного впливу, запобігаючи крихкому сколюванню та руйнуванню твердих частинок.

Здобувач показав, що ЕІЛ сплаву ВК8 на сталях сприяє формуванню градієнтного розподілу мікротвердості по глибині ЕІП-основа з трьома чітко вираженими ділянками: поверхнева зона з максимальною твердістю (до 28700 МПа), перехідна зона з різким зниженням твердості (6000–9000 МПа) та зона основного металу (~4000 МПа). Для ЕІП ВК8 на сталі 40Х встановлено найбільш пологий спад мікротвердості по глибині та найвищі абсолютні значення на поверхні, що спричинює найбільшу зносостійкість в абразивному середовищі.

Здобувач представив результати абразивного зношування композиційних електроіскрових покриттів, сформованих на сталі 45 з електродів твердих металокерамічних сплавів ВК15, Т15К6 та порошкового дроту Fe-Cr-B з 17–20 об.% частинок (Cr,Fe)₂B еліпсоїдальної морфології у феритній матриці. Встановлено, що матеріали з високим вмістом карбідів вольфраму та карбідів титану мають суттєво кращі показники зносостійкості, ніж покриття на залізній основі Fe-Cr-B з домінуванням в структурі зміцнюючих боридів.

Здобувач показав, що на основі одержаних експериментальних результатів оцінки абразивної стійкості ЕІП можна робити вибір композиційних ЕІП відповідно до вимог конкретного застосування на основі комплексного оцінювання зносостійкості, морфології та фазового складу, що дозволяє перейти від емпіричного «нанесення шару» до проектування поверхонь із заданими властивостями

Після закінчення презентації Скворцов О. О. присутніми на захисті фахівцями були поставлені наступні запитання:

Запитання до здобувача:

1. **Кіндрачук М.В.**, д.т.н., проф., професор кафедри прикладної механіки та інженерії матеріалів КАІ.

Запитання: Відомо, що одним з недоліків ЕІЛ є висока шорсткість сформованих покриттів. Яка шорсткість була в сформованих покриттях?

Відповідь: Дякую за запитання. Технологія ЕІЛ, яка застосовувалася в роботі, забезпечувала формування електроіскрових покриттів при силі струму 1А. Це забезпечує формування дискретних покриттів з шорсткістю 10-15 мкм.

Запитання: На слайді 18 в Вас представлено відношення твердості абразиву до твердості покриттів 0,6-0,8. Як Ви співставляли методи вимірювання мікротвердості покриттів та абразиву?

Відповідь: Дякую за запитання. В роботі мікротвердість покриттів вимірювалась за допомогою приладу ПМТ-3, а мікротвердість абразиву обирали за довідниковими даними, наведеними в спеціалізованих технічних літературних джерелах.

Запитання: Поясніть встановлене в роботі зниження абразивної стійкості покриттів сплаву Т15К6, в порівнянні з покриттями сплаву ВК15.

Відповідь: Дякую за запитання. Незважаючи на те, що мікротвердість ЕІП Т15К6 після тертя перевищує або аналогічна ЕІП ВК15, зносостійкість даного ЕІП менше, ніж для ВК15. Це пов'язано з більшою крихкістю титановмісних карбідів у абразивному середовищі.

2. **Мнацаканов Р.Г.**, д.т.н., професор, професор кафедри авіаційного транспорту КАІ.

Запитання: В чому полягає синергійний механізм абразивної стійкості покриттів ВК8, ВК15, Т15К6?

Відповідь: Дякую за запитання. Механізм підвищення зносостійкості в абразивному середовищі полягає в тому, що високотверді карбіди вольфраму WC виступають у ролі ефективних бар'єрів, які запобігають мікрорізанню абразивними частинками. Водночас, наявність пластичної кобальтової зв'язки дозволяє дисипувати енергію механічного впливу, запобігаючи крихкому сколюванню та руйнуванню твердих частинок.

Запитання: Як Ви оцінювали адгезійні властивості покриттів відносно основи?

Відповідь: Дякую за запитання. В роботі не оцінювали адгезійні властивості прямими методами, а задіяні були непрямі методи. Зокрема, при вимірюванні мікротвердості по глибині плавний перехід від максимальної мікротвердості на поверхні до мікротвердості основи свідчить про високі адгезійні властивості покриття-основа. Також адгезійні властивості оцінювали по мікрофотографіях покриттів на шліфах після тертя.

3. **Якобчук О.Є.**, к.т.н., доцент кафедри авіаційної інженерії КАІ.

Запитання: Яким чином забезпечується градієнтний розподіл мікротвердості по глибині системи покриття-основа?

Відповідь: Дякую за запитання. ЕІЛ здійснювалося при малій силі струму, що сприяє формуванню градієнтного розподілу мікротвердості по глибині покриття-основа з трьома чітко вираженими ділянками: поверхнева зона з максимальною твердістю, перехідна зона із зниженням твердості та зона основного металу.

Запитання: Поясніть зв'язок параметричного резонансу з передчасним руйнуванням покриття.

Відповідь: Дякую за запитання. Через нестационарне тертя внаслідок потрапляння абразивних часток у контакт у поверхневих шарах виникають деформаційні хвилі та критичні напруження, обумовлені впровадженням цих

часток в покриття, які створюють коливання в покритті. Ці коливання, вступаючи в резонанс з коливаннями, які обумовлені динамічними процесами тертя (вібрації від установки), призводять до тріщиноутворення та відшарування покриття від основи.

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

Запитання: Опишіть схему планування досліджень. Скільки Ви зробили паралельних досліджень?

Відповідь: Дякую за запитання. Варіювались лише типи покриття, час нанесення покриття та тривалість випробувань. Кожне покриття наносилось на основу розміром 30x30 мм, що дозволило проводити три дослідження на одному зразку.

Запитання: Який метод Ви використовували для оцінки зносостійкості сформованих покриттів?

Відповідь: Дякую за запитання. Ми використовували ваговий метод для вимірювання втрати ваги експериментальних зразків після тертя. Потім фіксували тривалість експерименту. Знаючи частоту обертання гумового ролика і тривалість експерименту, знаходили шлях тертя. Надалі обчислювали зносостійкість як величину, обернену до інтенсивності зношування – величини втрати ваги до шляху тертя.

Запитання: Як Ви оцінювали динамічні процеси при абразивному зношуванні?

Відповідь: Дякую за запитання. Оцінка динамічних процесів при абразивному зношуванні проводилась шляхом моделювання взаємодії в системі «абразивна частка – деталь», де поверхневі шари розглядаються як анізотропні пластини на пружній основі. Це дозволило вперше аналітично визначити умови втрати стійкості мікрооб'ємів металу (за Ейлером), що пояснює явище «нагортання» матеріалу попереду абразиву через динамічні процеси (параметричний резонанс) у зоні контакту.

5. Сидоренко О.Ю., к.т.н., доц., заступник декана Аерокосмічного факультету КАІ.

Запитання: Відомо, що шорсткість поверхні впливає на процеси тертя та зношування. Чи оцінювали Ви вплив шорсткості електроіскрових покриттів на їх інтенсивність зношування?

Відповідь: Дякую за запитання. В процесі електроіскрового легування в роботі обрано один технологічний режим нанесення покриттів, сила струму складала 1А. Сформована шорсткість покриттів була на рівні 10...25 мкм. Інші показники шорсткості не досліджувались.

6. Токарук В.В., к.т.н., доц., доцент кафедри авіаційного транспорту КАІ.

Запитання: Який характер сформованих покриттів після електроіскрового легування: дискретна чи суцільна структура?

Відповідь: Дякую за запитання. Сформовані покриття характеризуються дискретною структурою, що було доведено металографічними дослідженнями на інвертованому мікроскопі ІЕ200М.

Запитання: Чи застосовували Ви якість технології, щоб зняти напруження в покритті, сформованому після електроіскрового легування?

Відповідь: Дякую за запитання. Після електроіскрового легування, згідно

проаналізованим дослідженням інших авторів, не завжди необхідно використовувати технології, наприклад, поверхнєве пластичне деформування, для зняття напружень. В представленій роботі не застосовувались ніякі технології після нанесення покриття.

Після відповідей на запитання виступили:

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

Мікосянчик О.О.: Скворцов Олександр Олексійович, 1999 року народження, у 2021 році закінчив Національний авіаційний університет за спеціальністю Авіаційний транспорт (освітньо-професійна програма: Технічне обслуговування та ремонт ПС і авіадвигунів) і отримав диплом освітнього ступеня «Магістр». У 2022 році вступив до аспірантури за спеціальністю 131 «Прикладна механіка».

Під час навчання в аспірантурі Скворцов Олександр дотримувався виконання індивідуального плану аспіранта, зокрема в повному обсязі виконав освітню складову, у тому числі склав заліки та іспити з усіх навчальних дисциплін, та наукову складову.

Скворцов Олександр за період навчання проявив себе як аспірант з яскраво вираженою схильністю до самостійної наукової роботи. Він відрізняється високою теоретичною підготовкою, ерудицією, працьовитістю, здатністю працювати в складі наукового колективу. Слід зазначити неодноразову участь Олександра Скворцова в міжнародних наукових конференціях. Зокрема, за темою дисертації в співавторстві опубліковано 6 статей у фахових виданнях переліку МОН України (категорія Б), 4 праці апробаційного характеру.

За час навчання в аспірантурі Скворцов Олександр оволодів інтегральною, загальними та фаховими компетентностями, передбаченими освітньо-науковою програмою підготовки докторів філософії за спеціальністю 131 «Прикладна механіка» галузі знань 13 «Механічна інженерія», зокрема: здатністю розв'язувати комплексні проблеми в галузі професійної та/або дослідницько-інноваційної діяльності у сфері розроблення нових та вдосконалення існуючих методів і методик трибологічних досліджень і випробувань; здатністю до абстрактного мислення, аналізу та синтезу; здатністю до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел; здатністю виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у трибології та ін.

Актуальність теми дисертаційного дослідження полягає в керуванні експлуатаційними властивостями модифікованих поверхонь і удосконаленні технології формування електроіскрових зносостійких покриттів для деталей авіаційної та наземної техніки.

До основних положень наукової новизни одержаних аспірантом результатів можна насамперед віднести встановлений взаємозв'язок між структурним станом конструкційних сталей і їх здатністю протистояти абразивному зношуванню, визначення фізичної природи низької абразивної стійкості композиційних боридних електроіскрових покриттів, руйнування яких зумовлене крихкістю боридних фаз і слабкістю матриці; удосконалену оцінку

синергетичного механізму абразивної стійкості композиційних електроіскрових покриттів на основі твердих карбідних фаз і пластичної металевої матриці, а також математичну модель взаємодії в системі «абразивна частка – деталь», що пояснює механізми локальної втрати стійкості поверхневих мікроб'ємів металу; також подальшого розвитку набула теорія формування зносостійких структур при електроіскровому легуванні та наукові уявлення про умови забезпечення ефективного опору абразивному зношуванню завдяки формуванню градієнтних модифікованих шарів.

Дисертаційна робота має практичне значення: на АТ Антонов запропоновано технологію електроіскрового легування та технологічні інструкції по підвищенню зносостійкості та по відновленню фізико-механічних та міцнісних характеристик інтенсивно навантажених деталей авіаційної техніки; результати роботи впроваджені у навчальний процес.

Вважаю, що актуальність теми дисертації, її наукова новизна, практичне значення дають всі підстави стверджувати, що дисертаційна робота аспіранта Скворцова Олександра становить істотний науковий інтерес і представляє практичну цінність в області трибології зокрема та в прикладній механіці в цілому. Структура дисертаційного дослідження є послідовною, складається із вступу, чотирьох розділів та загальних висновків. Безперечно, дисертація Скворцова Олександра написана ним самостійно, аспірант працював з науковим керівником.

Висунуті на захист положення та висновки є достатньо аргументованими, обґрунтованими та базуються на аналізі фундаментальних положень трибології, застосуванні сукупності методів і методик теоретичних і експериментальних досліджень фізико-механічних і експлуатаційних властивостей модифікованих поверхонь деталей з композиційними покриттями.

Хочеться відзначити цілеспрямованість, наполегливість, працьовитість та здатність аспіранта до постановки та вирішення наукових завдань. Його підхід ґрунтується на глибокому теоретичному аналізі проблеми, творчому мисленні, вмінні виділити головне в поставленій задачі. Дисертаційна робота Скворцова Олександра виконана з дотриманням правил академічної доброчесності, є оригінальною (95,3%), самостійно виконаною, завершеною працею, у якій вирішено наукове завдання, що полягає в обґрунтованому виборі методу зміцнення поверхні елементів трибоспряження композиційними покриттями з формуванням оптимальних фізико-механічних властивостей покриття-основа для підвищення їх зносостійкості в абразивному середовищі.

Виходячи з вищезазначеного, вважаю, що освітня та наукова складові індивідуального плану роботи аспіранта Скворцова Олександра Олексійовича виконані в повному обсязі та на високому науковому рівні. Дисертаційна робота є завершеною науковою працею, яка націлена на вирішення актуальної науково-прикладної задачі, відповідає спеціальності 131 «Прикладна механіка», а її автор Скворцов Олександр Олексійович заслуговує присудження ступеня доктора філософії на підставі Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, який затверджено Постановою Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 року.

Рецензенти дисертаційної роботи, які наголосили на позитивних аспектах дослідження та висловили свої побажання та зауваження:

Сидоренко О.Ю., к.т.н., доц., заступник декана Аерокосмічного факультету КАІ: зазначив, що дисертаційна робота справляє позитивне враження своєю структурованістю та логікою викладу, що дає змогу чітко простежити шлях від теоретичного аналізу проблеми до практичного впровадження результатів. Представлена робота має наукову новизну, зокрема, особливу увагу заслуговує розроблена автором математична модель взаємодії в системі «абразивна частка – деталь», де поверхневі шари розглядаються як анізотропні пластини на пружній основі, що дозволило вперше аналітично обґрунтувати умови виникнення динамічно нестійких станів у зоні контакту. Робота має практичну значимість, оскільки отримані результати впроваджені на підприємстві авіаційної галузі (АТ «АНТОНОВ») та інтегровані в навчальний процес Державного університету «Київський авіаційний інститут» у межах підготовки бакалаврів та магістрів за спеціальністю «Прикладна механіка». Рекомендація доповідачу: необхідно внести незначні зміни на слайдах для подальшого представлення роботи в разовій спеціалізованій вченій раді. Рецензент підтримав роботу та зазначив, що її автор заслуговує на присудження ступеня доктора філософії.

Хімко А.М., к.т.н., доц., доцент кафедри авіаційного транспорту КАІ: зазначив, що дисертаційна робота є актуальною для сучасного авіабудування, адже в умовах інтенсивної експлуатації авіаційної техніки абразивне зношування є критичним фактором виходу деталей з ладу, зокрема елементів шасі. Оцінюючи позитивні аспекти дослідження, варто насамперед відзначити наукову новизну, що полягає у встановленні кореляції між структурним станом сталей, а саме розміром зерна та морфологією перліту, і їхньою здатністю протистояти абразиву, що дозволяє здійснювати прогнозований вибір матеріалів. Технологічна ефективність роботи підтверджується тим, що застосування електроіскрового легування дозволяє підвищити зносостійкість сталі 40X у понад 11 разів. Важливим практичним досягненням автора є розробка конкретних технологічних інструкцій для відновлення фізико-механічних характеристик навантажених деталей повітряних суден, які вже пройшли апробацію та рекомендовані до впровадження на АТ «АНТОНОВ» для підвищення терміну служби стійок шасі. Рекомендація доповідачу: розширити подальші дослідження на умови впливу дрібнодисперсного абразивного пилу, характерного для специфічних регіонів експлуатації авіатехніки. Рецензент підтримав роботу та зазначив, що її автор заслуговує на присудження ступеня доктора філософії.

В обговоренні дисертаційного дослідження взяли участь:

Балалаєва К.В., д.т.н., професор, професор кафедри електричної інженерії та енергомашинобудування КАІ: зазначила, що робота виконана на високому науковому рівні та має чітке практичне спрямування. Підкреслила важливість розроблених зносостійких композиційних покриттів, які використовуються для

зміцнення робочих поверхонь деталей авіаційної та наземної техніки, що експлуатуються в умовах інтенсивного абразивного впливу. Відмітила, що результати проведених досліджень широко висвітлені в наукових публікаціях та пройшли апробацію на міжнародних конференціях. На думку проф. Балалаєвої К.В., робота повністю відповідає вимогам до дисертацій на здобуття вченого ступеня доктора філософії за спеціальністю 131 «Прикладна механіка», а її автор заслуговує на присудження ступеня доктора філософії.

Кіндрачук М.В., д.т.н., проф., професор кафедри прикладної механіки та інженерії матеріалів КАІ: підкреслив, що підвищення зносостійкості традиційно досягається використанням матеріалів із високою твердістю, і автор дисертації вірно обрав цей вектор досліджень. Такі методи, як цементація, електроіскрове легування чи наплавка, дозволяють ефективно зміцнювати поверхневий шар, проте в реальних умовах експлуатації рідко маємо справу з одним видом руйнування. Часто абразивне зношування є домінуючим, але супутнім завжди виступає інший вид зносу, і саме композиційні зносостійкі покриття, які досліджував Олександр Скворцов, здатні забезпечити необхідний комплексний захист деталей. Окремої позитивної оцінки заслуговує детальний аналіз впливу природи карбідів на показники зносостійкості, що дозволяє науково обґрунтовано підходити до вибору електродних матеріалів для конкретних вузлів. Представлене дослідження є ґрунтовним і завершеним, воно має як теоретичну, так і практичну цінність для авіаційної галузі. Враховуючи високий рівень підготовки здобувача, запропонував підтримати роботу і зазначив, що автор заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 131 «Прикладна механіка».

Мнацаканов Р.Г., д.т.н., професор, професор кафедри авіаційного транспорту КАІ: зазначив, що актуальність теми дисертації обумовлена потребою у створенні надійних зносостійких покриттів для вузлів тертя, що важливо для розвитку авіаційної та оборонної галузей. Представлене дослідження має вагоме практичне значення, особливо в частині розробки технологічних рішень для відновлення високонавантажених деталей авіаційної техніки. Відзначив, що кількість та рівень наукових публікацій здобувача у фахових виданнях повністю відповідають встановленим вимогам до робіт такого рівня. Під час сьогоденної дискусії Олександр Скворцов впевнено представив результати своєї роботи, продемонструвавши ґрунтовну теоретичну підготовку та вільне володіння матеріалом. Вважаю роботу завершеною, якісною та актуальною, тому повністю підтримую її, а автор заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 131 «Прикладна механіка».

Носко П.Л., д.т.н., проф., професор кафедри прикладної механіки та інженерії матеріалів КАІ: зазначив, що робота завершена, всі поставлені в роботі завдання вирішені аспірантом в повному обсязі. В роботі чітко сформульовані наукова новизна та представлено практичне значення. Дисертаційна робота відповідає вимогам Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії.

ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Скворцова Олександра Олексійовича на тему “Підвищення зносостійкості елементів трибоспряження в абразивному середовищі нанесенням композиційних покриттів”, поданої на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 13 “Механічна інженерія” за спеціальністю 131 “Прикладна механіка”

1. Обґрунтування вибору теми дослідження. Забезпечення надійності і довговічності конструкційних елементів повітряних суден (ПС) і авіаційної наземної техніки на сьогодні є першочерговим завданням, при вирішенні якого необхідно враховувати їх зв'язок з працездатністю вузлів тертя. Багаторічний досвід експлуатації і ремонту авіаційної техніки (АТ) та технічних засобів, які її обслуговують, показав, що у більшості випадків їх працездатність залежить від зносостійкості деталей вузлів тертя.

Одним із напрямків забезпечення експлуатаційної надійності технічних систем є використання і розроблення нових сучасних технологічних методів поверхневого зміцнення металів та сплавів

Сучасні технологічні методи нанесення захисних покриттів відкривають необмежені можливості формування зносостійких структур, що забезпечують надійну роботу вузлів тертя в найрізноманітніших умовах контактної взаємодії.

Потужним методом модифікування поверхневих шарів деталей вузлів тертя, їх хімічного складу і структури є електроіскрове легування (ЕІЛ).

Електроіскрове легування відзначається низькими термічними навантаженнями на деталі, що обробляються. Це особливо важливо для деталей, виготовлених із складних матеріалів або деталей з важким доступом, де термічна деформація може призвести до негативних наслідків.

Розвиток нових матеріалів та високоефективних технологій робить електроіскрове легування ще більш актуальним для покращення зносостійкості деталей та отримання нових можливостей для їхнього вдосконалення.

Усі вищевказані чинники роблять метод електроіскрового легування важливим і актуальним для вирішення завдань підвищення зносостійкості деталей авіаційної та наземної техніки. Вивчення загальних закономірностей і мікромеханічних властивостей сформованого шару при ЕІЛ та їх вплив на механізм і кінетику зношування дозволяє визначити шляхи для управління експлуатаційними властивостями модифікованих поверхонь і удосконалити технологію формування електроіскрових зносостійких покриттів.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами. Дисертаційна робота є складовою частиною досліджень, що проводяться в КАІ і спрямовані на підвищення надійності авіаційної та наземної техніки. Дослідження проводились в рамках науково-дослідної роботи «Підвищення довговічності та забезпечення міцності елементів конструкцій авіаційної техніки» № 16-2022/ 07.01.01. (0125U001009). Автором проведено

оцінку зносостійкості електроіскрових покриттів в абразивному середовищі від зміцнюючих фаз та визначено максимальний опір пластичної деформації по допустимим напруження на розтягання для конструкційних сталей 30, 45 та 30ХГСА.

Тема дисертації відповідає освітньо-науковій програмі “Прикладна механіка” за спеціальністю 131 “Прикладна механіка” галузі знань 13 “Механічна інженерія” в КАІ (зокрема, ОК 1.3.1, ОК 1.3.2 та ОК 1.3.3).

3. Мета і завдання дослідження. Мета роботи полягала в обґрунтованому виборі методу зміцнення поверхні елементів трибоспряження композиційними покриттями з формуванням оптимальних фізико-механічних властивостей покриття-основа для підвищення їх зносостійкості в абразивному середовищі.

Для досягнення поставленої мети в роботі вирішувались наступні завдання:

- проаналізувати ключові фактори, що спричинюють абразивне зношування вузлів тертя авіаційної та наземної техніки;
- вибрати раціональні шляхи управління експлуатаційними властивостями модифікованих поверхонь та удосконалення технології формування електроіскрових зносостійких покриттів;
- дослідити мікроструктуру і механічні властивості отриманих покриттів;
- встановити залежності інтенсивності зношування конструкційних сталей від розміру абразивних частинок та механізму руйнування;
- дослідити механізм підвищення зносостійкості покриттів із твердих сплавів (BK8, BK15, T15K6);
- проаналізувати закономірності градієнтного розподілу мікротвердості по глибині ЕПП-основа та його вплив на відшарування покриття;
- дослідити вплив карбідів на підвищення опору зношуванню ЕПП зі сталі P18, У10, кераміки ЦЛАБ-1; порошкового дроту Fe-Cr-W;
- визначити критичне співвідношення мікротвердості покриття до твердості абразиву для ефективного опору абразивному зношуванню;
- проаналізувати з застосуванням математичного апарату динамічні процеси при терті деталей з ЕПП в абразивному середовищі, що характеризуються виникненням автоколивань.

4. Об’єкт дослідження – процеси зношування та зміцнення поверхонь елементів трибоспряжень, що працюють в умовах абразивного впливу.

5. Предмет дослідження – закономірності формування мікроструктури, фазового складу, градієнтного розподілу фізико-механічних властивостей та механізмів руйнування зносостійких композиційних електроіскрових покриттів при взаємодії з абразивним середовищем.

6. Методи дослідження. Для дисертаційної роботи було використано комплекс методів досліджень, які можна згрупувати за основними етапами роботи. Основним методом отримання покриттів було електроіскрове легування, процес нанесення покриттів відбувався за допомогою установки «Елітрон-22А». Для випробування трибологічних властивостей

використовувались випробування на абразивне зношування за методикою, аналогічною стандарту ASTM G65 Abrasive Wear Test, з використанням кварцового піску зернистістю 250...500 мкм; вимірювання лінійного зносу – за допомогою вертикального оптиметра ІКВ-6, та вимірювання вагового зносу за допомогою ваг Axis ANG200С. Аналіз структури та властивостей матеріалів включав рентгеноструктурний фазовий аналіз на дифрактометрі ДРОН-3М, металографічні дослідження мікроструктури за допомогою оптичних мікроскопів ММР-2Р та інвертованого мікроскопа ІЕ200М, вимірювання твердості основи методом Роквелла, та вимірювання мікротвердості покриттів методом Віккерса на приладі ПМТ-3 для оцінки градієнтного розподілу твердості по глибині шару.

7. Наукова новизна дослідження: полягає в встановлених закономірностях підвищення зносостійкості конструкційних сталей електроіскровими покриттями та базується на таких основних положеннях:

уперше

– встановлена кореляція між структурним станом конструкційних сталей (розміром зерна та морфологією перліту) та їхньою здатністю протистояти абразивному впливу часток різної дисперсності: сталь 30ХГСА з дрібнозернистою структурою (~15–20 мкм) та сорбітоподібним перлітом виявляє вищу стабільність до великодисперсного абразиву порівняно зі сталлю 45, де крупне зерно (~40 мкм) сприяє інтенсифікації механізму «викришування»;

– визначено фізичну природу низької абразивної стійкості композиційного боридного ЕП Fe-Cr-B. Встановлено, що механізм їх руйнування ініціюється розколюванням крихких еліпсоїдальних боридів з наступним швидким руйнуванням м'якої феритної матриці, що призводить до катастрофічного відшарування модифікованого шару;

удосконалено:

– оцінку синергетичного механізму абразивної стійкості композиційних електроіскрових покриттів на основі сплавів ВК8, ВК15 та Т15К6, яка полягає у поєднанні бар'єрного ефекту для руху дислокацій, що створюють тверді армуючі фази (WC та TiC), із демпфуючою здатністю в'язкої кобальтової матриці, що запобігає передчасному крихкому сколюванню зміцнюючих часток;

– математичну модель взаємодії в системі «абразивна частка – деталь», де поверхневі шари розглядаються як анізотропні пластини на пружній основі. Це дозволило вперше аналітично визначити умови втрати стійкості мікрооб'ємів металу (за Ейлером), що пояснює явище «нагортання» матеріалу попереду абразиву через динамічні процеси (параметричний резонанс) у зоні контакту;

отримали подальший розвиток:

– теорія формування зносостійких структур при електроіскровому легуванні: підвищення триботехнічних властивостей сталей 30, 45 та 30ХГСА досягається не лише за рахунок твердості основи, а й завдяки створенню модифікованого шару з принципово новою фазовою структурою, яка

забезпечує градієнтний розподіл мікротвердості по глибині системи «покриття–основа»;

– наукові уявлення про умови забезпечення ефективного опору абразивному зношуванню, згідно з якими встановлено, що для мінімізації деструктивних процесів мікротвердість покриття повинна перевищувати твердість абразивних часток у раціональному співвідношенні 0,6...0,8.

8. Теоретичне значення. Дисертація є завершеною кваліфікаційною працею, що містить наукові положення щодо підвищення зносостійкості деталей авіаційної та наземної техніки. У роботі представлені нові науково обгрунтовані теоретичні та експериментальні результати досліджень щодо формування композиційних електроіскрових покриттів. Автором удосконалено математичну модель взаємодії в системі «абразивна частка — деталь», що враховує динамічні процеси у зоні контакту. Отримані результати мають істотне значення для механічної інженерії, оскільки визначають шляхи керування експлуатаційними властивостями модифікованих поверхонь. Достовірність висновків підтверджується документами, які засвідчують проведення лабораторних випробувань та впровадження результатів на виробництві й у навчальний процес. Робота свідчить про вагомий особистий внесок здобувача в науку, який самостійно отримав ключові залежності та встановив нові структурні кореляції. Представлене дослідження характеризується єдністю змісту, де всі розділи підпорядковані єдиній меті – підвищення надійності вузлів тертя авіаційної та наземної техніки.

9. Практичне значення та використання результатів дисертаційного дослідження. Запропоновано технологію електроіскрового легування та технологічні інструкції по підвищенню зносостійкості, по відновленню фізико-механічних та міцнісних характеристик інтенсивно навантажених деталей авіаційної техніки за рахунок управління структурними ефектами та фазовим складом поверхневих модифікованих шарів конструкційних сталей нанесенням електроіскрових покриттів з необхідним рівнем триботехнічних властивостей (акт про впровадження від 09.12.2025, АТ «АНТОНОВ»: на основі лабораторних випробувань абразивної стійкості електроіскрових покриттів при відновленні елементів стійок шасі для підвищення їх строку служби рекомендовано розглянути можливість подальших стендових випробувань).

Результати роботи впроваджено у навчальний процес Державного університету «Київський авіаційний інститут»: в тематичний план лекцій, практичних та лабораторних занять з дисциплін «Основи надійності машин та механізмів» та «Технології конструкційних матеріалів» для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «Бакалавр» включено теоретичні питання, пов'язані з застосуванням сучасних електродів на основі зносостійких композиційних матеріалів та практичне застосування методу електроіскрового легування для зміцнення контактних поверхонь; при підготовці кваліфікаційних робіт для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «Магістр» зі спеціальності 131 Прикладна механіка використовуються методики ЕІЛ та зносостійкі електроди. (акт про впровадження від 24.09.2025).

10. Особистий внесок здобувача. Дисертація “Підвищення зносостійкості елементів трибоспряження в абразивному середовищі нанесенням композиційних покриттів” Скворцова Олександра Олексійовича 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. Використані в дисертації ідеї, положення чи гіпотези інших авторів мають відповідні посилання і використані лише для підкріплення ідей здобувача.

11. Апробація результатів дослідження. Найважливіші ідеї, висновки, рекомендації, отримані в дисертації, оприлюднені на наукових та науково-практичних конференціях, у тому числі міжнародних, всеукраїнських та за міжнародною участю: “Авіація в ХХІ столітті. Безпека в авіації та космічні технології” (Київ, 2022), “Політ. Сучасні проблеми науки” (Київ, 2024, 2025).

12. Публікації. Основні положення та результати дисертаційного дослідження викладено в 8,5 наукових публікаціях, серед них 4,5 публікацій у наукових фахових виданнях України, 4 публікації у збірниках матеріалів конференцій.

Список опублікованих праць за темою дисертації

Статті у наукових фахових виданнях України:

1. **Skvortsov O.O.**, Mikosianchyk O.O. Estimation of tribo-technical parameters of composite polymer with metal filler. *Problems of Tribology*. 2022. V. 27, No 2/104. P.42-48. <https://doi.org/10.31891/2079-1372-2022-104-2-42-48>

Особистий внесок О. Скворцова: проведено триботехнічні випробування втулки з композиційного матеріалу.

Особистий внесок О. Мікосянчик: постановка завдання дослідження.

2. Медюх Р.М., Медюх В.К., Присяжнюк В.В., Лабунець В.Ф., **Скворцов О.О.** Дослідження структури та трибологічних властивостей композиційного плазмового покриття на основі сталі. *Вісник вінницького політехнічного інституту*. 2023. 4 (169). С. 54-60. <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2023-169-4-54-60>

Особистий внесок Р. Медюха: досліджено процеси газотермічного наплення плазмових покриттів з подальшим дифузійним насиченням шляхом хіміко-термічної обробки хромуванням.

Особистий внесок В. Медюха: проаналізовано товщину дифузійно насиченого шару та визначено розподіл легувальних елементів по глибині.

Особистий внесок В. Присяжнюка: досліджено міцність зчеплення плазмового покриття з основою при зсуві.

Особистий внесок В. Лабунця: проаналізована пористість композиційних сталевих плазмових покриттів.

Особистий внесок О. Скворцова: проведено дослідження абразивного зносу покриттів під час тертя в умовах нежорстко закріплених абразивних частинок.

3. **Скворцов О.О.**, Мікосянчик О.О. Дослідження зносостійкості електроіскрових покриттів в умовах впливу абразиву. *Проблеми тертя та зношування*. 2023. 3 (100). С. 64-72. [https://doi.org/10.18372/0370-2197.3\(100\).17895](https://doi.org/10.18372/0370-2197.3(100).17895)

Особистий внесок О. Скворцова: проведено дослідження абразивної стійкості електроіскрових покриттів на сталі 45..

Особистий внесок О. Мікосянчик: постановка завдання дослідження.

4. **Скворцов О.О.**, Мікосянчик О.О. Залежність зносостійкості електроіскрових покриттів в абразивному середовищі від зміцнюючих фаз. *Проблеми тертя та зношування*. 2024. 3 (104). С.78-90. [https://doi.org/10.18372/0370-2197.3\(104\).18983](https://doi.org/10.18372/0370-2197.3(104).18983)

Особистий внесок О. Скворцова: визначено залежність інтенсивності зношування електроіскрових покриттів від твердості карбідів та боридів і співвідношення зміцнюючої фази в матриці.

Особистий внесок О. Мікосянчик: формування напряму дослідження.

5. Mikosianchuk O.O., **Skvortsov O.O.**, Kornienko A. O. Improving the wear resistance of structural steels by electrospark deposition. *Проблеми тертя та зношування*. 2025. 2 (107). С. 40-47. [https://doi.org/10.18372/0370-2197.2\(107\).20145](https://doi.org/10.18372/0370-2197.2(107).20145)

Особистий внесок О. Скворцова: проведено дослідження зносостійкості електроіскрових покриттів високовуглецевої сталі У10 та швидкоріжущої сталі Р18 на конструкційних сталях в абразивному середовищі.

Особистий внесок О. Мікосянчик: визначені основні вимоги до матеріалів електродів для формування покриттів з високою твердістю, стійкістю до зносу, відсутністю тріщинотворення.

Особистий внесок А. Корнієнка: підготовка експериментальної бази.

6. Malinovskyi Y., Mikosianchuk O., Uchytel O., **Skvortsov O.**, Vlasenkov D., Sytnyk S., Oliinyk S. Dynamic processes in surface layers of parts as a source of their multicycle failure under friction and wear. *Problems of Tribology*. 2025. 30(3/117). P. 41–48. <https://doi.org/10.31891/2079-1372-2025-117-3-41-48>

Особистий внесок Ю. Маліновського: визначено роль параметричних та автоколивальних процесів на розвиток багатоциклових напружень і деформацій в поверхневих шарах матеріалів.

Особистий внесок О. Мікосянчик: проаналізовано умови прояву рухів коливального характеру, які збуджуються за нестационарної характеристики тертя при роботі різноманітних машин і механізмів в абразивному середовищі.

Особистий внесок О. Учитель: формування напряму дослідження.

Особистий внесок О. Скворцова: проаналізовані причини виникнення динамічно нестійких станів балки-смужки, при яких можливі порушення цілісності поверхневих шарів.

Особистий внесок Д. Власенкова: визначено небезпечні стани поверхневих шарів деталей при дії нестационарних навантажень у початкові моменти взаємодії, у моменти закінчення ефекту проковзування та в моменти вирівнювання швидкостей руху при коливаннях.

Особистий внесок С. Ситника: розглянута задача визначення фрикційних та параметричних коливань при взаємодії деталей, які ведуть до утворення деформаційних хвиль.

Особистий внесок С. Олійник: проаналізовано закономірності залежності коефіцієнта тертя від швидкості ковзання деталей.

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

1. Литвиненко В.А., **Скворцов О.О.**, Мікосянчик О.О. Оцінка якості композиційного матеріалу критерієм міцності. *Безпека в авіації та космічні технології*: матеріали Х Всесвітнього конгресу “Авіація в ХХІ столітті”, м. Київ, 28-30 вересня 2022 р., 2022. С. 1.3.5-1.3.8.

<https://conference.nau.edu.ua/index.php/Congress/Congress2022/paper/viewFile/8517/7013>

2. Бородій В.М., **Скворцов О.О.**, Ільїна О.А. Оцінка елестогідродинамічних показників зубчастої передачі героторного масляного насосу. *Безпека в авіації та космічні технології*: матеріали Х Всесвітнього конгресу “Авіація в ХХІ столітті”, м. Київ, 28-30 вересня 2022 р., Київ, 2022. Р.1.3.27-1.3.30.

<https://conference.nau.edu.ua/index.php/Congress/Congress2022/paper/viewFile/8867/7018>

3. **Скворцов О.О.** Зносостійкі новітні матеріали електродів для електроіскрових покриттів. *«ПОЛІТ. Сучасні проблеми науки»*: ХХІV Міжнародна науково-практична конференція здобувачів вищої освіти і молодих учених, м.Київ, 2-5 квітня 2024 р., Київ, 2024. С. 131-132.

https://aki.nau.edu.ua/wp-content/uploads/%D0%9F%D0%BE%D0%BB%D1%96%D1%8224_%D0%90%D0%9A%D0%A4.pdf

4. **Скворцов О.О.** Моделювання процесу зношування вузлів тертя авіаційної техніки. *«Політ. Сучасні проблеми науки»*: ХХV Міжнародна науково-практична конференція здобувачів вищої освіти і молодих учених”, м. Київ, 1-4 квітня 2025 р., Київ, 2025. С.52-54.

https://nau.edu.ua/site/variables/docs/docsmenu/studnauka/polit2025/Polit-2025_AKF.pdf

13. Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається з анотації, вступу, 4 розділів основної частини, висновків і списку використаних джерел. Повний обсяг дисертації становить 163 сторінки, із них – 116 основного тексту. Робота містить 39 рисунків, 24 таблиці, 2 додатки. Список використаних джерел налічує 145 найменувань.

14. Характеристика особистості здобувача. Під час підготовки дисертаційної роботи Скворцов О.О. проявив себе як творчий дослідник і науковець, здатний самостійно на високому науково-методичному рівні вирішувати наукові та практичні завдання. Він повною мірою володіє сучасними технологіями вибору та формування зносостійких електроіскрових покриттів, має належний рівень теоретичної та практичної підготовки.

15. Оцінка мови та стилю дисертації. Текст дисертації викладено фаховою українською мовою, текстове подання матеріалу відповідає стилю науково-дослідної літератури. Матеріали дослідження оформлені у відповідності до вимог Міністерства освіти і науки України.

16. Відповідність принципам академічної доброчесності.

Дисертація не містить необґрунтованих запозичень та плагіату. У роботі дотримано правила посилання на джерела інформації у випадку використання підходів, положень, тверджень, відомостей. Надано достовірну інформацію про результати досліджень, джерела використаної інформації.

17. Рецензенти рекомендують: відповідно до пп. 15, 16 Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 року № 44, *пропонується такий склад разової ради:*

Голова ради:

Носко Павло Леонідович, доктор технічних наук, професор, професор кафедри прикладної механіки та інженерії матеріалів Аерокосмічного факультету КАІ.

Рецензенти:

Сидоренко Олександр Юрійович, кандидат технічних наук, доцент, заступник декана Аерокосмічного факультету КАІ.

Хімко Андрій Миколайович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри авіаційного транспорту Аерокосмічного факультету КАІ.

Офіційні опоненти:

Марчук Володимир Єфремович, доктор технічних наук, професор, професор кафедри міжнародного бізнесу та логістики Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського".

Бабак Олег Петрович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри трибології, автомобілів та матеріалознавства Хмельницького національного університету.

Усі члени разової спеціалізованої вченої ради не мають реальний чи потенційний конфлікт інтересів щодо здобувача Скворцова Олександра

Олексійовича (зокрема, є його близькою особою) та/або його наукового керівника.

У результаті попередньої експертизи дисертації Скворцова Олександра Олексійовича і повноти публікації основних результатів дослідження

УХВАЛЕНО:

1. Затвердити висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Скворцова Олександра Олексійовича на тему “Підвищення зносостійкості елементів трибоспряження в абразивному середовищі нанесенням композиційних покриттів”.

2. Вважати, що за актуальністю, ступенем новизни, обґрунтованістю, науковою та практичною цінністю здобутих результатів дисертація Скворцова Олександра Олексійовича відповідає спеціальності 131 “Прикладна механіка” та вимогам Порядку підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії та доктора наук у вищих навчальних закладах (наукових установах), затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 23 березня 2016 року. № 261 (зі змінами і доповненнями від 03 квітня 2019 року № 283), вимогам пп. 6, 7, 8, 9 “Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії”, затвердженому постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 року № 44.

3. Рекомендувати дисертаційну роботу “Підвищення зносостійкості елементів трибоспряження в абразивному середовищі нанесенням композиційних покриттів”, подану Скворцовим Олександром Олексійовичем на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 13 “Механічна інженерія”, за спеціальністю 131 “Прикладна механіка”.

4. Рекомендувати Вченій раді затвердити склад разової спеціалізованої вченої ради:

Голова ради:

Носко Павло Леонідович, доктор технічних наук, професор, професор кафедри прикладної механіки та інженерії матеріалів Аерокосмічного факультету КАІ.

Рецензенти:

Сидоренко Олександр Юрійович, кандидат технічних наук, доцент, заступник декана Аерокосмічного факультету КАІ.

Хімко Андрій Миколайович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри авіаційного транспорту Аерокосмічного факультету КАІ.

Офіційні опоненти:

Марчук Володимир Єфремович, доктор технічних наук, професор,

професор кафедри міжнародного бізнесу та логістики Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського".

Бабак Олег Петрович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри трибології, автомобілів та матеріалознавства Хмельницького національного університету.

Результати голосування щодо рекомендації до захисту дисертації Скворцова Олександра Олексійовича:

“за” – 18

“проти” – немає

“утримались” – немає

Головуючий на засіданні:

професор кафедри прикладної механіки та інженерії матеріалів КАІ, д.т.н., професор

Павло НОСКО

Секретар засідання:

доцент кафедри прикладної механіки та інженерії матеріалів КАІ, к.т.н., доцент

Світлана БОГДАН

ПОГОДЖЕНО:

проректор з наукових досліджень та трансферу технологій КАІ, д.т.н., професор

Сергій ГНАТЮК