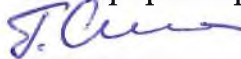


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний авіаційний університет
 Аерокосмічний факультет
 Кафедра прикладної механіки та інженерії матеріалів

ПОГОДЖЕНО

В.о. проректора з наукової роботи


 Сергій ГНАТЮК

« 10 » 09 2024 р.

УЗГОДЖЕНО

В.о. декана АКФ


 Святослав ЮЦКЕВИЧ

« 10 » 09 2024 р.

ЗАТВЕРДЖЕНО

Проректор з навчальної роботи


 Анатолій ПОЛУХІН

« 10 » 09 2024 р.



Система менеджменту якості

РОБОЧА ПРОГРАМА
навчальної дисципліни
«Триботехніка та надійність машин»

Галузь знань 13 Механічна інженерія

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

Освітньо-наукова програма: Прикладна механіка

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

Індекс: НДФ - 1 - 131 / 24 -1.3.2

Індекс: НДФ - 1 – 131з / 24 -1.3.2

СМЯ НАУ РП 07.07.01-01-2024

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Триботехніка та надійність машин»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 07.07.01-01-2024
		стор. 2 з 16	

Робочу програму навчальної дисципліни «Триботехніка та надійність машин» розроблено на основі освітньої програми та навчальних планів № НДФ - 1 - 131/24, № НДФ - 1 – 131з/24 підготовки здобувачів вищої освіти освітнього ступеня доктора філософії за спеціальністю 131 «Прикладна механіка», освітньо-наукова програма «Прикладна механіка» та відповідних нормативних документів.

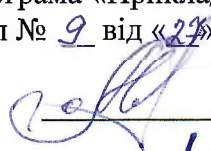
Робочу програму розробила:
завідувач кафедри прикладної
механіки та інженерії матеріалів



Оксана МІКОСЯНЧИК

Робочу програму обговорено та схвалено на засіданні випускової кафедри спеціальності 131 «Прикладна механіка» (освітньо-наукова програма «Прикладна механіка») – кафедри прикладної механіки та інженерії матеріалів, протокол № 9 від «29» травня 2024 р.

Завідувач кафедри



Оксана МІКОСЯНЧИК

Гарант освітньо-наукової програми



Мирослав КІНДРАЧУК

Робочу програму обговорено та схвалено на засіданні науково-методично-редакційної ради Аерокосмічного факультету, протокол № 10 від «29» 05 2024 р.

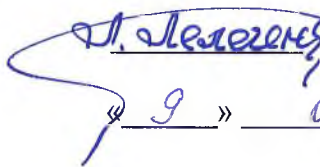
Голова НМРР



Катерина БАЛАЛАСВА

УЗГОДЖЕНО

Завідувач аспірантури та докторантури



Анжела ЛЕЛЕЧЕНКО

«9» 09 2024 р

Рівень документа – 3б

Плановий термін між ревізіями – 1 рік

Контрольний примірник

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Триботехніка та надійність машин»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 07.07.01-01-2024
		стор. 3 з 16	

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	6
2. Програма навчальної дисципліни	6
2.1. Зміст навчальної дисципліни.....	6
2.2. Структурування та інтегровані вимоги.....	7
2.3. Тематичний план	9
2.4. Перелік питань для підготовки до екзамену (ЗФН)	10
3. Навчально-методичні матеріали з дисципліни.....	11
3.1. Методи навчання.....	11
3.2. Рекомендована література (базова і допоміжна).....	11
3.3. Інформаційні ресурси в інтернеті.....	12
4. Рейтингова система оцінювання набутих студентом знань та вмінь	13
Аркуш поширення	

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Триботехніка та надійність машин»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 07.07.01-01-2024
		стор. 4 з 16	

ВСТУП

Робоча програма (РП) навчальної дисципліни «Триботехніка та надійність машин» 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 основою сукупності знань, що вдосконалюють і поглиблюють інженерну підготовку у фахівця галузі в області дослідження надійності та прогнозування ресурсу технічних систем; вирішення прикладних питань інтенсивності зношування матеріалів триботехнічного призначення та підвищення терміну їх експлуатації; вибору застосування триботехнічних матеріалів для деталей машин; формують комплексний підхід фахівця в галузі механічна інженерія з питань кінетики протікання процесів тертя та зношування в триботехнічних системах, оцінки надійності сучасних технічних систем, їх діагностики і аварійних ситуацій.

Метою викладання дисципліни є формування систематичних знань, умінь і навичок для здійснення професійно-наукової діяльності за спеціальністю з урахуванням основних положень теорії надійності технічних систем на основі оцінки їх надійності з урахуванням режимів експлуатації, ступеня зношування, інтенсивності відмов; формування навичок застосування на практиці основних положень теорії тертя та зношування щодо прогнозування надійності технічних систем, при експлуатації яких можлива імовірність виникнення відмов.

Завданнями вивчення навчальної дисципліни є:

- оволодіння методиками проведення експериментальних досліджень;
- оволодіння основними фізико-хімічними закономірностями, які протікають в фрикційному контакті;
- ознайомлення з основними поняттями та показниками надійності технічних систем, методами її моделювання та оцінки безвідмовної роботи машин та механізмів, комплексних показників надійності;
- опанування основними методами визначення триботехнічних параметрів вузла тертя, методиками розрахунково-аналітичних залежностей та регресійного аналізу масиву експериментальних даних;
- ознайомлення з заходами щодо вибору матеріалів триботехнічного призначення залежно від навантажувально-швидкісних та температурних чинників та опанування здатністю використовувати методи розрахунків елементів технологічного обладнання за критеріями працездатності і надійності.

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

Дана дисципліна дозволяє надати аспірантам теоретичні знання та сформувати 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 (**ПР01**);
- вільно презентувати та обговорювати з фахівцями і нефахівцями результати досліджень, наукові та прикладні проблеми щодо тертя та зношування в машинах, конструкції з композиційних матеріалів державною та іноземною мовами, кваліфіковано відображати резуль-

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Триботехніка та надійність машин»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 07.07.01-01-2024
		стор. 5 з 16	

тати досліджень у наукових публікаціях у провідних міжнародних наукових виданнях з використанням правил академічної доброчесності в наукових дослідженнях та науково-педагогічній діяльності (**ПР02**);

- формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень (опитувань, спостережень тощо) і математичного та / або комп'ютерного моделювання, наявні літературні дані (**ПР03**);

- розробляти та досліджувати концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі процесів і систем, ефективно використовувати їх для отримання нових знань та / або створення інноваційних продуктів у трибології, механіці композиційних конструкцій та дотичних міждисциплінарних напрямках (**ПР04**);

- планувати і виконувати експериментальні та / або теоретичні дослідження з трибології, оцінки міцнісних характеристик композиційних конструкцій 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 (**ПР05**);

- застосовувати сучасні інструменти і технології пошуку, оброблення та аналізу інформації, зокрема, статистичні методи аналізу даних великого обсягу та / або складної структури, спеціалізовані бази даних та інформаційні системи (**ПР06**);

- розробляти та реалізовувати наукові та / або інноваційні інженерні проєкти, які дають можливість переосмислити наявне та створити нове цілісне знання та / або професійну практику і розв'язувати значущі наукові та технологічні проблеми трибології та машинознавства з дотриманням норм академічної етики і врахуванням соціальних, економічних, екологічних та правових аспектів (**ПР07**);

- глибоко розуміти загальні принципи та методи трибології, а також методологію досліджень, застосовувати їх у власних дослідженнях у сфері тертя та зношування в машинах та у виладацькій практиці (**ПР08**);

- 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 (**ПР11**);

- 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 (**ПР12**);

- 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 (**ПР13**);

- вміти проводити дослідження та застосовувати існуючі технічні засоби і математичні методи щодо оцінки триботехнічних характеристик металевих сплавів та композиційних матеріалів (**ПР14**);

- бути обізнаними щодо 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 оцінювати параметри, що характеризують зміни у структурі матеріалів та виробів під час їх тривалої експлуатації (**ПР15**);

- володіти експериментальними методами та інструментальними засобами оцінки напружено-деформованого стану модифікованих поверхонь, функціональних зносостійких покриттів, композиційних конструкцій (**ПР16**).

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Триботехніка та надійність машин»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 07.07.01-01-2024
		стор. 6 з 16	

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 самостійно створювати нові наукові знання на основі аналізу вже існуючих та теоретичних чи практичних досліджень (**ЗК05**);
- здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання в галузі механіки, машинознавства та трибології та дотичних до них між-дисциплінарних напрямках та суміжних галузей (**СК01**);
- здатність усно і письмово презентувати та обговорювати результати наукових досліджень та / або інноваційних розробок українською та англійською мовами, глибоке розуміння англійських наукових текстів за напрямом досліджень (**СК02**);
- здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми дослідницького характеру відповідно до сучасного наукового дискурсу в сфері механіки та трибології, моделювати відповідні об'єкти досліджень, математично обробляти дані, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень (**СК05**);
- здатність планувати експериментальні дослідження, здійснювати випробування трибологічних елементів, аналізувати масиви наукових даних, інтерпретувати результати натурних або модельних експериментів, знаходити рішення, які дозволяють розв'язати поставлені наукові чи/або прикладні завдання; розробляти теоретичні і практичні рекомендації щодо вибору матеріалів і реалізації режиму роботи трибосистеми (**СК09**);
- здатність використовувати основні теорії і практики в галузі трибології, знання основних тенденцій та наукових проблем в області механіки руйнування, підвищення зносостійкості і надійності трибовузлів на усіх етапах життєвого циклу деталей та вузлів загального призначення і деталей авіаційної техніки (**СК10**);
- здатність розробляти нові і вдосконалювати наявні конструкції з композиційних матеріалів 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**);
- здатність розробляти заходи із діагностування та усунення несправностей і відмов конструктивних елементів з композиційних та традиційних матеріалів, аналізувати причини їх виникнення, розробляти і впроваджувати заходи щодо їх запобігання (**СК12**).

1.4. Міждисциплінарні зв'язки: дана дисципліна базується на знаннях дисциплін «Економічне забезпечення наукових досліджень», «Інформаційне забезпечення наукових досліджень», «Аналітичні та чисельні методи дослідження механічної інженерії», «Інженерія поверхні» та є базовою для вивчення навчальних дисциплін: «Діагностування та оцінка якості технічних систем», «Наукові та інноваційні завдання і проблеми прикладної механіки», вибіркового проведення науково-дослідної роботи і оформлення дисертації аспірантом.

2. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

2.1. Зміст навчальної дисципліни

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

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Триботехніка та надійність машин»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 07.07.01-01-2024
		стор. 7 з 16	

аналіз результатів її виконання.

2.2. Структурування та інтегровані вимоги

У результаті засвоєння навчального матеріалу «Триботехніка та надійність машин» здобувач повинен:

Знати:

- методики проведення експериментальних досліджень;
- основні фізико-хімічні закономірності, які протікають у фрикційному контакті;
- головні поняття та показники надійності технічних систем, методи її моделювання та оцінювання безвідмовної роботи машин та механізмів;
- основні методи визначення триботехнічних параметрів вузла тертя;
- заходи щодо вибору матеріалів триботехнічного призначення залежно від навантажувально-швидкісних та температурних чинників.

Вміти :

- самостійно розв'язувати комплексні проблеми в галузі дослідницько-інноваційної діяльності у сфері розроблення нових та вдосконалення існуючих методів і методик трибологічних досліджень і випробувань конструкційних матеріалів різного експлуатаційного призначення;
- самостійно аналізувати та пояснювати закономірності протікання фізико-хімічних процесів в фрикційному контакті;
- самостійно аналізувати масиви наукових даних щодо зносу та мікротвердості контактних поверхонь, режиму мащення трибосистеми, довговічності вузлів тертя, знаходити рішення, які дозволять розв'язати поставлені прикладні завдання щодо подовження ресурсу трибосистеми;
- демонструвати навички роботи з сучасним обладнанням при вимірюванні та обробці результатів досліджень, при розрахунку надійності технічних систем з урахуванням їх структури і старіння елементів;
- самостійно вміти аргументувати вибір методів розв'язування науково-прикладної задачі, критично оцінювати отримані результати та захищати прийняті рішення щодо розрахунків надійності і працездатності елементів технічних систем та вибору оптимального варіанту резервування з метою підвищення надійності технічних систем.

Тема 1. Актуальні завдання трибології і триботехніки.

Трибологічні системи. Місце і роль триботехніки в процесах виготовлення та експлуатації машин і устаткування. Уявлення про природу взаємодії тіл при терті. Контактна взаємодія твердих тіл при терті. Визначення сил і коефіцієнтів зовнішнього тертя. Метал та його поверхня.

Тема 2. Фізико-хімічні та експлуатаційні властивості мастильних матеріалів.

Функції мастильного матеріалу як конструкційного матеріалу вузла тертя. Антиокислювальні властивості. Антифрикційні властивості. Протизношувальні властивості. Антикорозійні властивості. В'язкісно-температурна крива і ефективність прокачування при низьких температурах (пускові властивості олив). Миючо-диспергуючі властивості. Нейтралізуючі властивості. Процеси вспилювання і випаровування для авіаційних, вакуумних олив, олив для гідромеханічних коробок передач та приладів. Деемульгуючі властивості. Біопошкодження олив. Базові оливи і вплив фракційного складу на їх фізико-хімічні і триботехнічні показники.

Дилатантні, ньютонівські, псевдопластичні, пластичні речовини. Градієнт швидкості зсуву. Напруження зсуву при терті та його локалізація при гідродинамічному та граничному режимах мащення. Механізм тертя при рідинному мащенні. Термомеханічна деструкція компонентів трансмісійних та моторних олив. Тиксотропна структура. Релаксація.

Механізм формування граничного змащувального шару компонентами мастильного матеріалу. Зміна реологічних і антифрикційних властивостей змащувального матеріалу в стаціонарних та нестаціонарних умовах тертя. Закономірності зношування конструкційних матеріалів

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Триботехніка та надійність машин»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 07.07.01-01-2024
		стор. 8 з 16	

при змащуванні вузла тертя мастильними матеріалами з поліфункціональними присадками та добавками.

Тема 3. Механізми зношування деталей і робочих органів машин в залежності від режимів експлуатації.

Кінетика руйнування поверхневого шару. Фактори, що впливають на зношування конструкційних матеріалів. Системний аналіз стосовно зміни основних триботехнічних параметрів вузлів тертя при експлуатації. Визначення основних триботехнічних показників. Випробувальна техніка для трибологічних досліджень. Класифікація видів зношування. Основні поняття і визначення. Теоретичні основи руйнування поверхонь тертя. Вимоги державних стандартів до якісних і кількісних характеристик зношування. Класифікація зносостійкості матеріалів триботехнічного призначення. Характеристика абразивного, гідроабразивного і кавітаційного зношування деталей і робочих органів машин. Втомне зношування. Корозійно-механічне зношування. Зношування при схоплюванні. Фреттинг-корозія. Водневе зношування. Зношування при вибіркового перенесенні.

Тема 4. Технологічні методи підвищення зносостійкості деталей вузлів тертя.

Вибір технологічного процесу. Формування оптимальної топографії поверхні. Обробка деталей поверхневим пластичним деформуванням. Нанесення захисного покриття. Опромінення потоками енергії високої густини. Термічна обробка робочих поверхонь деталей (поверхневе загартування). Хіміко-термічна обробка поверхонь. Гальванічні покриття поверхонь деталей. Електроіскрове легування та електродугове зміцнення поверхонь. Експлуатаційні методи. Обкатування машин та механізмів. Змащування вузлів тертя. Вибір режиму роботи і умов експлуатації. Інженерія поверхневих шарів триботехнічного призначення (встановлення закономірностей метастабільних фазових і структурних перетворень в металевих, керамічних системах з метою розробки основ структурної інженерії формування функціональних властивостей поверхневих шарів).

Тема 5. Триботехнічні конструкційні матеріали для деталей машин.

Вибір матеріалів трибосистем з урахуванням теорії сумісності. Металеві, порошкові композиційні, полімерні і металополімерні матеріали. Розташування матеріалів по твердості у парах тертя. Перспективні композиційні матеріали на основі інтерметалідів систем Ni-Al, Ni-Ti, Ti-Al, Fe-Al для захисту та відновлення деталей авіаційної, автомобільної та гідроенергетичної промисловості.

Тема 6. Надійність як комплексна властивість технічного стану об'єкта.

Надійність як комплексна властивість технічного стану об'єкта (приладу, пристрою, машини, системи). Абсолютні та відносні зміни показників якості технічної системи у часі. Задача надійності, пов'язана з прогнозуванням, на етапах проектуванні і розрахунку, при виготовленні (виробництві) та при експлуатації технічної системи. Система стандартів «надійність в техніці». Основні поняття, терміни та визначення властивостей надійності. Основні види технічного стану об'єктів: справний та несправний стани, роботоздатний та нероботоздатний стани, граничний стан. Поняття відмови, пошкодження та дефекту технічної системи. Номенклатура і класифікація показників надійності.

Тема 7. Показники надійності технічних систем.

Показники безвідмовності невідновлюваних об'єктів. Показники безвідмовності відновлюваних об'єктів. Показники безвідмовності: ймовірність безвідмовної роботи, інтенсивність відмов, середнє напрацювання до відмови; їх переваги та недоліки, особливості застосування, способи визначення показників. Показники довговічності. Показники ремонтпридатності. Показники збережуваності. Комплексні показники надійності (коефіцієнт технічного використання, коефіцієнт готовності та коефіцієнт оперативної готовності).

Тема 8. Надійність роботи об'єктів до першої відмови. Надійність відновлюваних об'єктів.

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Триботехніка та надійність машин»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 07.07.01-01-2024
		стор. 9 з 16	

Джерела і причини зміни вихідних параметрів об'єктів. Закони стану, старіння та перетворення, статистичні закони та перехідні процеси. Класифікація відмов. Поступові (зносні), раптові та складні відмови. Відмови функціонування та параметричні відмови. Фактичні та потенційні відмови. Допустимі та недопустимі відмови. Вплив трибологічних процесів на відмови технічних систем.

Тема 9. Основні математичні моделі оцінки надійності.

Нормальний розподіл (розподіл Гауса). Розподіл Вейбулла. Експоненціальний розподіл. Розподіл Релея. Критерії згоди.

Тема 10. Резервування як метод забезпечення надійності технічних систем.

Системи як об'єкт надійності і їх основні властивості. Розрахунок надійності систем з розчленованою структурою. Схема послідовного з'єднання елементів. Способи резервування об'єктів (загальне та роздільне резервування, постійне резервування та резервування заміщенням, облеглий резерв). Застосування резервування в технічних системах.

2.3. Тематичний план

№ п/п	Назва теми	Обсяг навчальних занять (год.)							
		Очна форма навчання				Заочна форма навчання			
		Усього	Лекції	Практ. заняття	СР	Усього	Лекції	Практ. заняття	СР
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
«Триботехніка та надійність машин»									
1.1	Актуальні завдання трибології і триботехніки.	2 семестр				2 семестр			
		8	-	2	6	7		-	7
1.2	Фізико-хімічні та експлуатаційні властивості мастильних матеріалів.	9	2	2	5	9	2	-	7
1.3	Механізми зношування деталей і робочих органів машин в залежності від режимів експлуатації.	10	2	2	6	9	-	2	7
1.4	Технологічні методи підвищення зносостійкості деталей вузлів тертя.	7	-	2	5	7	-	-	7
1.5	Триботехнічні конструкційні матеріали для деталей машин.	10	2	2	6	9	2	-	7
1.6	Надійність як комплексна властивість технічного стану об'єкта.	7	-	2	5	7	-	-	7
1.7	Показники надійності технічних систем.	10	2	2	6	9	2	-	7
1.8	Надійність роботи об'єктів до першої відмови. Надійність відновлюваних об'єктів.	7	-	2	5	7	-	-	7
1.9	Основні математичні моделі оцінки надійності.	8	2	-	6	7	-	-	7
1.10	Резервування як метод забезпечення надійності технічних систем.	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

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Триботехніка та надійність машин»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 07.07.01-01-2024
		стор. 10 з 16	

2.4. Перелік питань для підготовки до екзамену.

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

1. Охарактеризуйте показники якості технічної системи.
2. Наведіть приклад класифікації зміни властивостей і стану матеріалу.
3. Порівняйте переваги та недоліки постійного резервування та резервування заміщенням.
4. Зазначте основні задачі надійності технічних систем.
5. Доведіть імовірнісний характер змін процесу пошкодження металу.
6. Охарактеризуйте та наведіть приклади загального та роздільного резервування.
7. Зазначте механізм молекулярно-механічного (адгезійного) зношування.
8. Опишіть діаграму Герсі - Штрібека. Як оцінити режим мащення за зміною коефіцієнта тертя за діаграмою?
9. Охарактеризуйте терміни «адгезія» та «когезія». Наведіть приклади адгезійної та когезійної взаємодії конструкційних матеріалів при терті.
11. Зазначте основні складові надійності технічних систем.
11. Опишіть контактну взаємодію твердих тіл при терті. Охарактеризуйте методи визначення сил і коефіцієнтів зовнішнього тертя.
12. Зазначте способи резервування об'єктів.
13. Охарактеризуйте механізми захоплення при молекулярно-механічному зношуванні.
14. Доведіть актуальність інженерії поверхневих шарів матеріалів триботехнічного призначення.
15. Охарактеризуйте види тертя за кінематичною ознакою.
16. Охарактеризуйте основні види технічного стану об'єкту.
17. Зазначте закони старіння необоротних змін матеріалу.
18. Зазначте композиційні матеріали на основі інтерметалідів для захисту та відновлення деталей авіаційної техніки.
19. Охарактеризуйте залежність інтенсивності зношування від експлуатаційних чинників та зазначте види пошкодження контактних поверхонь при молекулярно-механічному зношуванні.
20. Опишіть гідродинамічний та еластогідродинамічний режими мащення.
21. Наведіть умови реалізації зовнішнього та внутрішнього тертя.
22. Охарактеризуйте механізми появи напруження зсуву при терті та поясніть закономірності його локалізації при гідродинамічному та граничному режимах мащення.
23. Охарактеризуйте закономірності, що призводять до поступових відмов об'єкту.
24. Зазначте вплив трибологічних процесів на відмови технічних систем.
25. Опишіть закономірності корозійно-механічного зношування циліндро-поршневої групи двигунів внутрішнього згоряння.
26. Вкажіть способи орієнтації молекул граничних шарів мастильного матеріалу на контактних поверхнях, зазначте типи граничних шарів.
27. Опишіть молекулярно-механічну теорію тертя.
28. Вкажіть узагальнені об'єкти, які розглядає наука про надійність.
29. Зазначте причини появи раптових відмов.
30. Опишіть умови появи ювенільної поверхні металів.
31. Зазначте які процеси домінують при фретинг-корозії.
32. Зазначте переваги та недоліки електроіскрового легування.
33. Наведіть класифікацію та зазначте експлуатаційні властивості мастильних матеріалів.
34. Опишіть реологічні властивості дилатантних, ньютонівських, псевдопластичних, пластичних речовин.
35. Зазначте причини виникнення відмов функціонування та параметричних відмов.
36. Опишіть умови застосування експоненціального розподілу випадкових величин.
37. Зазначте механізми зношування при вибіркового перенесенні.
38. Опишіть умови прояву граничного режиму мащення в трибологічному контакті.
39. Наведіть приклади функціональних присадок та зазначте механізм їх дії.

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Триботехніка та надійність машин»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 07.07.01-01-2024
		стор. 11 з 16	

40. Опишіть тиксотропну структуру мастил та наведіть приклади релаксації компонентів мастильних матеріалів при терті.
41. Зазначте комплексні показники надійності.
42. Охарактеризуйте розподіл Вейбулла.
43. Опишіть механізм абразивного зношування конструкційних матеріалів за умов впливу вільних та закріплених абразивних часток.
44. Охарактеризуйте структурні зміни поверхневих шарів металу при терті.
45. Охарактеризуйте фізико-хімічні властивості мастил.
46. Наведіть приклади та зазначте чинники, які сприяють формуванню оптимальної топографії поверхні при терті.
47. Зазначте види та умови прояву допустимих та недопустимих відмов.
48. Наведіть схему та опишіть формування відмови виробу при нормальному законі розподілу
49. Опишіть механізм втомного зношування контактних поверхонь.
50. Зазначте ефекти Ребіндера та опишіть механізми їх прояву.
51. Охарактеризуйте умови реалізації пластичної та пружної деформації матеріалів при терті.
52. Охарактеризувати терміни «роботоздатність» і «відмова».
53. Зазначте причини появи відмов об'єкту на стадії проектування, виготовлення, експлуатації.
54. Опишіть нормальний розподіл випадкової величини (розподіл Гауса).

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;
- 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. М.Ф. Дмитриченко, Р.Г. Мнацаканов, О.О. Мікосянчик Триботехніка та основи надійності машин: Навчальний посібник. – К.: Інформавтодр, 2006. 216 с.
- 3.2.2. Бойченко С.В., Топільницький П.І., Пушак А.П., Мікосянчик О.О. та ін. Пластичні мастила: властивості та якість: підручник; за заг. ред. С.В. Бойченка. Київ: Центр учбової літератури, 2021. 274 с.
- 3.2.3. Ю. О. Харламов, О. В. Романченко, В. І. Соколов, О. С. Кроль, О. В. Єпіфанова Триботехніка і надійність машин: навчальний посібник. – Сєвєродонецьк: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2021. 184 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. Триботехніка та основи надійності машин: практикум / уклад.: О.О. Мікосянчик., Р.Г. Мнацаканов, О.В. Харченко, О.А. Ільїна. – К.: НАУ, 2023. 102 с.

Допоміжна література

- 3.2.6. М.В. Кіндрачук, В.Ф. Лабунець, М.І. Пашечко, Є.В. Корбут Трибологія: підручник – Київ, видавництво Національного авіаційного університету “НАУ-друк”, 2009. 410 с
- 3.2.7. Закалов О.В., Закалов І.О. Основи тертя і зношування в машинах: Навчальний посібник. – Тернопіль: Видавництво ТНТУ ім. І.Пулюя, 2011. – 322 с.

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Триботехніка та надійність машин»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 07.07.01-01-2024
		стор. 12 з 16	

3.2.8. Холявко В. В. Фізичні властивості та методи дослідження матеріалів [текст]: Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів галузі знань 13 – Механічна інженерія спеціальності 132 – Матеріалознавство денної та заочної форм навчання / В. В. Холявко, І. А. Владимирський, О. О. Жабинська. – Київ: Центр учбової літератури, 2016. – 100 с.

3.2.9. Васілевський О.М., Поджаренко В.О. Нормування показників надійності технічних засобів: навчальний посібник / О.М. Васілевський, В.О. Поджаренко. – Вінниця: ВНТУ, 2010. – 129 с.

3.2.10. Парасюк В.І. Основи надійності технічних систем: навч. посібник до лаб. практикуму / В.І. Парасюк, А.В. Кондратьєв. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т «Харк. авіац. ін-т», 2010. – 72 с

3.3. Інформаційні ресурси в Інтернеті

3.3.1.

<https://er.nau.edu.ua/bitstream/NAU/35368/9/6%20%D0%9D%D0%B0%D0%B4%D1%96%D0%B9%D0%BD%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C.doc>

3.3.2. <http://vd.zntu.edu.ua/article/view/98301>

3.3.3. <http://www.tsatu.edu.ua/tstt/navchannja/dyscypliny/obovjazkovi/lekciji-z-dyscypliny-trybotehnika/>

3.3.4. https://www.ksv.biz.ua/publ/dstu/dstu_2823_94/3-1-0-1094

3.3.5. Методичні розробки кафедри (в електронному вигляді).

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Триботехніка та надійність машин»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 07.07.01-01-2024
		стор. 13 з 16	

4. РЕЙТИНГОВА СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ НАБУТИХ АСПІРАНТОМ ЗНАЙ 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	
	Денна 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)
<i>Для допуску до виконання семестрової контрольної роботи аспірант має набрати не менше</i>	32	-
<i>Підсумкова семестрова контрольна робота</i>	22	22
Екзамен	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 «Триботехніка та надійність машин»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 07.07.01-01-2024
		стор. 14 з 16	

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 «Триботехніка та надійність машин»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 07.07.01-01-2024
		стор. 15 з 16	

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 «Триботехніка та надійність машин»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 07.07.01-01-2024
		стор. 16 з 16	

(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				