



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Дніпровський національний університет  
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Факультет «Транспортна інженерія»  
Кафедра «Прикладна механіка та матеріалознавство»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Перший проректор

професор  Б. Є. Боднар

« 03 » \_\_\_\_\_ 2020 р.



**РОБОЧА ПРОГРАМА**  
навчальної дисципліни

**ТРИБОТЕХНІКА**

Рівень вищої освіти *другий (магістерський)*

Статус дисципліни **обов'язкова** обсяг *120 годин/4 кредити ECTS*

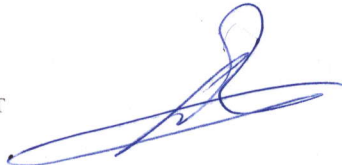
Дисципліна є компонентою освітньої програми

Шифр галузі	Код і назва спеціальності	Назва ОПП
<i>27 Транспорт</i>	<i>274 Автомобільний транспорт</i>	<i>Автомобілі та автомобільне господарство</i>

Форма підсумкового контролю – **залік**

Дніпро, 2020

Розробники: к.т.н., доцент



П.Г. Анофрієв

Робочу програму розглянуто та схвалено на засіданні кафедри «Прикладна механіка та матеріалознавство»

«27» 08 2020 р. протокол № 1

Завідувач кафедри, професор, д.т.н.



С.В. Ракша

Розглянуто та схвалено вченою радою факультету ТІ

«31» 08 2020 р. протокол № 1

Голова вченої ради, доцент



М.А. Грищенко

ПОГОДЖЕННЯ:

Робоча програма дисципліни відповідає нормативам навчального плану

Начальник навчального відділу



Л. Є. Андрашко

«02» 09 2020 р.

Робоча програма дисципліни відповідає вимогам нормативно-методичних документів

/ Начальник навчально-методичного відділу



С.М. Гончаренко

«03» 09 2020 р.

## 1 Мета навчальної дисципліни

Предметом вивчення навчальної дисципліни є загальні методи розрахунку, проектування, експлуатації та дослідження вузлів тертя в машинах та механізмах з ціллю підвищення їх надійності та довговічності. Знайомство з новими досягненнями в галузі фрикційного матеріалознавства.

Метою викладання навчальної дисципліни є засвоєння студентами розрахункових методів визначення основних параметрів фрикційних стикань, методів дослідження на тертя та зношування, вивчення комплексу технічних та технологічних заходів, направлених на забезпечення оптимального функціонування рухомих стикань деталей та вузлів машин. Отримання знань з основ триботехніки та застосування її досягнень в практичній діяльності, що дозволять на науковій основі виконувати конструювання вузлів тертя, досягти при цьому значного економічного ефекту за рахунок збільшення надійності та довговічності машин.

Основними завданнями навчання є отримання студентами знань основ триботехніки та методів зниження зношування вузлів машин.

Студент повинен:

Знати:

- основні терміни і поняття триботехніки;
- основні закони внутрішнього і зовнішнього тертя, тертя ковзання і кочення;
- причини і етапи процесу посилення зносу деталей при терті ковзання в зв'язку з переходом штатного режиму роботи рухомих з'єднань в більш жорсткий.

Вміти:

- обґрунтовувати вибір матеріалів деталей або покриттів поверхонь тертя цих деталей при конструюванні основних типів поверхонь ковзання та кочення;
- виявляти основні несправності ДВС, що призводять до втрати працездатності масла;
- визначати за маркуванням тип мастильного матеріалу, його в'язкість і призначення, а також рівень якості;
- вибирати тип мастильного матеріалу для основних типів агрегатів машин;
- здійснювати експрес оцінку якості працюючих мастил по основним його показникам якості.

Володіти:

- методами діагностики підвищеного зносу на ранній стадії, що використовуються на практиці;
- методологією вибору матеріалів деталей або покриттів поверхонь тертя цих деталей при конструюванні основних типів поверхонь ковзання та кочення.

## 2 Міждисциплінарні зв'язки

Перелік дисциплін які потрібні для вивчення дисципліни  
«Триботехніка»

ОК 8	Динаміка машинного агрегату
ОК 12	Виробнича практика
ВК 2.1	Інформаційні технології в управлінській, науковій та викладацькій діяльності
М 1.1	Нові матеріали в техніці
М 1.2	Динаміка машинного агрегату
М 1.3	Методологія та організація наукових досліджень

Дисципліни, вивчення яких спирається на дисципліну «Триботехніка»	
ОК 6	Теорія технічних систем
ОК 8	Динаміка машинного агрегату
ОК 10	Проектування автотранспортних та авторемонтних підприємств
ВК 3.1	Охорона праці в галузі та цивільний захист
ВК 3.2	Профілактика і локалізація техногенних аварій і катастроф
ВК 3.3	Безпека виробничих процесів

### 3 Очікувані результати навчання

Дисципліна «Триботехніка» повинна забезпечити такі результати навчання (згідно з ОП)

#### Програмні результати навчання (ПРН)

ПРН1. Професійно діяти у соціальній взаємодії на гуманістичних і етичних засадах

ПРН 2. Застосовувати знання з фундаментальних наук для вивчення професійно-орієнтованих

ПРН 9. Ідентифікувати майбутню професійну діяльність як соціально значущу для ефективного розвитку країни та демонструвати її та особистісні якості на ринку та проводити популяризацію професійних знань та навчально-виховну роботу з учнями

ПРН23. Вміти пропонувати нові технічні рішення, розробляти і впроваджувати нові енергозберігаючі технології та брати участь в наукових дискусіях і процедурах захисту наукових робіт різного рівня та виступів з доповідями та повідомленнями по тематиці проведених досліджень

ПРН26. Знати і розуміти особливості та можливості сучасних інформаційних технологій та їх застосування у наукових дослідженнях та вільно користуватися сучасними методами збору, обробки та інтерпретації науково-технічної інформації для підготовки проектних та аналітичних рішень, експертних висновків та рекомендацій

ПРН30. Вміти обирати необхідні методи та засоби досліджень, розробляти та аналізувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі об'єктів дослідження, що стосуються створення, експлуатації та ремонту об'єктів автомобільного транспорту

ПРН35. Знати сучасні уявлення динамічних процесів руху елементів приводів, механізмів, металоконструкції і гнучких елементів автомобільного транспорту, обґрунтувати методи їх синтезу або оптимізації конструктивних та робочих параметрів

Очікуванні результати навчання, які повинні бути досягнуті після опанування дисципліни «Триботехніка»

	Очікуванні результати навчання (ОРН)	Рівень	Шифр ПРН
1	<p>Готовність до виконання проектів зносостійких деталей та вузлів механізмів і машин.</p> <p>Знання:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– актуальних завдань триботехніки, основних положення теорії зовнішнього тертя, триботехнічних матеріалів, механіки контактної взаємодії твердих тіл, впливу механічних, хімічних і фізичних характеристик на властивості поверхонь;</li> <li>– вимог до деталей машин та критерії розрахунку типових деталей механізмів и машин</li> </ul>	I	<p><b>ПРН 1</b> <b>ПРН 2</b></p>
2	<p>Використовуючи фахову літературу, за допомогою певних методик, триботехнічних принципів конструювання вузлів тертя автотранспорту, методів підвищення зносостійкості вузлів тертя і деталей машин:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– виконати проектування вузлів з деталями, які мають поверхні тертя або кочення;</li> <li>– визначити надійність деталей та вузлів за критерієм зносостійкості;</li> <li>– зробити економічну оцінку роботи трибосистеми</li> </ul>	II	<p><b>ПРН 9</b> <b>ПРН 23</b></p>
3	<p>Володіти методологією діагностики підвищеного зносу машин на ранній стадії, що використовуються на практиці. Знати і застосовувати методологією вибору матеріалів деталей або покриттів поверхонь тертя цих деталей при конструюванні основних типів поверхонь ковзання та кочення</p>	III	<p><b>ПРН 23</b> <b>ПРН 26</b></p>
4	<p>Використовуючи кінематичну схему, кінематичні характеристики, потужність та методики розрахунку визначити сили, що діють на поверхні ковзання або кочення деталей, які контактують між собою. Здійснити обґрунтований вибір матеріалів деталей вузлів машин.</p> <p>Використовуючи фахову літературу, виконувати розробку та розрахунок зносу типових конструкцій цапф валів, осей та їх опор. За допомогою певних методів виконувати теоретичний розрахунок коефіцієнту тертя-ковзання; розрахунок підшипників ковзання</p>	IV	<p><b>ПРН 30</b> <b>ПРН 35</b></p>

## 5 Критерії оцінювання результатів навчання

Шкала ЕКТС	Очікуванні результати навчання
А	Студент глибоко і в повному обсязі засвоїв навчальний матеріал з дисципліни «Триботехніка», грамотне, вичерпне та логічне викладає його в усній або письмовій формі, може самостійно сформулювати типову задачу зниження зношування вузлів машини за її словесним описом; при цьому знає рекомендовану літературу, виявляє творчий підхід і правильно обґрунтовує схеми, раціональні методи та засоби вирішення задач триботехніки, добре володіє різносторонніми вміннями та навичками розрахунків деталей, здатний самостійно провести аналіз, узагальнення та подання результатів розрахунків деталей та вузлів механізмів
В	Студент знає навчальний матеріал з дисципліни «Триботехніка», грамотне і за суттю викладає його в усній або письмовій формі, може самостійно сформулювати типову проектну - розрахункову задачу зниження зношування вузлів машини за її словесним описом, обрати раціональні методи та засоби проектування поверхонь ковзання деталей, володіє вміннями та навичками розрахунків зносу поверхонь деталей, здатний провести аналіз, узагальнення та подання результатів розрахунків зносу деталей механізмів
С	Студент знає навчальний матеріал з дисципліни «Триботехніка», грамотно викладає його в усній або письмовій формі, припускаючи неточності в трактовці понять та категорій; може за допомогою сформулювати типову проектну - розрахункову задачу зниження зношування вузлів машини за її словесним описом, володіє вміннями та навичками розрахунків зносу поверхонь деталей, здатний провести аналіз, узагальнення та подання результатів розрахунків зносу вузлів механізмів
D	Студент знає тільки основний навчальний матеріал з дисципліни «Триботехніка», припускає неточності, недостатньо чіткі формулювання, непослідовність у викладанні відповідей в усній або письмовій формі; може за допомогою скласти типову схему зношування поверхонь деталі, невпевнено володіє вміннями та навичками при виконанні розрахунків зносу деталей, не завжди здатний провести аналіз, узагальнення та подання результатів розрахунків зносу механізмів
E	Студент знає тільки основний навчальний матеріал з дисципліни «Триботехніка», припускає грубі неточності, нечітко формулює і непослідовно дає відповіді в усній або письмовій формі; при цьому невпевнено володіє вміннями та навичками виконання розрахунків характеристик тертя, не завжди здатний провести аналіз, узагальнення та подання результатів виконаних розрахунків
FX	Студент не володіє основним навчальним матеріалом з дисципліни «Триботехніка», допускає грубі помилки, які свідчать про нерозуміння матеріалу, на запитання дає неправильні відповіді; припускає принципові помилки у трактовці понять та категорій, не володіє основними вміннями та навичками при виконанні розрахунків механізмів, потрібна додаткова навчальна робота з дисципліни
F	Студент не розуміє і не орієнтується у матеріалі, не дає відповіді на запитання; потрібний повторний курс вивчення дисципліни

Досягнення вищих оцінок за шкалою ЕКТС базується на досягнутих нижчих.

## 6 Види діагностування результатів навчання

Вид контролю	Бал
ПК1	50
ПК2	50

## Співставлення шкал оцінювання

Диференційований залік			
Бал	Оцінка ECTS	Оцінка за чотирибальною шкалою	
90 - 100	A	Відмінно	відмінно
82 - 89	B	Добре	дуже добре
75 - 81	C		добре
67 - 74	D	Задовільно	задовільно
60 - 66	E		достатньо
35 - 59	Fx	Незадовільно	незадовільно з повторним складанням контрольного заходу
1-34	F		незадовільно з повторним вивченням дисципліни

## 7 Розподіл навчального часу для денної форми навчання

Вид навчання	Семестр		Усього	
	II			
	I половина	II половина	години	кредити ECTS
	години	години		
<b>Загальний обсяг за навчальним планом</b>	<b>60</b>	<b>60</b>	<b>120</b>	<b>4</b>
<b>Навчальні заняття:</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>48</b>	
– лекції	16	16	32	
– лабораторні заняття				
– практичні заняття	8	8	16	
<b>Самостійна робота:</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>72</b>	
– підготовка до навчальних занять	12	12	24	
– виконання і захист курсової роботи				
– опрацювання розділів програми, які не викладаються на лекціях	14	14	28	
– підготовка до контрольних заходів	10	10	20	
– підсумковий контроль		<b>залік</b>		

## 8 Зміст дисципліни

Тема	Обсяг, години	
<b>Заліковий модуль 1</b>		
<b>Лекції</b>		
1. Роль триботехніки в рішенні задач сучасного машинобудування і короткий огляд сучасних теорій тертя. Природа зовнішнього тертя твердих тіл. Умови існування зовнішнього тертя. Молекулярна та механічні складові зовнішнього тертя. Види порушення фрикційних зв'язків. Основні закони процесів контактної взаємодії поверхонь, які ковзають	4	
2. Молекулярна взаємодія між тертьовими тілами. Роль молекулярної взаємодії. Кристалічна структура та її зв'язок з молекулярною взаємодією. Вакансійно-дифузійний механізм молекулярної взаємодії та явище виборчого переносу. Контакт твердих тіл. Геометричні характеристики поверхонь. Номінальна, контурна та фактична площі контакту	4	
3. Розрахункові методи визначення основних характеристик тертя. Сила та коефіцієнт тертя. Визначення молекулярної та механічної складових коефіцієнта тертя. Розрахунок сумарного коефіцієнта тертя. Методика розрахунку коефіцієнта тертя. Зношування твердих тіл. Види зношування та їх загальні закономірності. Основні розрахункові залежності зношування поверхонь деталей	4	
4. Випробування на тертя та зношування. Методи випробування тертя та зношування. Класифікація випробувальних машин та устаткувань. Методи вимірювання зношення, сили тертя та температури. Вплив умов тертя на фрикційні характеристики та зношування. Методи практичної реалізації позитивного градієнта зсувного опору	4	
<b>Практичні заняття</b>		
1. Теоретичний розрахунок коефіцієнту тертя-ковзання	8	
<b>Самостійна робота</b>		
1. Підготовка до навчальних занять	12	
2. Опрацювання розділів програми, які не викладаються на лекціях: 1) Зв'язок опору втоми деталей з тертям і зношуванням	14	
3. Підготовка до поточного контролю	10	
<b>Контрольний захід: ПК1</b>		
<b>Усього годин/кредитів ECTS</b>		<b>60/2</b>



## Заліковий модуль 2

### Лекції

5. Формування граничних мастильних шарів та плівок на тертьових поверхнях із мастильного середовища. Метал та його поверхня. Утворення граничних мастильних шарів на поверхні металу та їх будова. Механізм мастильної дії граничних мастильних шарів. Сучасні протизносні та протизадирні присадки. Мастильні матеріали на водяній основі. Пластичні мастильні матеріали. Розпушення поверхневого шару. Адсорбційне пластифікування поверхні. Механічна деструкція. Сумісна дія ПАШ та кисню в процесі тертя	4
6. Основні напрямки застосування і типи твердих мастильних матеріалів. Антифрикційні та зносостійкі покриття	4
7. Формування поверхневих структур з низькою адгезією. Антифрикційні самозмащувальні матеріали	4
8. Фрикційні матеріали. Підвищення твердості (міцності підложки). Застосування металевих сплавів. Зміцнення поверхневого шару пластичним деформуванням, термічною та хіміко-термічною обробками. Системи та способи змащення. Підвищення зносостійкості деталей і вузлів машин	4

### Практичне заняття

2. Розрахунок радіального підшипника ковзання	8
-----------------------------------------------	---

### Самостійна робота

1. Підготовка до навчальних занять	12
2. Опрацювання розділів програми, які не викладаються на лекціях: 1) Тертя і зношування металів в вуглеводневих рідинах	14
3. Підготовка до поточного контролю	10

### Контрольний захід: ПК2

<b>Усього годин/кредитів ECTS</b>	<b>60/2</b>
<b>Разом годин/кредитів ECTS</b>	<b>120/4</b>

### 8.1 Опрацювання розділів програми, які не викладаються на лекціях

№	Назва розділу (теми) та його зміст	Обсяг, години	Література
1	Зв'язок опору втоми деталей з тертям і зношуванням	14	5
2	Тертя і зношування металів в вуглеводневих рідинах	14	9

## 9 Складова робочої програми дисципліни для заочно-дистанційної форми навчання

Дисципліна «Триботехніка»

Кафедра «Прикладна механіка та матеріалознавство»

Код і назва спеціальності	Назва ОПП
274 Автомобільний транспорт	Автомобілі та автомобільне господарство

### Розподіл навчального часу за навчальним планом

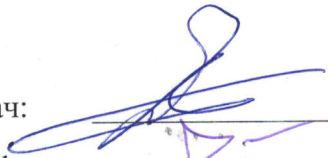
Номер семестру	Розподіл навчального часу, год/кредитів	Аудиторні заняття, годин			Самостійна робота, годин			Форма підсумкового контролю
		всього	у тому числі		всього	у тому числі		
			лекції	практичні		опрацювання дистанційних лекцій з елементами діяльності	Практичні заняття в СДН	
II	120/4	8	8		112	72	40	залік

### Календарний план навчальних занять і робіт

Номер семестру	Вид занять/робіт	Кількість годин	Тема занять (лекції, практичні та ін. роботи)	Література
II	Аудиторні заняття			
	Лекція	2	Молекулярна та механічні складові зовнішнього тертя. Види порушення фрикційних зв'язків. Основні закони процесів контактної взаємодії поверхонь, які ковзають	[1 – 5] [6 – 9]
	Лекція	2	Розрахункові методи визначення основних характеристик тертя. Сила та коефіцієнт тертя. Визначення молекулярної та механічної складових коефіцієнта тертя. Розрахунок сумарного коефіцієнта тертя. Методика розрахунку коефіцієнта тертя.	[1 – 5] [6 – 9]
	Лекція	2	Основні напрямки застосування і типи твердих мастильних матеріалів. Антифрикційні та зносостійкі покриття	[1 – 5] [6 – 9]
	Лекція	2	Фрикційні матеріали. Підвищення твердості (міцності підложки). Застосування металевих сплавів. Зміцнення поверхневого шару пластичним деформуванням, термічною та хіміко-термічною обробками. Системи та способи змащення. Підвищення зносостійкості деталей і вузлів машин	[1 – 5] [6 – 9]

Номер семестру	Вид занять/робіт	Кількість годин	Тема занять (лекції, практичні та ін. роботи)	Література
	Самостійна робота			
		36	За темами лекцій «Залікового модуль 1»	[1 – 5] [14]
		36	За темами лекцій «Залікового модуль 2»	[1 – 5] [14]
	Практичні заняття	20	За темами лекцій «Залікового модуль 1»	[1 – 5] [14]
		20	За темами лекцій «Залікового модуль 2»	[1 – 5] [14]

Укладач:



П. Г. Анофрієв

« 27 » 08 2020 р.

Зав. кафедри



С. В. Ракша

« 27 » 08 2020 р.

НВ



Л. Є. Андрашко

« 02 » 09 2020 р.

## 10 Методи навчання

**Лекції** є інформаційно-словесними з використанням електронних дидактичних демонстраційних матеріалів (презентацій). Застосовуються на лекції такі методи, як бесіда та евристична бесіда, під час яких використовується чітка система, заздалегідь визначених запитань, які сприяють активному засвоєнню студентами системи фактів, нових понять та закономірностей.

**Підготовка до лекції** передбачає опрацювання матеріалу попередньої лекції за конспектом, підручником [1 - 5], системою дистанційного навчання (СДН) «Лідер» [15].

**Практичні заняття** починаються з пояснення з використанням електронних дидактичних демонстраційних матеріалів (презентації). Далі виконуються тренувальні вправи за певним зразком.

**Підготовка до практичних занять** передбачає опрацювання завдань попереднього заняття та виконання тестових завдань для самоконтролю в СДН «Лідер» [14].

**Лабораторні заняття** починаються з пояснення з використанням електронних дидактичних демонстраційних матеріалів (презентації). Далі виконуються вимірювання та обробка отриманих даних за певним алгоритмом.

Опрацювання розділів програми, які не розглядаються під час лекцій, передбачає підготовку студентами конспекту відповідних тематичних питань. Для цього використовуються підручники [1 - 9], СДН «Лідер» [14], мережеві інтернет-ресурси [10 - 13].

**Підготовка до поточного контролю** передбачає опрацювання теоретичних питань, перелік яких розміщений в СДН «Лідер» та виконання тестів для самоконтролю [14].

## 11 Методи оцінювання

Вид контролю	Метод демонстрування результатів навчання	Бал
ПК1	Тестування з кількістю тестових завдань – 20, тривалістю 60 хв, з тематики «Залікового модулю 1»	30...50
ПК2	Тестування з кількістю тестових завдань – 20, тривалістю 60 хв, з тематики «Залікового модулю 2»	30...50
	Всього	60...100

### Рекомендована література

#### Основна

1. Пенкин Н.С. Основы трибологии и триботехники: учеб. пособие / Н.С. Пенкин, А.Н. Пенкин., Сербии В.М. – М.: Машиностроение, 2014. – 206 с.
2. Елагина О.Ю. Технологические методы повышения износостойкости деталей машин учеб. пособие / О.Ю. Елагина. – М. : Логос, 2009. – 486 с.
3. Комбалов В.С. Методы и средства испытаний на трение и износ конструкционных и смазочных материалов: справочник / Под ред. К.В. Фролова, Е.А. Марченко. – М.: Машиностроение, 2012. – 384 с.

4. Войнов К.Н. Триботехника и надежность механических систем: Учеб.-метод. Пособие / К.Н. Войнов. – СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2014. – 74 с.
5. Гаркунов Д.Н. Триботехника (износ и безизносность): Учебник / Д.Н. Гаркунов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство МСХА, 2001. – 616 с.

#### **Додаткова**

6. Костецкий Б.И. Трение, смазка и износ в машинах / Б.И. Костецкий. – Киев: Техника, 1970. – 396 с.
7. Язь Д.С. Испытание на трение и износ. Методы и оборудование/ Д.С. Язь, Н.Б. Подмоков, И.С. Дяденко. – Киев: Техника, 1971. – 140 с.
8. Словарь справочник по трению, износу и смазке деталей машин. Киев: Наукова думка, 1972. – 188 с.
9. Аксенов А.Ф. Трение и изнашивание металлов в углеводородных жидкостях / А.Ф. Аксенов. – М.: Машиностроение, 1977. – 152 с.

#### **Інформаційні ресурси**

Вивчення дисципліни передбачає вміння здобувача вищої освіти використовувати різні інформаційні ресурси, у тому числі Інтернет-джерела.

10. Національна бібліотека України ім. В. І. Вернадського [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.nbuv.gov.ua>.
11. Національна парламентська бібліотека України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.nplu.kiev.ua>.
12. Харківська державна наукова бібліотека ім. Короленка [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://korolenko.kharkov.com>.
13. Науково-технічна бібліотека ДНУЗТ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://library.diit.edu.ua/>
14. Анофрієв П.Г. Дистанційний курс. Триботехніка [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://lider.diit.edu.ua>.