

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Державний університет «Київський авіаційний інститут»
 Аерокосмічний факультет
 Кафедра прикладної механіки та інженерії матеріалів



Проректор з наукових досліджень
та трансферу технологій

Сергій ГНАТЮК
«01» 09 2025 р.

УЗГОДЖЕНО

Декан АКФ

Святослав ЮЦКЕВИЧ
«01» 09 2025 р.



ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«КИЇВСЬКИЙ АВІАЦІЙНИЙ ІНСТИТУТ»

Система менеджменту якості

РОБОЧА ПРОГРАМА
навчальної дисципліни
«Обладнання і методи трибологічних досліджень»

Галузь знань: G Інженерія, виробництво та будівництво
 Спеціальність: G9 Прикладна механіка
 Освітньо-наукова програма: Прикладна механіка

Форма навчання	Семестр	Усього (годин/кредитів ECTS)	Лекції	Практ. заняття	Лабораторні	Самостійна робота	ДЗ / РГР / К	КР / КПр	Форма сем. контролю
Очна	2	90 / 3	10	-	20	60	-	-	диф. залік 2с
Заочна	2	90 / 3	6	-	4	80	--	-	диф. залік 2с

Індекс: НДФ - 1 – G9 / 25 -1.3.4

Індекс: НДФ - 1 – G9з / 25 -1.3.4

СМЯ КАІ РП 1.07.02-01-2025

Handwritten signature or mark.

 Київський авіаційний інститут	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Обладнання і методи трибологічних досліджень»	Шифр документа	СМЯ КАІ РП 1.07.02-01-2025
стор. 2 з 14			

Робочу програму навчальної дисципліни «Обладнання і методи трибологічних досліджень» розроблено на основі освітньої програми та навчальних планів № НДФ - 1 - G9 / 25, № НДФ - 1 - G9з / 25 підготовки здобувачів вищої освіти освітнього ступеня доктора філософії за спеціальністю G9 «Прикладна механіка», освітньо-наукова програма «Прикладна механіка» та відповідних нормативних документів.

Робочу програму розробив:
 доцент кафедри прикладної
 механіки та інженерії матеріалів



Анатолій КОРНІШЕНКО

Робочу програму обговорено та схвалено на засіданні випускової кафедри спеціальності G9 «Прикладна механіка» (освітньо-наукова програма «Прикладна механіка») – кафедри прикладної механіки та інженерії матеріалів, протокол № 10 від «27» 05 2025 р.

Завідувач кафедри



Оксана МІКОСЯНЧИК

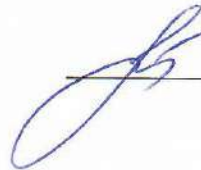
Гарант освітньо-наукової програми



Оксана МІКОСЯНЧИК

Робочу програму обговорено та схвалено на засіданні науково-методично-редакційної ради Аерокосмічного факультету, протокол № 5 від «29» 05 2025 р.

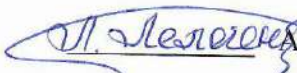
Голова НМРР



Катерина БАЛАЛАЄВА

УЗГОДЖЕНО

Завідувач аспірантури та докторантури



Анжела ЛЕЛЕЧЕНКО

«01» 09 2025 р

Рівень документа – 3б

Плановий термін між ревізіями – 1 рік

Контрольний примірник

 ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «КИЇВСЬКИЙ АВІАЦІЙНИЙ ІНСТИТУТ»	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Обладнання і методи трибологічних досліджень»	Шифр документа	СМЯ КАІ РП 1.07.02-01-2025 стор. 3 з 15
--	--	-------------------	---

ЗМІСТ

	Сторінка
Вступ	4
1. Пояснювальна записка.....	4
1.1. Місце, мета, завдання навчальної дисципліни.....	4
1.2. Результати навчання.....	4
1.3. Компетентності.....	5
1.4. Міждисциплінарні зв'язки	5
2. Програма навчальної дисципліни	5
2.1. Зміст навчальної дисципліни.....	5
2.2. Структурування та інтегровані вимоги.....	5
2.3. Тематичний план	7
2.4. Перелік питань для підготовки до диференційованого заліку (ЗФН)	7
3. Навчально-методичні матеріали з дисципліни.....	9
3.1. Методи навчання.....	9
3.2. Рекомендована література (базова і допоміжна).....	9
3.3. Інформаційні ресурси в інтернеті.....	10
4. Рейтингова система оцінювання набутих студентом знань та вмінь	11
Аркуш поширення	

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Обладнання і методи трибологічних досліджень»	Шифр документа	СМЯ КАІ РП 1.07.02-01-2025 стор. 4 з 15
--	--	-------------------	---

ВСТУП

Робоча програма (РП) навчальної дисципліни «Обладнання і методи трибологічних досліджень» розробляється на основі «Методичних рекомендацій щодо розроблення робочих програм навчальних дисциплін з підготовки здобувачів ступеня доктора філософії», затверджених наказом ректора від 01.06.2021 № 321/од, та відповідних нормативних документів.

1. ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

1.1. Місце, мета, завдання навчальної дисципліни

Дана дисципліна є теоретичною і практичною основою сукупності знань та вмінь, що формують науковий профіль фахівця в області трибології і трибологічних досліджень; поглиблюють і розширюють компетентності пов'язані з формуванням новітніх методик трибологічних досліджень, навиків роботи з триботестерами; опанування методами дослідження стану поверхонь тертя та оцінки властивостей тонких поверхневих шарів матеріалів трибопари.

Метою викладання дисципліни є надбання здобувачами необхідних знань щодо методів досліджень матеріалів триботехнічного призначення, фізико-хімічних методів дослідження поверхонь тертя, загальних принципів будови трибометрів та іншого обладнання для трибологічних досліджень, розробки та реалізації програми трибологічних досліджень.

Завданнями вивчення навчальної дисципліни є:

- оволодіння основними поняттями про будову, структуру поверхні тертя;
- оволодіння основними поняттями будову і призначення трибометрів;
- оволодіння знаннями щодо методів нагрівання зони тертя під час досліджень;
- оволодіння знаннями щодо принципів організації системи охолодження для кріогенних досліджень;
- оволодіння знаннями щодо трибологічних випробувань мастильних матеріалів;
- оволодіння знаннями щодо визначення фізичних і хімічних властивостей поверхонь тертя;
- оволодіння знаннями щодо трибологічних випробувань мастильних матеріалів;

1.2. Результати навчання, які дає можливість досягти навчальна дисципліна.

Дана дисципліна дозволяє надати аспірантам теоретичні знання та сформувані у них практичні уміння і навички:

- мати передові концептуальні та методологічні знання з прикладної механіки, трибології та трибологічного матеріалознавства і на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень з відповідного напрямку, отримання нових знань та / або здійснення інновацій. **(РН01).**
- планувати і виконувати експериментальні та / або теоретичні дослідження з механічної інженерії, трибології та дотичних міждисциплінарних напрямів з використанням сучасних інструментів, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми, застосовувати сучасні методи наукометрії та лідерство під час реалізації наукових проєктів. **(РН05).**
- знати загальні принципи трибології та застосовувати їх у власних дослідженнях у сфері тертя та зношування в машинах та у викладацькій практиці. **(РН08).**
- знати та розуміти будову металів та неметалів, методи модифікації їх властивостей, призначати оптимальні матеріали для деталей та вузлів загального призначення і деталей авіаційної техніки з урахуванням їх структури, фізичних, механічних, хімічних та експлуатаційних властивостей, а також економічних факторів **(РН11);**

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Обладнання і методи трибологічних досліджень»	Шифр документа	СМЯ КАІ РП 1.07.02-01-2025 стор. 5 з 15
--	--	----------------	---

- - вміти обґрунтовано призначати клас фрикційних, антифрикційних, зносостійких триботехнічних матеріалів для деталей та вузлів загального призначення і деталей авіаційної техніки. Знати методи інженерії поверхні для підвищення триботехнічних властивостей матеріалів, їх роль в використанні раціональних моделей споживання і виробництва усього їх життєвого циклу відповідно до погоджених міжнародних принципів (Ціль 11 сталого розвитку) (PH12);

- - вміти експериментально визначати фізико-хімічні, реологічні та триботехнічні характеристики мастильних матеріалів для деталей та вузлів загального призначення і деталей авіаційної техніки, оцінювати значимість експериментальних даних, обирати мастильний матеріал з оптимальними експлуатаційними властивостями (PH13);

- - вміти проводити дослідження та застосовувати існуючі технічні засоби і математичні методи щодо оцінки триботехнічних характеристик матеріалів (PH14);

- - вміти проводити оцінку впливу експлуатаційних факторів і робочих середовищ на довговічність деталей та вузлів загального призначення і деталей авіаційної техніки на основі новітніх знань в галузі механіки та суміжних предметних галузей, застосовувати експериментальні методи оцінки параметрів, що характеризують зміни у структурі матеріалів та виробів під час їх експлуатації (PH15);

- - володіти експериментальними методами та інструментальними засобами оцінки напружено-деформованого стану модифікованих поверхонь та конструкцій (PH16);.

1.3. Компетентності, які дає можливість здобути навчальна дисципліна.

У результаті вивчення навчальної дисципліни аспірант повинен набути наступні фахові компетентності:

- здатність розв'язувати комплексні проблеми в галузі професійної та / або дослідницько-інноваційної діяльності у сфері прикладної механіки, машинознавства та трибології, що передбачає глибоке переосмислення наявних та створення нових цілісних знань та / або професійної практики (ІК);

- здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел (ЗК02);

- здатність застосовувати сучасні інформаційні технології, бази даних та інші електронні ресурси, спеціалізоване програмне забезпечення у науковій та навчальній діяльності (СК03).

- здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми дослідницького характеру відповідно до сучасного наукового дискурсу в області механіки та трибології, моделювати об'єкти досліджень з металевих та композиційних матеріалів, математично обробляти дані, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень. (СК05).

- здатність планувати експериментальні дослідження, здійснювати випробування трибоелементів, аналізувати масиви наукових даних, інтерпретувати результати натурних або модельних експериментів, знаходити рішення, які дозволять розв'язати поставлені наукові чи/або прикладні завдання; розробляти теоретичні і практичні рекомендації щодо вибору матеріалів і реалізації режиму роботи трибосистеми (СК9).

- здатність розробляти нові і вдосконалювати наявні зносостійкі системи засобами прикладної механіки та суміжних предметних галузей та знаходити відповідні рішення для забезпечення заданого рівня надійності конструкцій і процесів, в тому числі і за наявності деякої невизначеності. (СК11).

1.4. Міждисциплінарні зв'язки: дана дисципліна базується на знаннях таких дисциплін, як «Проектне та економічне забезпечення наукових досліджень», «Триботехніка та надійність машин» та є базовою для вивчення вибіркових дисциплін, проведення науково-дослідної роботи і оформлення дисертації аспірантом.

2. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Обладнання і методи трибологічних досліджень»	Шифр документа	СМЯ КАІ РП 1.07.02-01-2025
		стор. 6 з 15	

2.1. Зміст навчальної дисципліни

Навчальний матеріал дисципліни є логічно завершеною, самостійною, цілісною частиною навчального плану, засвоєння якої передбачає проведення семестрової контрольної роботи та аналіз результатів її виконання.

2.2. Структурування та інтегровані вимоги

У результаті засвоєння навчального матеріалу «Обладнання і методи трибологічних досліджень» здобувач повинен:

Знати:

- актуальні теоретичні та експериментальні напрями наукових досліджень в прикладній механіці;
- види науково-дослідних робіт, їх особливості;
- загальні характеристики методів наукових досліджень;
- план проведення теоретичних та експериментальних досліджень; - методологію підготовки та проведення експерименту;
- методи обробки та представлення результатів теоретичних та експериментальних досліджень;

Вміти:

- самостійно проводити топографічний аналіз поверхонь тертя з метою визначення провідних процесів, що перебігають на них у процесі фрикційної взаємодії;
- самостійно використовувати доступні і конструювати нові методи нагрівання і контролю температури в зоні тертя;
- самостійно використовувати апаратні методи для визначення коефіцієнтів тертя спряжених поверхонь; –самостійно визначати фізико-механічні характеристики тонких поверхневих шарів, визначати їх товщину;
- самостійно розв'язувати комплексні завдання пов'язані з вибором необхідного обладнання і вибору методик для проведення заданих трибологічних досліджень;
- самостійно аналізувати отримані дані трибологічних досліджень та оцінки їх обґрунтованості і доказовості.

Тема 1. Визначення величини зносу деталей. Номінальна, контурна і фактична площі контакту. Знос, зносостійкість і інтенсивність зношування матеріалу. Критерії максимального граничного зносу. Способи підвищення зносостійкості деталей.

Тема 2. Машина тертя за схемою вал-колодка (М22, 2070-СМТ1.) Загальна характеристика машини М22. Конструкція машини тертя М22. Схеми тертя і діапазон робочих навантажень. Модернізована машина тертя 2070-СМТ1. Конструкція машини 2070-СМТ1. Схеми тертя вал-вал, вал-циліндр, вал-вкладиш, вал-поверхня. Система подавання мастильного матеріалу в зону тертя. Тертя з проковзуванням. Тертя кочення. Діапазон робочих навантажень.

Тема 3. Установка для дослідження фретинг-зношування МФК-1. Конструкція установки. Схема навантаження. Робочі діапазони навантаження. Інструментальні способи визначення амплітуди проковзування. Методика визначення лінійного зношування зразків. Конструкція модифікованої установки МФК-1. Модифікація зразків для випробувань на установці МФК-1. Конструкція системи нагрівання. Контроль температури. Калібрування нагрівального приладу. Характеристика режимів навантаження при фретинг-втомі. Схеми нанесення фретингпошкодження. Попереднє та «in-line» нанесення фретинг-пошкодження. Оцінювання фретингвтомної стійкості матеріалів.

Тема 4. Стандартизовані машини тертя за схемою pin-on-disk. Переваги і недоліки способу. Розміри зразків і граничні режими навантаження. Оцінка зносостійкості – лінійне і

 ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «КИЇВСЬКИЙ АВІАЦІЙНИЙ ІНСТИТУТ»	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Обладнання і методи трибологічних досліджень»	Шифр документа	СМЯ КAU РП 1.07.02-01-2025
		стор. 7 з 15	

масове зношування. Конструкція установки. Конструкція і робочі діапазони нагрівального пристрою. Вимірювання величини зношування. Аналізатор газів і уловлювач пилоподібних частинок зношування. Вимірювання температури. Комп'ютеризовані установки T11 I Anton Paar.

Тема 5. Установки для досліджень в умовах кавітації. Призначення випробувань. Ультразвукові генератори. Випробування в динамічному потоці рідини. Кавітаційно-ерозійний тунель. Конструкція і призначення установок. Режими випробувань. Оцінювання величини кавітаційного зношування.

Тема 6. Випробування в умовах абразивного зношування. Конструкція і призначення машини. Робочі діапазони навантаження. Система подачі абразивного матеріалу. Вимірювання величини зношування. Вплив розміру і природи абразиву на результат трибовипробувань.

Тема 7. Чотирикулькова машина тертя. Загальні принципи випробування мастильних матеріалів. Конструкція і призначення машини. Визначення максимального навантаження перед зварюванням кульок. Визначення зношування матеріалів у чотирикульковій схемі.

Тема 8. Застосування оптичних, електронних і атомно-силових мікроскопів у трибології. Підготовка мікрошліфів. Травлення. Кількісні показники якості поверхні тертя. Дослідження спектрів випромінювань і визначення елементного складу поверхні тертя. Побудова зображень на атомно-силовому мікроскопі. Визначення нанокоефіцієнта тертя.

Тема 9. Застосування профілометрів, наноіндентометрів. Загальні принципи будови профілометрів. Визначення геометрії поверхні зношування. Побудова 3D моделі поверхні тертя. Визначення середнього лінійного і об'ємного зношування. Визначення мікродюрометричних характеристик. Визначення механічних характеристик елементів поверхні тертя методом наноіндентування.

Тема 10. Дослідження структурно-фазового стану поверхні тертя. Рентгеноструктурний аналіз. Рентгено-фазовий аналіз. Рамман-спектроскопія. Рентгенівські дифрактометри типу «Дрон». Вторинна іонна маспектрометрія SIMS. Рентгенівська фотоелектронна спектроскопія XPS Ознаки абразивного зношування. Ознаки окислювального зношування. Ознаки втомного руйнування. Ознаки пластичного деформування. Комбіновані види зношування.

2.3. Тематичний план

№ п/п	Назва теми	Обсяг навчальних занять (год.)							
		Очна форма навчання				Заочна форма навчання			
		Усього	Лекції	Лаб. заняття	СР	Усього	Лекції	Лаб. заняття	СР
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
«Обладнання і методи трибологічних досліджень»									
1.1	Визначення величини зносу деталей	2 семестр				2 семестр			
		9	2	2	6	9	2	-	7
1.2	Машина тертя за схемою вал-колодка (M22, 2070-CMT1.)	8	-	2	5	7	-	-	7
1.3	Установка для дослідження фретингзношування МФК-1.	10	2	2	6	7	-	-	7
1.4	Стандартизовані машини тертя за схемою pin-on-disk.	7	2	-	5	7	-	-	7

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Обладнання і методи трибологічних досліджень»	Шифр документа	СМЯ КАІ РП 1.07.02-01-2025
		стор. 8 з 15	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.5	Установки для досліджень в умовах кавітації.	8	-	2	6	7	-	-	7
1.6	Випробування в умовах абразивного зношування.	7	-	2	5	9	-	2	7
1.7	Чотирикулькова машина тертя.	8	-	2	6	7	-	-	7
1.8	Застосування оптичних, електронних і атомно-силових мікроскопів у трибології.	9	2	2	5	9	2	-	7
1.9	Застосування профілометрів, наноіндентометрів.	10	2	2	6	9	2	-	7
1.10	Дослідження структурно-фазового стану поверхні тертя.	7	-	2	5	7	-	-	7
1.11	Підсумкова семестрова контрольна робота	7	-	2	5	12	-	2	10
Усього за навчальною дисципліною		90	10	20	60	90	6	4	80

2.4. Перелік питань для підготовки до семестрової контрольної роботи.

Перелік питань та зміст завдань для підготовки до диференційного заліку розробляються провідними викладачами, затверджуються протоколом засідання кафедри та доводяться до відома аспірантів:

1. Які основні фактори впливають на процес абразивного зношування матеріалів?
2. Які методи використовуються для вимірювання абразивного зношування матеріалів?
3. Які існують методи зменшення впливу абразивного зношування на деталі вузлів тертя?
4. Які методи вимірювання шорсткості поверхні тертя використовуються в трибології?
5. Як впливає шорсткість поверхні тертя на трибологічні властивості матеріалів?
6. Які фактори можуть спричинити зміну шорсткості поверхні тертя?
7. Як шорсткість поверхні тертя пов'язана з коефіцієнтом тертя?
8. Як впливає шорсткість поверхні тертя на ефективність мастильних матеріалів та змащувальних речовин?
9. Зазначте як мікрогеометричні параметри поверхонь тертя впливають на фактичну площу контакту.
10. Охарактеризуйте вплив навантаження, температури, гідродинамічного та граничного режимів мащення на формування рівноважної шорсткості контактних поверхонь.
11. Проаналізуйте та порівняйте вплив двох видів обробки поверхні на формування її технологічної шорсткості. Оцініть мікрогеометричні параметри поверхні для кожного виду обробки.
12. Опишіть лабораторну установку СМТ-1 2070.
13. Як визначати температуру в зоні тертя?
14. Як впливає температура на триботехнічні характеристики матеріалів під час тертя ковзання?
15. Які основні види зносу виникають при терті ковзання матеріалів?
16. Які методи можна використовувати для зменшення тертя та зносу в механічних системах?
17. Як впливає швидкість ковзання на знос матеріалів та їхню триботехнічну ефективність?
18. За яких умов виникає фретинг-корозія?
19. Які фактори впливають на триботехнічні характеристики матеріалів в умовах фретинг-корозії?
20. Чим відрізняється механізм фретинг-корозії в порівнянні з іншими видами трибологічного зносу?

 ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «КИЇВСЬКИЙ АВІАЦІЙНИЙ ІНСТИТУТ»	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Обладнання і методи трибологічних досліджень»	Шифр документа	СМЯ КАІ РП 1.07.02-01-2025
стор. 9 з 15			

21. Чим небезпечне явище фретинг-корозії?
22. Які методи можна використовувати для захисту від фретинг -корозії?
23. Як впливає середовище на триботехнічні властивості матеріалів у випадку фретинг-корозії?
24. Які переваги мають полімерні матеріали у порівнянні з металевими?
25. Які фактори впливають на триботехнічні характеристики полімерів?
26. Як впливає температура на триботехнічні характеристики полімерів?
27. Як впливає структура полімеру на його триботехнічні властивості?
28. Які основні механізми зносу спостерігаються при трибологічних випробуваннях полімерів?
29. Які фактори можуть впливати на зміну триботехнічних характеристик полімерів з часом?
30. Які види мастильних матеріалів використовуються в різних режимах мащення, і що визначає їх вибір?
31. Які методи дозволяють ефективно контролювати режими мащення під час експлуатації?
32. Які чинники впливають на зниження зносу та підвищення ефективності мащення?
33. Які технології мащення застосовуються для високих температур або агресивних середовищ?
34. Що таке відносна зносостійкість?
35. Які основні фактори впливають на процес абразивного зношування матеріалів?
36. Охарактеризуйте діаграму Хрушова – Бабічева.
37. Зносостійкість матеріалу в залежності від співвідношення твердостей абразиву та матеріалу.
38. Вплив розміру та форми абразивних часток на величину зносу.
39. На чому заснований метод визначення мікротвердості та у чому відмінність методу визначення мікротвердості від інших методів визначення твердості?
40. Як змінюються механічні властивості поверхні тертя за глибиною?
41. Умови випробування на мікротвердість (характеристика інденторів, навантаження, підготовка поверхні).
42. Які основні фактори впливають на мікротвердість поверхні тертя?
43. Як впливає структура матеріалу на його мікротвердість?
44. Порядок визначення мікротвердості за допомогою ПМТ-3.
45. Які методи можуть бути використані для підвищення мікротвердості?
46. Зазначте типи дефектів в приповерхневих шарах при терті.
47. Охарактеризуйте адгезійну та когезійну міцність зв'язків. За яких умов реалізується зовнішнє тертя?
48. Зазначте як впливає ступінь проковзування при терті кочення з проковзуванням на глибину розповсюдження пружно-пластичних деформацій?
49. Опишіть механізм утворення «derbis-шару» при терті.
50. Зазначте які зміни елементного складу проявляються в приповерхневих шарах металу при терті.

3. НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ З ДИСЦИПЛІНИ

3.1. Методи навчання

При вивченні навчальної дисципліни використовуються наступні методи навчання:

- пояснювально-ілюстративний метод;
- метод проблемного викладу;
- репродуктивний метод;

 ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «КИЇВСЬКИЙ АВІАЦІЙНИЙ ІНСТИТУТ»	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Обладнання і методи трибологічних досліджень»	Шифр документа	СМЯ КАІ РП 1.07.02-01-2025 стор. 10 з 15
--	--	-------------------	--

– дослідницький метод.

Реалізація цих методів здійснюється при проведенні лекцій, демонстрацій, самостійному вирішенні задач, роботі з навчальною літературою, аналізі та вирішенні задач з оцінки триботехнічних властивостей фрикційного контакту та прогнозування його надійності.

3.2. Рекомендована література

Базова література

3.2.1. О.О. Мікосянчик, А.А. Корнієнко, С.В. Федорчук Обладнання і методи трибологічних досліджень. Лабораторний практикум для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня доктора філософії 131 «Прикладна механіка». К. НАУ, 2024. – 56с.

3.2.2. Триботехніка і надійність машин: навчальний посібник / Ю. О. Харламов, О. В. Романченко, В. І. Соколов, О. С. Кроль, О. В. Єпіфанова. – Сєвєродонецьк: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2021. – 184 с

3.2.3. Технологічне забезпечення зносостійкості деталей трибомеханічних систем дискретними поверхнями: монографія / М.В. Кіндрачук, В.Є. Марчук, О.І. Духота, О.В. Радіоненко.- К.: НАУ, 2020. – 204 с.

3.2.4. Вітенько Т.М., Кравець О.І. Методичний посібник до виконання лабораторних робіт з курсу "Основи тертя і зношування машин". Тернопіль: ТНТУ, 2021. 65 с.

3.2.5. Технологічні методи забезпечення параметрів якості поверхонь тіл обертання та їх профілометричний контроль / В.О. Дзюра, П.О. Марущак. – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2021. – 170 с.

3.2.6. О.У. Стельмах, Р.Є. Костюнік, В.А. Радзівський та ін. Методологія визначення трибологічно ефективних гібридних пар тертя кочення «кераміка-сталь» в різних умовах змащування. Міжвузівський збірник «НАУКОВІ НОТАТКИ». Луцьк, 2022 №73. С.243-258.

Допоміжна література

3.2.7. New tribological ways. [Електронний ресурс]. Edited by Tahar Ghrib. Intech, 2011. – 516p. <http://www.intechopen.com/books/new-tribological-ways>

3.2.8. Tribology - Fundamentals and Advancements. [Електронний ресурс] Edited by Jurgen Gegner. Intech, 2013. – 330с. <http://www.intechopen.com/books/tribology-fundamentals-andadvancements>

3.2.9. К.-Н. Kim et al. (eds.). Advanced experimental and numerical techniques for cavitation erosion prediction, fluid mechanics and its applications. [Електронний ресурс] DOI: 10.1007/978-94-017-8539-6_2, Springer Science+Business Media Dordrecht 2014. <http://www.springer.com/us/book/9789401785389>

3.2.10. Design of a tribometer retrofitted onto a computer numerical controlled machining center for rock drilling studies. [Електронний ресурс] An Undergraduate Research Scholars Thesis. Derek Bahner <http://oaktrust.library.tamu.edu/bitstream/handle/1969.1/154544/BAHNER-THESIS2015.pdf?sequence=1>

3.2.11. Чернець М. В. Дослідження механізмів та триботехнічних систем / М. В. Чернець, Ю. Ю. Скварок, М. Опеляк, Б. І. Кіндрацький. – Під заг. ред. М. В. Чернеця. – Дрогобич: Коло, 2003. – 440 с.

3.2.12. Advanced Aspects of Spectroscopy [Електронний ресурс] Edited by Muhammad Akhyar Farrukh, ISBN 978-953-51-0715-6, 548 pages, Publisher: InTech, 2012. <http://www.intechopen.com/books/advanced-aspects-of-spectroscopy>

3.3. Інформаційні ресурси в Інтернеті

3.3.1. Cryogenic tribotester [Електронний ресурс] https://www.utwente.nl/en/mechlab/mechanical_characterization/friction_and_wear/cryogenictribotester.whlink/

3.3.2. Bazanini G. Cavitation erosion wear of metallic specimens using the new compact rotating

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Обладнання і методи трибологічних досліджень»	Шифр документа	СМЯ КАІ РП 1.07.02-01-2025
		стор. 11 з 15	

disk device / G. Bazanini, J. D. Bressan, and M. A. Klemz // Engenharia Térmica (Thermal Engineering), Vol. 7 No 01 2008, • p. 31-36 [Електронний ресурс]
http://servidor.demec.ufpr.br/reterm/ed_ant/13/artigo/tecnologia/5-155.pdf

3.3.3. Encyclopedia of Lubricants and lubrication <https://doi.org/10.1007/978-3-642-22647-2>

3.3.4. Encyclopedia of tribology <https://doi.org/10.1007/978-0-387-92897-5>

 ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «КИЇВСЬКИЙ АВІАЦІЙНИЙ ІНСТИТУТ»	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Обладнання і методи трибологічних досліджень»	Шифр документа	СМЯ КАІ РП 1.07.02-01-2025
		стор. 12 з 15	

4. РЕЙТИНГОВА СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ НАБУТИХ АСПІРАНТОМ ЗНАНЬ ТА ВМІНЬ.

4.1. Оцінювання окремих видів виконаної аспірантом навчальної роботи здійснюється в балах відповідно до табл.4.1.

Таблиця 4.1

	Максимальна кількість балів	
	Очна форма навчання	Заочна форма навчання
Вид навчальної роботи	2 семестр	2 семестр
Виконання завдань на практичних заняттях	46×10=40 (сумарна)	106×2 = 20 (сумарна)
Виконання завдань на знання теоретичного матеріалу	36×5=20 (сумарна)	96×2=18 (сумарна)
Для допуску до виконання семестрової контрольної роботи аспірант має набрати не менше	32	-
Підсумкова семестрова контрольна робота	22	22
Диференційований залік	12	40
Усього за дисципліною	100	

4.2. Виконані види навчальної роботи зараховуються аспіранту, якщо він отримав за них позитивну рейтингову оцінку (Додаток 1).

4.3. Сума рейтингових оцінок, отриманих аспірантом за окремі види виконаної навчальної роботи, становить поточну рейтингову оцінку, яка заноситься до відомості семестрового контролю.

4.4. Підсумкова семестрова рейтингова оцінка в балах, за національною шкалою та шкалою ECTS (Додаток 2) заноситься до заліково-екзаменаційної відомості, індивідуального плану аспіранта, академічної довідки.

4.5. Підсумкова семестрова рейтингова оцінка заноситься до індивідуального плану аспіранта, наприклад, так: **92/Відм./А, 87/Добре/В, 79/Добре/С, 68/Задов./D, 65/Задов./Е** тощо.

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Обладнання і методи трибологічних досліджень»	Шифр документа	СМЯ KAI РП 1.07.02-01-2025
		стор. 13 з 15	

Додаток 1

Відповідність оцінок у балах оцінкам за національною шкалою (рекомендовані значення)

Оцінка в балах													Оцінка за національною шкалою
3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
3	4	5	6	7	8	9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	Відмінно
2,5	3	4	5	6	7-8	8-9	8	9	9-10	10-11	11-12	12-13	Добре
2	2,5	3	4	4-5	6	7	6-7	7-8	8	8-9	9-10	10-11	Задовільно

Оцінка в балах													Оцінка за національною шкалою
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27		
15-16	16-17	17-18	17-19	18-20	19-21	20-22	21-23	22-24	23-25	24-26	25-27		Відмінно
12-14	13-15	14-16	15-16	15-17	16-18	17-19	18-20	18-20	19-22	20-23	20-24		Добре
10-11	10-12	11-13	12-14	12-14	13-15	13-16	14-17	15-17	15-18	16-19	16-19		Задовільно

Оцінка в балах													Оцінка за національною шкалою
28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39		
26-28	26-29	27-30	28-31	29-32	30-33	31-34	32-35	33-36	34-37	34-38	35-39		Відмінно
21-25	22-25	23-26	23-27	24-28	25-29	26-30	27-31	27-32	28-33	29-33	29-34		Добре
17-20	18-21	18-22	19-22	19-23	20-24	20-25	21-26	22-26	22-27	23-28	24-28		Задовільно
Оцінка в балах													Оцінка за національною шкалою
40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51		
36-40	37-41	38-42	39-43	40-44	41-45	42-46	43-47	43-48	44-49	45-50	46-51		Відмінно
30-35	31-36	32-37	32-38	33-39	34-40	35-41	35-42	36-42	37-43	38-44	38-44		Добре
24-29	25-30	25-31	26-31	27-32	27-33	28-34	28-34	29-35	30-36	30-37	31-37		Задовільно
Оцінка в балах													Оцінка за національною шкалою
52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63		
47-52	48-53	49-54	50-55	51-56	51-57	52-58	53-59	54-60	55-61	56-62	57-63		Відмінно
39-46	40-47	41-48	41-49	42-50	43-50	44-51	44-52	45-53	46-54	47-55	47-56		Добре
31-38	32-39	32-40	33-40	34-41	34-42	35-43	36-43	36-44	37-45	37-46	38-46		Задовільно

Оцінка в балах													Оцінка за національною шкалою
64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75		
58-64	59-65	60-66	60-67	61-68	62-69	63-70	64-71	65-72	66-73	67-74	67-74		Відмінно
48-57	49-58	50-59	50-59	51-60	52-61	53-62	53-63	54-64	55-65	56-66	56-67		Добре
38-47	39-48	40-49	40-49	41-50	41-51	42-52	43-52	43-53	44-54	44-55	45-55		Задовільно

Оцінка в балах													Оцінка за національною шкалою
76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87		
68-76	69-77	70-78	71-79	72-80	73-81	74-82	75-83	76-84	77-85	77-86	78-87		Відмінно
57-67	58-68	59-69	59-70	60-71	61-72	62-73	62-74	63-75	64-76	65-76	65-77		Добре
46-56	46-57	47-58	47-58	48-59	49-60	49-61	50-61	50-62	51-63	52-64	52-64		Задовільно

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Обладнання і методи трибологічних досліджень»	Шифр документа	СМЯ КАІ РП 1.07.02-01-2025
		стор. 14 з 15	

Додаток 2

Відповідність підсумкової семестрової рейтингової оцінки в балах
оцінці за національною шкалою та шкалою ECTS

Оцінка в балах	Оцінка за національною шкалою	Оцінка за шкалою ECTS	
		Оцінка	Пояснення
90-100	Відмінно	A	Відмінно (відмінне виконання лише з незначною кількістю помилок)
82-89	Добре	B	Дуже добре (вище середнього рівня з кількома помилками)
75-81		C	Добре (в загальному вірне виконання з певною кількістю суттєвих помилок)
67-74	Задовільно	D	Задовільно (непогано, але зі значною кількістю недоліків)
60-66		E	Достатньо (виконання задовольняє мінімальним критеріям)
35-59	Незадовільно	FX	Незадовільно (з можливістю повторного складання)
1-34		F	Незадовільно (з обов'язковим повторним курсом)

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Обладнання і методи трибологічних досліджень»	Шифр документа	СМЯ КАІ РП 1.07.02-01-2025
		стор. 15 з 15	

(Ф 03.02 – 01)

АРКУШ ПОШИРЕННЯ ДОКУМЕНТА

№ прим.	Куди передано (підрозділ)	Дата видачі	П.І.Б. отримувача	Підпис отримувача	Примітки

(Ф 03.02 – 02)

АРКУШ ОЗНАЙОМЛЕННЯ З ДОКУМЕНТОМ

№ пор.	Прізвище ім'я по-батькові	Підпис ознайомленої особи	Дата ознайомлення	Примітки

(Ф 03.02 – 04)

АРКУШ РЕЄСТРАЦІЇ РЕВІЗІЇ

№ пор.	Прізвище ім'я по-батькові	Дата ревізії	Підпис	Висновок щодо адекватності

(Ф 03.02 – 03)

АРКУШ ОБЛІКУ ЗМІН

№ зміни	№ листа (сторінки)				Підпис особи, яка внесла зміну	Дата внесення зміни	Дата введення зміни
	Зміненого	Заміненого	Нового	Анульованого			

(Ф 03.02 – 32)

УЗГОДЖЕННЯ ЗМІН

	Підпис	Ініціали, прізвище	Посада	Дата
Розробник				
Узгоджено				
Узгоджено				
Узгоджено				