

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова

МАШИНОБУДІВНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
КАФЕДРА ІНЖЕНЕРНОЇ МЕХАНІКИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ

ЗАТВЕРДЖЕНО



Проректор з науково-педагогічної
роботи

Сергій СЛОБОДЯН

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
Program of the Discipline

Триботехнологія та надійність механічних систем

Tribotechnology and reliability of mechanical systems

рівень вищої освіти	<u>бакалаврський</u>
тип дисципліни	<u>обов'язкова</u>
мова(и) викладання	<u>українська</u>

Освітня програма	«Технології створення механічних систем»
Спеціальність	G9 «Прикладна механіка»
Галузь знань	G «Інженерія, виробництво та будівництво»

Миколаїв 2025

Робоча програма навчальної дисципліни «Триботехнологія та надійність механічних систем» є однією із складових комплексної підготовки фахівців галузі знань G «Інженерія, виробництво та будівництво», спеціальності G9 «Прикладна механіка», освітня програма «Технології створення механічних систем»

"28" 04 2025 року. 23 с.

Розробник: Боду Світлана Жаківна, ст. викладач кафедри Інженерної механіки та технології машинобудування; Шумілов Олександр Павлович, к.т.н., доцент кафедри Інженерної механіки та технології машинобудування.

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Триботехнологія та надійність механічних систем» узгоджено з гарантом освітньої програми.

Гарант освітньої програми «Технології створення механічних систем» Новошицький Антон Володимирович, доцент кафедри Інженерної механіки та технології машинобудування, канд. техн. наук

Гарант освітньої програми

 Антон НОВОШИЦЬКИЙ

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Триботехнологія та надійність механічних систем» розглянуто на засіданні кафедри Інженерної механіки та технології машинобудування

Протокол № 10 від «28» 04 2025 р.

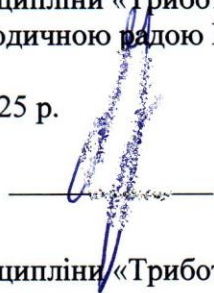
Завідувач кафедри

 Михайло ТКАЧ

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Триботехнологія та надійність механічних систем» розглянуто Навчально-методичною радою Машинобудівного навчально-наукового інституту

Протокол № 4 від «08» 05 2025 р.

Голова

 Сергій СЕРБІН

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Триботехнологія та надійність механічних систем» погоджено з навчальним відділом

Начальник навчального відділу

 Андрій ЛАБАРТКАВА

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Триботехнологія та надійність механічних систем» затверджено Навчально-методичною радою НУК

Протокол № 5 від «21» 05 2025 р.

Голова НМР НУК

 Сергій СЛОБОДЯН

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1. Опис навчальної дисципліни	5
2. Мета вивчення навчальної дисципліни	6
3. Передумови для вивчення дисципліни	6
4. Очікувані результати навчання.....	6
5. Програма навчальної дисципліни.....	6
Тематичний план навчальної дисципліни.....	8
Теми лабораторних робіт	9
6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування	9
7. Форми поточного та підсумкового контролю	9
8. Критерії оцінювання результатів навчання	12
9. Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачає навчальна дисципліна	13
10. Рекомендовані джерела інформації	13
11. Інформаційні ресурси в інтернет	14
ДОДАТОК	15
Додаток 2	16
Додаток 3	22

ВСТУП

Анотація

Дисципліна «Триботехнологія та надійність механічних систем» є обов'язковою дисципліною підготовки бакалавра відповідно до освітньо-професійної програми «Технології створення механічних систем» галузі знань G «Інженерія, виробництво та будівництво» спеціальності G9 «Прикладна механіка».

Вивчення дисципліни «Триботехнологія та надійність механічних систем» забезпечує знайомство з поняттями тертя, зношування й змащування трибоспряжень, забезпечення їх працездатності, надійності і довговічності: класифікація видів тертя та зношування; класифікація причин відмов машин; якість поверхонь тертя та фрикційних з'єднань, їх формування на технологічному етапі та взаємозв'язок з процесами руйнування; конструкторські та технологічні методи підвищення зносостійкості, надійності та економічності роботи вузлів тертя машин та механізмів, які лежать в основі створення сучасних матеріалів і конструкцій деталей з підвищеними експлуатаційними характеристиками.

Курс орієнтований на надання знань та вмій для вирішення конкретних конструкторських, технологічних і експлуатаційних завдань, пов'язаних з тертям, зношуванням і змащенням вузлів машин і механізмів, а також цілеспрямованим вибором матеріалів з необхідними фізико-механічними властивостями з врахуванням їх умов експлуатації.

Ключові слова: триботехнологія; надійність; довговічність; тертя; зношування; змащування.

Abstract

The discipline "Tribotechnology and reliability of mechanical systems" is a mandatory bachelor's degree in accordance with the educational and professional program «Mechanical Systems Creating Technologies» in the field of knowledge G «Engineering, Manufacturing and Construction» specialty G9 «Applied Mechanics».

The study of the discipline "Tribotechnology and reliability of mechanical systems" provides familiarity with the concepts of friction, wear and lubrication of tribocouplers, ensuring their efficiency, reliability and durability: classification of types of friction and wear; classification of reasons for machine failures; the quality of friction surfaces and friction joints, their formation at the technological stage and the relationship with destruction processes; design and technological methods of increasing the wear resistance, reliability and cost-effectiveness of friction units of machines and mechanisms, which are the basis for the creation of modern materials and designs of parts with increased operational characteristics.

The course is aimed at providing knowledge and skills for solving specific design, technological and operational tasks related to friction, wear and lubrication of machine and mechanism components, as well as purposeful selection of materials with the necessary physical and mechanical properties, taking into account their operating conditions.

Keywords: tribotechnology; reliability; durability; friction; wear; lubrication.

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність (освітня програма), освітній рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		Денна форма навчання (ДФН)	Заочна форма навчання (ЗФН)
Кількість кредитів – 4	Галузь знань: G «Інженерія, виробництво та будівництво»	Обов’язкова	
Модулів – 1		Рік підготовки	
Змістових модулів – 2		4-й	4-й
Електронний адрес РПНД на сайті Університету	Спеціальність: G9 «Прикладна механіка» Освітня програма: «Технології створення механічних систем»	Семестр	
Індивідуальне науково-дослідне завдання: —		8-й	8-й
Загальна кількість годин – 120		Лекції	
		30 год.	10 год.
		Лабораторні	
		30 год.	10 год.
		Практичні	
		—	—
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4; самостійної роботи студента – 4	Освітній рівень: перший(бакалаврський)	Самостійна робота	
		60 год.	100 год.
		Індивідуальне завдання: -	
		Вид контролю: екзамен	
		Форма контролю: письмова	

2. Мета вивчення навчальної дисципліни

Метою вивчення навчальної дисципліни «Триботехнологія та надійність механічних систем» є формування у студентів відповідно до освітньо-професійної програми таких компетентностей:

ЗК2. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ФК2. Здатність робити оцінки параметрів працездатності матеріалів, конструкцій і машин в експлуатаційних умовах та знаходити відповідні рішення для забезпечення заданого рівня надійності конструкцій і процесів, в тому числі і за наявності деякої невизначеності.

ФК5. Здатність використовувати аналітичні та чисельні математичні методи для вирішення задач прикладної механіки, зокрема здійснювати розрахунки на міцність, витривалість, стійкість, довговічність, жорсткість в процесі статичного та динамічного навантаження з метою оцінки надійності деталей і конструкцій машин.

ФК6. Здатність виконувати технічні вимірювання, одержувати, аналізувати та критично оцінювати результати вимірювань.

ФК13. Здатність розуміти проблеми та задачі сучасного стану галузі і використовувати знання при розв'язуванні завдань підвищення якості продукції та її контролю.

3. Передумови для вивчення дисципліни

Передумовами для вивчення дисципліни є дисципліни: вища математика; фізика; теоретична механіка; опір матеріалів.

4. Очікувані результати навчання

Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування та розвиток у студентів таких результатів навчання:

РН1) вибирати та застосовувати для розв'язання задач прикладної механіки придатні математичні методи;

РН3) виконувати розрахунки на міцність, витривалість, стійкість, довговічність, жорсткість деталей машин;

РН4) оцінювати надійність деталей і конструкцій машин в процесі статичного та динамічного навантаження;

РН18) знати і розуміти основи фізико- та хіміко-технічних процесів прогресивних технологій.

5. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1

Змістовий модуль 1. Принципи триботехнології. Проектно-конструкторське забезпечення триботехнологічної якості.

Тема 1. Принципи триботехнології. Надійність технічних систем.

Лекція 1. Механіка трибологічної взаємодії. Основні закономірності і методи дослідження процесів зношування. Основні терміни та визначення з трибології.

Література: [1], с. 5-12; [2], с. 40-58; [4], с. 11-18; [5], с. 15-46

Лекція 2. Види тертя та зношування. Класифікація з точки зору надійності. Ефект вибіркового перенесення.

Література: [1], с. 12-32; [2], с. 60-77; [5], с. 235-243, 288-324.

Лекція 3. Надійність технічних систем. Поняття надійності трибологічної системи. Показники працездатності та трибологічної надійності Класифікація причин відмов по стадіях створення нової техніки.

Література: [1], с. 33-38; [2], с. 4-7, 93-130.

Тема 2. Методологія триботехнології

Лекція 4. Принципи та методологія триботехнології. Машина з позицій триботехнології. Триботехнологічні принципи створення нової техніки.

Література: [1], с. 39-48; [2], с. 131-134; [4], с. 55-65.

Лекція 5. Технологічна та експлуатаційна еволюція якості поверхонь. Забезпечення оптимальної контурної площі та шорсткості пар тертя. Припрацьовування. Наслідуюваність.

Література: [1], с. 12-32; 68-70; [2], с. 28-37; [4], с. 19-31; [57], с. 98-116.

Лекція 6. Основні характеристики стану поверхонь тертя. Твердість та методи її вимірювання. Еволюція напруженого стану.

Література: [1], с. 56-65; [2], с. 24-28.; [4], с. 34-48; [5], с. 83-92, 94-98.

Тема 3. Проектно-конструкторське забезпечення триботехнологічної якості

Лекція 7. Моделювання трибологічних процесів в вузлах тертя та фрикційних з'єднаннях. Фізичне та математичне моделювання. Класифікація вузлів тертя за трибологічною ознакою. Моделювання трибологічних процесів у типових вузлах тертя. Методи та обладнання для оцінки трибологічних характеристик поверхонь тертя та мастильних матеріалів. Принципи створення довговічних пар тертя. Життєвий цикл виробу. Забезпечення триботехнологічної надійності. Основні етапи відпрацювання виробу на триботехнологічність.

Література: [1], с. 70-98; [2], с. 165-174, [4], с. 138-167; [5], с. 324-333.

Лекція 8. Основні конструкторські методи підвищення надійності і якості пар тертя Задача конструктора у підвищенні довговічності та надійності вузлів тертя. Оцінка та вибір схеми вузла тертя, вибір матеріалів пар тертя. Критерії працездатності матеріалів у парах тертя.

Література: [1], с. 108-138, 139-150; [2], с. 131-164; [4], с. 55-65.

Змістовий модуль 2. Триботехнологічне забезпечення довговічності вузлів тертя і фрикційних з'єднань

Тема 4. Методи забезпечення триботехнологічної якості в процесі виготовлення пар тертя

Лекція 9. Макро- і мікропрофілювання поверхонь тертя. Принципи, вибір методу.

Література: [1], с. 151-161; [4], с. 19-33; [5], с. 97-105.

Лекція. 10. Зміцнення поверхонь тертя методами поверхневого пластичного деформування. Явища, що відбуваються в поверхневому шарі при обробці деталей. Методи виконання. Електрогідравлічне зміцнення.

Література: [1], с. 162-167; [4], с. 117-135, 138-173.

Лекція 11. Термічна обробка. Термомеханічне зміцнення.

Література: [1], с. 168-178; [4], с. 68-75.

Лекція 12. Хіміко-термічне зміцнення поверхонь тертя. Електрохімічні та хімічні методи.

Література: [1], с. 178-190; [4], с. 77-89.

Лекція 13. Зміцнення поверхонь тертя методами нанесення покриттів. Дифузійна металізація. Наплавлення, напилювання. Плакування. Методи ФАБО. Поверхнєве легування. Фрикційно-зміцнююча обробка.

Література: [1], с. 190-199; [2], с. 157-158; [4], с. 90-116.

Тема 5. Відновлення триботехнологічної якості в процесі експлуатації та ремонту.

Лекція 14. Змащування та мастильні матеріали.

Література: [1], с. 108-138; [2], с. 79-92; [5], с. 82-83, 145-158, 159-196.

Лекція 15. Основні етапи відновлення. Відновлення зносостійкості, втомної витривалості та жорсткості. Технологія відновлення зношених деталей без розбирання вузлів. Технології відновлення триботехнологічної якості типових деталей.

Література: [1], с. 200-219; [2], с. 171-174; [4], с. 90-92, 138-166.

Тематичний план навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин							
	Денна форма				Заочна форма			
	усього	у тому числі			усього	у тому числі		
		лек	пр.	с.р		лек	лаб.	с.р
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Модуль 1 (М1)								
Змістовий модуль 1. Принципи триботехнології. Проектно-конструкторське забезпечення триботехнологічної якості								
Тема 1. Принципи триботехнології. Надійність технічних систем.	20	6	6	8	60	5	5	50
Тема 2. Методологія триботехнології	20	6	6	8				
Тема 3. Проектно-конструкторське забезпечення триботехнологічної якості.	20	4	4	12				
Разом за змістовим модулем 1	60	16	16	28	60	5	5	50
Змістовий модуль 2. Триботехнологічне забезпечення довговічності вузлів тертя і фрикційних з'єднань								
Тема 4. Методи забезпечення триботехнологічної якості в процесі виготовлення пар тертя.	44	10	10	24	60	5	5	50
Тема 5. Відновлення триботехнологічної якості в процесі експлуатації і ремонту.	16	4	4	8				
Разом за змістовим модулем 2	60	14	14	32	60	5	5	50
Усього годин	120	30	30	60	120	10	10	100

Теми лабораторних робіт

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
1.	Лабораторна робота № 1. Методи оцінки та вимірювання шорсткості поверхонь вузлів тертя і фрикційних з'єднань	4	1
2.	Лабораторна робота № 2. Виявлення залишкових напружень поверхневого шару вузлів тертя та фрикційних з'єднань	4	2
3.	Лабораторна робота № 3. Методи оцінки та вимірювання зносу поверхонь вузлів тертя	6	2
4.	Лабораторна робота № 4. Прогнозування шорсткості робочих поверхонь вузлів тертя та фрикційних з'єднань	4	1
5.	Лабораторна робота № 5. Методи оцінки глибини та ступеня зміцнення поверхневого шару вузлів тертя і фрикційних з'єднань	6	2
6.	Лабораторна робота № 6. Схеми, технологічне оснащення і параметри зміцнення поверхневого шару вузлів тертя та фрикційних з'єднань обкочуванням роликами	6	2
	Разом	30	10

Самостійна робота Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Вид роботи	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
1	Підготовка до лекцій	8	15
2	Підготовка до лабораторних робіт	7	15
3	Підготовка до контрольних заходів	20	—
4	Підготовка, оформлення та захист лабораторних робіт	10	25
5	Підготовка та оформлення конспекту	—	25
6	Підготовка до екзамену	15	20
	Разом	60	100

Індивідуальне науково-дослідне завдання

Індивідуальне науково-дослідне завдання не передбачене навчальним планом.

6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування

Методи навчання: робота з літературою; пояснення; демонстрування; лекція; бесіда; ілюстрування; практична робота; інструктаж; фронтальне опитування.

Засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування:

- екзамен;
- модульна контрольна робота;
- конспект лекцій;
- виконання та захист практичних робіт.

7. Форми поточного та підсумкового контролю

Досягнення студента оцінюються за 100-бальною системою Університету.

Підсумкова оцінка навчального курсу включає в себе оцінки з поточного контролю і оцінки заключного іспиту. У кожного компонента своя частка в загальній системі оцінок. У проміжних оцінках студент може набрати **60 балів**. Під компонентом проміжних оцінок розуміються поточні оцінки протягом семестру (виконання та захист лабораторних робіт і виконання контрольних робіт за матеріалами 1-го та 2-го змістових модулів для студентів денної форми навчання; виконання та захист лабораторних робіт і підготовка конспекту лекцій для студентів заочної форми навчання).

Для студентів денної форми навчання поточний контроль включає оцінювання виконання та захисту лабораторних робіт та виконання контрольних робіт за матеріалами 1-го та 2-го змістових модулів. Студенти виконують та захищають лабораторні роботи у встановлені терміни. Максимальна кількість балів за кожну роботу становить 5 балів з урахуванням правильності та якості оформлення звіту, обробки результатів аналізів та розрахунків, а також відповідей на контрольні запитання. Максимальна оцінка студента за даний компонент програми 30 балів (6 робіт по 5 балів). Студенти денної форми навчання виконують дві контрольні роботи за матеріалами 1-го та 2-го змістових модулів. Максимальна оцінка студента за даний компонент програми 30 балів (2 контрольні роботи по 15 балів). Кожна контрольна робота включає два питання (7+8 балів). Тривалість виконання роботи 60 хв.

Студенти заочної форми навчання виконують та захищають лабораторні роботи та мають підготувати конспект лекцій за темами дисципліни. Максимальна оцінка студента за лабораторні роботи 30 балів (6 робіт по 5 балів). Максимальна оцінка студента за конспект лекцій 30 балів (5 тем по 6 балів).

Студенти денної та заочної форми навчання складають заключний іспит. Питома вага іспиту в загальній системі оцінок – **40 балів**. Іспит проводиться в письмовій формі. Екзаменаційний білет включає **3 питання** (2 теоретичних питання та 1 тест). Максимальна кількість балів, яку набирає студент за відповідь на одне питання – 10 балів, тести складаються з 20 питань, кожна правильна відповідь дорівнює 1 балу.

Право здавати заключний іспит дається студенту, який з кожного виду поточного модульного контролю набирає не менше 60 % від максимальної кількості балів. Підсумкова оцінка навчального курсу є сумою проміжних оцінок і оцінки іспиту. Якщо сумарна кількість балів з поточного модульного контролю становить менше 60 %, студент має повторно виконати лабораторні та контрольні роботи.

Зарахування кредитів навчального курсу можливо тільки після досягнення результатів, запланованих РПНД, що виражається в одній з позитивних оцінок, передбачених чинним законодавством.

Форми контролю результатів навчальної діяльності студентів та їх оцінювання

Кількість балів	Критерії оцінювання лабораторних занять
5	Робота виконана у встановлений термін. Студент виконує роботу самостійно згідно методичних вказівок; чітко формулює мету роботи та основні положення теорії; Звіт відповідає встановленим вимогам. Студент правильно відповідає на 90...100 % контрольних запитань.
4	Робота виконана у встановлений термін або з незначним запізненням. Студент виконує практичну роботу самостійно згідно методичних вказівок, іноді після консультацій викладача; правильно формулює мету роботи та основні положення теорії; в цілому правильно складає звіт та робить висновки; відповідає на 74...89 % контрольних запитань.
3	Робота виконана у встановлений термін. Студент виконує практичну роботу згідно методичних вказівок, складає звіт, що містить неточності у висновках та помилки, які він може виправити самостійно; відповідає на 60...73 % контрольних запитань.
2	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Студент виконує практичну роботу після консультацій викладача; складає звіт, що містить значні неточності у висновках та помилки; відповідає на 35...59 % конт-

	рольних запитань.
1	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Студент виконує практичну роботу після консультацій викладача; складає звіт, що містить значні неточності у висновках та помилки; відповідає менше ніж на 35% контрольних запитань.
0	Студент не виконує завдання
	<i>Максимальна оцінка студента за даний компонент програми 30 балів (6 розділів роботи по 5 балів).</i>

Кількість балів	Критерії оцінювання контрольних робіт
14...15	Контрольна робота виконана у встановлений термін без помилок або з незначною помилкою. Відповіді на питання правильні, повні, логічні, містять аналіз, систематизацію, узагальнення, аргументовані висновки.
12...13	Контрольна робота виконана у встановлений термін з декількома незначними помилками. Відповіді на питання переважно правильні та повні.
8...11	Контрольна робота виконана у встановлений термін зі значною кількістю дрібних помилок. Відповіді на питання переважно правильні.
5...7	Контрольна робота виконана з порушенням встановлених термінів з однією грубою помилкою та значною кількістю дрібних помилок. Відповіді на питання переважно неправильні.
0...4	Контрольна робота виконана з порушенням встановлених термінів зі значною кількістю грубих помилок. Відповіді на питання переважно неправильні.
	<i>Максимальна оцінка студента за даний компонент програми 30 балів (2 контрольні роботи по 15 балів).</i>

Кількість балів	Критерії оцінювання конспекту лекцій
6	Питання лекцій теми розкриті повністю, матеріал лекцій містить відповідні рисунки, таблиці й формули.
5	Питання більшості лекцій теми розкриті повністю, але деякі потребують доопрацювання, матеріал лекцій містить відповідні рисунки, таблиці й формули.
4	Питання значної кількості лекцій теми розкриті не повністю і потребують доопрацювання, деякі лекції не містять відповідні рисунки, таблиці й формули.
3	Питання більшості лекцій теми розкриті не повністю і потребують доопрацювання, а лекції не містять відповідні рисунки, таблиці й формули.
0...2	Питання більшості лекцій теми не розкриті.
	<i>Максимальна оцінка студента за даний компонент програми 30 балів (6 тем по 5 балів).</i>
Кількість балів	Критерії оцінювання екзамену
10	Відповідь на питання повна, підтверджена відповідними формулами та ілюстративним матеріалом, включає аналіз та аргументовані висновки.
8...9	Відповідь на питання повна, підтверджена відповідними формулами та ілюстративним матеріалом, включає аналіз та аргументовані висновки, але містить незначну кількість дрібних помилок.
6...7	Відповідь на питання достатньо повна, частково підтверджена відповідними формулами та ілюстративним матеріалом, містить значну кіль-

	кість дрібних помилок.
3...5	Відповідь на питання неповна, частково підтверджена відповідними формулами та ілюстративним матеріалом, містить значну кількість грубих та дрібних помилок.
0...2	Відповідь на питання неповна або відсутня, не підтверджена відповідними формулами та ілюстративним матеріалом, містить значну кількість грубих та дрібних помилок.
	<i>Максимальна оцінка студента за даний компонент програми 40 балів – 2 теоретичні питання по 10 балів та тести (20 питань по 1 балу за кожну правильну відповідь).</i>

Поточний модульний контроль

Форма контролю	Максимальна кількість балів	
	Денна форма	Заочна форма
Виконання та захист лабораторних робіт	6*5 балів = 30	6*5 балів = 30
Модульна контрольна робота	2*15 балів = 30	–
Конспект лекцій	–	5*6 балів = 30
Всього	60	60

8. Критерії оцінювання результатів навчання

		Денне відділення	
		Вид роботи	Кількість балів
ЗМ 1	T1	Лабораторна робота №1	5
	T2	Лабораторна робота №2	5
	T3	Лабораторна робота №3	5
ЗМ 2	T4	Лабораторна робота №4	5
		Лабораторна робота №5	5
	T5	Лабораторна робота №6	5
ЗМ 1		Контрольна робота №1	15
ЗМ 2		Контрольна робота №2	15
Підсумковий контроль		Екзамен	40
Сума			100

		Заочне відділення	
		Вид роботи	Кількість балів
ЗМ 1	T1	Лабораторна робота №1	5

	T2	Лабораторна робота №2	5
	T3	Лабораторна робота №3	5
ЗМ 2	T4	Лабораторна робота №4	5
		Лабораторна робота №5	5
	T5	Лабораторна робота №6	5
ЗМ 1	T1	Конспект лекцій	6
	T2	Конспект лекцій	6
	T3	Конспект лекцій	6
ЗМ 2	T4	Конспект лекцій	6
	T5	Конспект лекцій	6
Підсумковий контроль		Екзамен	40
Сума			100

9. Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачає навчальна дисципліна

Як наочний матеріал на лекціях і практичних заняттях використовуються відповідні плакати, довідкові матеріали, конструкторсько-технологічна документація, тестові завдання з дисципліни, пристосування для механічної обробки (зразки) та обладнання галузевої лабораторії «Надійність суднових машин».

Для поглиблення вивчення дисципліни рекомендується систематичне опрацювання вітчизняних та закордонних фахових журналів (паперових та електронних). Для ознайомлення з новітніми методиками та технологіями проводиться відвідування машинобудівних підприємств.

З метою роз'яснення найбільш складних питань дисципліни та підвищення якості виконання індивідуального завдання проводяться групові та індивідуальні консультації за розкладом кафедри.

Під час проведення контрольних заходів рівень застосування матеріалу змістового модуля оцінюється шляхом проведення модульної контрольної роботи (МКР) та захисту практичних робіт.

10. Рекомендовані джерела інформації

Базова

1. **Соловійов С. М.** Основи триботехнології : навчальний посібник / С. М. Соловійов, С. Ж. Боду, О. В. Трофимова ; під заг. ред. С. М. Соловійова. – Миколаїв : НУК, 2018. – 236 с.
2. **Триботехніка і надійність машин** : навч. посіб. / 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. **Закалов, О.В.** Основи тертя і зношування в машинах: Навчальний посібник / О.В. Закалов, І.О. Закалов. – Тернопіль: Видавництво ТНТУ ім. І.Пулюя, 2011. – 322 с.
4. **Тарельник, В.Б.** Триботехнічне матеріалознавство та триботехнологія в задачах: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. Суми: Університетська книга, 2023. – 183 с.
5. **Чернець, М.В.** Трибомеханіка, Триботехніка. Триботехнології [Текст] /. М.В. Чернець та ін. – Миколаїв: Вид-во ЧНУ, 2006. Т.1. – 476 с.

Допоміжна

1. **Закалов, О.В.** Триботехніка і підвищення надійності машин [Текст]: О.В. Закалов. – Тернопіль: ТДТУ, 2000. – 354 с.
2. **Кондрачук, М.В.** Трибологія / М.В. Кондрачук, В.Ф. Хабутель, М.І. Пашечко, Є.В. Корбут. – К.: Вид-во Національного Авіаційного університету «НАУ-друк», 2009. – 232 с.
3. **Фесенко, А.Г.** Методи поверхневого зміцнення у процесі виготовлення деталей машин [Текст]: навч. посіб. / А.Г.Фесенко та [ін.] – Д.: РВВ ДНУ, 2015. – 104 с.
4. **Будник А.Ф., Юскаєв В.Б.** Фізика та механіка трибодизайну матеріалів: Навчальний посібник. – Суми: Вид-во СумДУ, 2008. - 203 с.
5. **Корнієнко А.** Трибологія: досягнення та перспектива // Проблеми тертя та зношування. - 2013. - № 1. - С. 110-115. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ptz_2013_1_18.
6. **Сучасні аспекти трибології у транспортних засобах** : підручник / В. А. Косенко [та ін.]. – К.: Університет “Україна”, 2016. – 356 с.

11. Інформаційні ресурси в інтернет

- Кафедра "Інженерна механіка та технології машинобудування" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://imtm-nuk.com.ua>.
- Наукова бібліотека Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://lib.nuos.edu.ua>.
- Каталог бібліотек України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://izdn.ntu.edu.ua/_ua/lib/library_ua.html.
- Machinery Lubrication [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.machinerylubrication.com/>
- Tribology [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/tribology>
- Tribology Glossary, Forum for students, Universities, conferences, software etc. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.tribology-abc.com/default.htm>

ДОДАТОК

**Результати перегляду робочої програми навчальної дисципліни
«Триботехнологія та надійність механічних систем»**

Теми лекцій

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
	Разом		

Теми лабораторних робіт

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
	Разом		

Зміни до робочої програми навчальної дисципліни «Триботехнологія та надійність механічних систем» розглянуто на засіданні кафедри інженерної механіки та технології машинобудування

Протокол №__ від «__»_____20__ р.

Завідувач кафедри _____ Михайло ТКАЧ

Зміни до робочої програми навчальної дисципліни «Триботехнологія та надійність механічних систем» узгоджено з гарантом освітньої програми.

Гарант освітньої програми «Технології створення механічних систем» Новошицький Антон Володимирович, канд. техн. наук, доцент кафедри інженерної механіки та технології машинобудування.

Гарант освітньої програми _____ Антон НОВОШИЦЬКИЙ

ПЕРЕЛІК
контрольних робіт

Модуль 1.

Контрольна робота № 1

1. Триботехнологія. Предмет, задачі й методи триботехнології.
2. Тертя й знос у воді, кавітаційне зношування. Особливості процесу. Пари тертя.

Контрольна робота № 2

1. Якість поверхонь тертя і фрикційних з'єднань.
2. Корозійно-механічне зношування.

Контрольна робота № 3

1. Принципи й методологія триботехнології.
2. Тертя й зношування при контактено-гидродинамічному змащенні. Особливості процесу. Пари тертя, види зношування.

Контрольна робота № 4

1. Основні терміни й визначення з області триботехніки. Види тертя.
2. Ерозійне зношування. Особливості процесу. Пари тертя.

Контрольна робота № 5

1. Напрямки забезпечення трибологічної надійності. Економічна доцільність підвищення зносостійкості вузлів тертя
2. Тертя й знос в агресивних середовищах. Особливості процесу. Пари тертя..

Контрольна робота № 6

1. Методи визначення зносу.
2. Зношування. Основні види, характерні для пар тертя суднового машинобудування.

Контрольна робота № 7

1. Види зносу (об'ємний, ваговий, лінійний).
2. Тертя й зношування при рідинному змащенні. Особливості процесу. Пари тертя, види зношування.

Контрольна робота № 8

1. Якість поверхонь тертя і фрикційних з'єднань.
2. Тертя в нейтральних середовищах і вакуумі. Особливості процесу. Пари тертя..

Контрольна робота № 9

1. Основні терміни й визначення з області триботехніки. Класифікація видів зношування.
2. Пристосування для верстатів з ЧПК та типу "оброблювальний центр". Види, основні вимоги до пристосувань.

Контрольна робота № 10

1. Основні терміни й визначення з області триботехніки. Класифікація видів тертя.
2. Ваговий метод визначення зносу.

Контрольна робота № 11

1. Опорна поверхня профілю. Номінальна, контурна і фактична площі контакту.
2. Визначення величини зносу по зміні параметрів механізму.

Контрольна робота № 12

1. Принципи триботехнології при створенні нової техніки.
2. Тертя й знос в абразивному середовищі. Особливості процесу. Пари тертя, види зношування.

Контрольна робота № 13

1. Сухе тертя. Особливості процесу. Пари тертя, види зношування.
2. Точність розмірів, форми, хвилястість і шорсткість поверхонь. Вплив на трибо властивості поверхонь.

Контрольна робота № 14

1. Граничне тертя. Особливості процесу. Пари тертя, види зношування.
2. Метод хімічного та спектрального аналізу визначення зносу.

Контрольна робота № 15

1. Структура поверхневого шару поверхонь тертя. Твердість, методи оцінки твердості й глибини зміцнення.
2. Метод профілографування для визначення величини зносу.

Контрольна робота № 16

1. Відмовлення, термін служби до відмовлення, ресурс працездатності, безвідмовність, довговічність.
2. Параметри хвилястості й шорсткості. Методи визначення

Контрольна робота № 17

1. Відмовлення. Види відмовлень. Класифікація причин відмовлень по стадіях створення нової техніки.
2. Тертя й знос в абразивному середовищі. Пари тертя, види зношування. Методи захисту поверхонь.

Контрольна робота № 18

1. Види поверхневих напруг. Причини виникнення поверхневих напруг при виконанні технологічних операцій механічного, термічного й іншого видів обробки поверхонь тертя. Еволюція поверхневих напруг у процесі експлуатації і цілеспрямованого впливу.
2. Мікрометричний метод визначення зносу.

Контрольна робота № 19

1. Види тертя й зносу в суднових машинах і механізмах.
2. Знос робочих поверхонь у технологічних середовищах.

Контрольна робота № 20

1. Структура поверхневого шару поверхонь тертя. Твердість, методи оцінки твердості й глибини зміцнення.
2. Схоплювання, заїдання.

Контрольна робота № 21

1. Три площі контакту.
2. Зношування. Утомне зношування.

Контрольна робота № 22

1. Класифікація причин відмовлень по стадіях створення нової техніки.
2. Нормальні та катастрофічні види зношування.

Контрольна робота № 23

1. Вплив технології обробки й режимів технологічних процесів на показники якості оброблених поверхонь тертя.
2. Тертя й знос у присутності мастильного матеріалу. Особливості процесу.

Контрольна робота № 24

1. Напрямки забезпечення трибологічної надійності. Економічна доцільність підвищення зносостійкості вузлів тертя.
2. Тертя й знос у присутності мастильного матеріалу. Пари тертя, види зношування.

Контрольна робота № 25

1. Працездатність, надійність і довговічність. Показники працездатності і трибологічної надійності.
2. Знос при фретінг-корозії.

Модуль 2.

Контрольна робота № 1

1. Триботехнологічні принципи створення нової техніки.
2. Термічне зміцнення поверхонь тертя. Основні види термічної обробки.

Контрольна робота № 2

1. Головні пари тертя й пари мінімального ресурсу.
2. Використання загартування для підвищення міцності поверхневих шарів вузлів тертя.

Контрольна робота № 3

1. Гіпотетично оптимальний робочий шар.
2. Використання цементації для підвищення міцності поверхневих шарів вузлів тертя.

Контрольна робота № 4

1. Поняття про головну пару тертя й пару мінімального ресурсу.
2. Хіміко-термічне зміцнення поверхонь тертя. Основні види обробки.

Контрольна робота № 5

1. Структури оптимального робочого шару для підшипників ковзання.
2. Використання азотування для підвищення міцності поверхневих шарів вузлів тертя..

Контрольна робота № 6

1. Принципи триботехнології: відповідності, узгодження.
2. Використання термомеханічного зміцнення для підвищення міцності поверхневих шарів вузлів тертя.

Контрольна робота № 7

1. Структури оптимального робочого шару для вузлів кочення з ковзанням.
2. Технологічний і експлуатаційний рельєф. Еволюція в процесі приробляння.

Контрольна робота № 8

1. Принципи триботехнології: адаптивності, інтелектуального резервування.
2. Хімічне нікелювання. Електролітичне хромування. Композиційні електрохімічні покриття

Контрольна робота № 9

1. Принципи триботехнології: структурної оптимальності контакту, резервування.
2. Зміцнення поверхонь тертя методами нанесення покриттів.

Контрольна робота № 10

1. Принципи триботехнології: адекватності, організації процесу тертя.

2. Оксидування. Фосфатування. Сульфидування.

Контрольна робота № 11

1. Принципи триботехнології: інтегральності трибологічної системи, диференційованого розподілу трибологічної якості.
2. Наплавлення поверхонь тертя.

Контрольна робота № 12

1. Принципи й методологія триботехнології. Поняття гіпотетично оптимальної пари тертя.
2. Підвищення зносостійкості методом нанесення твердих мастильних матеріалів.

Контрольна робота № 13

1. Триботехнологічне забезпечення довговічності вузлів тертя і фрикційних з'єднань.
2. Вплив методів термічної й хіміко-термічної обробки на зносостійкість різних конструкцій вузлів тертя.

Контрольна робота № 14

1. Використання регулярних мікрорельєфів для підвищення працездатності поверхонь тертя.
2. Вихідна й робоча якість поверхні. Еволюція в процесі приробляння.

Контрольна робота № 15

1. Оптимальна структура робочого шару.
2. Припрацювання. Припрацювальний знос. Припрацювальні шари.

Контрольна робота № 16

1. Оптимальна пара тертя.
2. Способи й пристрої для змащення рідинним, пластичним і твердим мастильним матеріалом

Контрольна робота № 17

1. Ефект беззносності вузлів тертя і його суть. Самоорганізація у вузлах тертя.
2. Системи змащення вузлів тертя машин і механізмів.

Контрольна робота № 18

1. Ефект беззносності вузлів тертя і його суть. Використання ефекту беззносності у вузлах тертя.
2. Припрацювання. Припрацювальний знос. Припрацювальні шари.

Контрольна робота № 19

1. Макропрофілювання поверхонь тертя.
2. Припрацювання. Керування процесом припрацювання.

Контрольна робота № 20

1. Оптимізація геометричної форми поверхонь тертя. Використання регулярних мікрорельєфів для підвищення працездатності поверхонь тертя.
2. Методи визначення зносостійкості матеріалів.

Контрольна робота № 21

1. Мікропрофілювання поверхонь тертя.
2. Моделювання трибологічних процесів. Основні вхідні та вихідні параметри.

Контрольна робота № 22

1. Класифікація причин відмовлень по стадіях створення нової техніки.
2. Перспективи розвитку триботехніки й триботехнології і керування триботехнологічними процесами.

Контрольна робота № 23

1. Поверхневе пластичне зміцнення. Класифікація методів.
2. Основні види та типи мастильних матеріалів.

Контрольна робота № 24

1. Поверхневе пластичне зміцнення. Методи виконання поверхневого пластичного зміцнення.
2. Електроіскрове й електродугове зміцнення поверхонь тертя.

Контрольна робота № 25

1. Поверхневе пластичне зміцнення. Явища, що відбуваються в поверхневому шарі. Вплив на зносостійкість поверхневого шару.
2. Схеми випробування зносостійкості конструкційних матеріалів.

Питання для модульного контролю

Модуль № 1. Працездатність, надійність і довговічність машин, механізмів та вузлів. Якість поверхонь тертя та фрикційних з'єднань. Види тертя та зносу.

1. Триботехнологія. Предмет, задачі й методи триботехнології.
2. Принципи й методологія триботехнології.
3. Основні терміни й визначення з області триботехніки. Види тертя й зношування.
4. Напрямки забезпечення трибологічної надійності. Економічна доцільність підвищення зносостійкості вузлів тертя.
5. Працездатність, надійність і довговічність. Показники працездатності і трибологічної надійності.
6. Відмовлення, термін служби до відмовлення, ресурс працездатності, безвідмовність, довговічність.
7. Відмовлення. Види відмовлень. Класифікація причин відмовлень по стадіях створення нової техніки.
8. Якість поверхонь тертя і фрикційних з'єднань.
9. Точність розмірів, форми, хвилястість і шорсткість поверхонь. Параметри хвилястості й шорсткості.
10. Опорна поверхня профілю. Номінальна, контурна і фактична площі контакту.
11. Вплив технології обробки й режимів технологічних процесів на показники якості оброблених поверхонь тертя.
12. Структура поверхневого шару поверхонь тертя. Твердість, методи оцінки твердості й глибини зміцнення.
13. Види поверхневих напруг. Причини виникнення поверхневих напруг при виконанні технологічних операцій механічного, термічного й іншого видів обробки поверхонь тертя. Еволюція поверхневих напруг у процесі експлуатації і цілеспрямованого впливу.
14. Види тертя й зносу в суднових машинах і механізмах.
15. Сухе тертя, граничне тертя. Особливості процесу. Пари тертя, види зношування.
16. Зношування. Абразивне, адгезійне, корозійно-механічне зношування.
17. Зношування. Утомне зношування. Знос при фретінг-корозії. Схоплювання, заїдання.
18. Тертя й знос у присутності мастильного матеріалу. Особливості процесу. Пари тертя, види зношування.
19. Тертя й зношування при рідинному й контактено-гідродинамічному змащенні. Особливості процесу. Пари тертя, види зношування.
20. Знос робочих поверхонь у технологічних середовищах.
21. Тертя й знос в абразивному середовищі. Особливості процесу. Пари тертя, види зношування.
22. Тертя й знос у воді, кавітаційне зношування. Ерозійне зношування. Особливості процесу. Пари тертя.
23. Тертя й знос в агресивних середовищах. Тертя в нейтральних середовищах і вакуумі. Особливості процесу. Пари тертя.

Модуль № 2. Триботехнологічні принципи створення нової техніки. Триботехнологічне забезпечення довговічності вузлів тертя і фрикційних з'єднань

24. Триботехнологічні принципи створення нової техніки
25. Головні пари тертя й пари мінімального ресурсу. Гіпотетично оптимальний робочий шар.
26. Поняття про головну пару тертя й пару мінімального ресурсу. Структури оптимального робочого шару для підшипників ковзання. Структури оптимального робочого шару для вузлів кочення з ковзанням.
27. Принципи й методологія триботехнології. Поняття гіпотетично оптимальної пари тертя.
28. Оптимальна структура робочого шару. Оптимальна пара тертя.
29. Принципи триботехнології: відповідності, узгодження, адаптивності, інтелектуального резервування й ін.

30. Ефект беззносності вузлів тертя і його суть. Самоорганізація у вузлах тертя. Використання ефекту беззносності у вузлах тертя.
31. Триботехнологічне забезпечення довговічності вузлів тертя і фрикційних з'єднань.
32. Макропрофілювання поверхонь тертя.
33. Мікропрофілювання поверхонь тертя.
34. Оптимізація геометричної форми поверхонь тертя. Використання регулярних мікрорельєфів для підвищення працездатності поверхонь тертя.
35. Поверхнєве пластичне зміцнення робочих поверхонь вузлів тертя і фрикційних з'єднань.
36. Поверхнєве пластичне зміцнення. Класифікація методів. Явища, що відбуваються в поверхневому шарі. Переваги перед іншими методами зміцнення. Вплив на зносостійкість поверхневого шару.
37. Методи виконання поверхневого пластичного зміцнення. Дробострумінне і відцентрово-кулькове зміцнення. Зміцнення обкочуванням роликками й кульками. Зміцнення вібруючим інструментом.
38. Термічне й хіміко-термічне зміцнення поверхонь тертя.
39. Використання загартування, цементації, азотування і термомеханічного зміцнення для підвищення міцності поверхневих шарів вузлів тертя.
40. Вплив методів термічної й хіміко-термічної обробки на зносостійкість різних конструкцій вузлів тертя.
41. Зміцнення поверхонь тертя методами нанесення покриттів.
42. Технологічний і експлуатаційний рельєф. Еволюція в процесі приробляння.
43. Вихідна й робоча якість поверхні. Еволюція в процесі приробляння.
44. Припрацювання. Припрацювальний знос. Припрацювальні шари.
45. Припрацювання. Керування процесом припрацювання.
46. Хімічне нікелювання. Оксидування. Фосфатування. Сульфидування. Електролітичне хромування. Композиційні електрохімічні покриття.
47. Наплавлення поверхонь тертя. Напилювання. Графітування.
48. Електроіскрове й електродугове зміцнення поверхонь тертя.
49. Системи змащення вузлів тертя машин і механізмів
50. Способи й пристрої для змащення рідинним, пластичним і твердим мастильним матеріалом.
51. Перспективи розвитку триботехніки й триботехнології і керування триботехнологічними процесами.