

**Силабус  
освітнього компоненту ВД 03**

**Теорія тертя, зношування та змащення машин**

Назва дисципліни:	<b>Теорія тертя, зношування та змащення машин</b>
Рівень вищої освіти:	<b>третій (освітньо-науковий)</b>
Сторінка курсу в Moodle:	<b><a href="https://dl.khadi.kharkov.ua/course/view.php?id=2824">https://dl.khadi.kharkov.ua/course/view.php?id=2824</a></b>
Обсяг освітнього компоненту	<b>4 кредити (120 годин)</b>
Форма підсумкового контролю	<b>Залік</b>
Консультації:	<b>за графіком</b>
Назва кафедри:	<b>кафедра будівельних та дорожніх машин ім. А.М. Холодова</b>
Мова викладання:	<b>українська</b>
Керівник курсу:	<b>Косолапов Віктор Борисович, к.т.н., доцент</b>
Контактний телефон:	<b>+38 (057) 358-77-97</b>
E-mail:	<b>kaf_bdm@ukr.net</b>

**Короткий зміст освітнього компоненту:**

**Метою є** розвинення дослідницьких навиків в області теорії тертя зношування та змащення машин, продукування нових теоретичних знань щодо сучасних моделей, концепцій, практичні навички та вміння застосовувати основні методи та підходи для пошуку та розкриття джерел розвитку підйомно-транспортних, дорожніх, будівельних, меліоративних машин і обладнання.

**Предмет:** теоретичні та методологічні основи, методичні положення наукових напрямків теорії тертя зношування та змащення машин на сучасному етапі.

**Основними завданнями вивчення навчальної дисципліни є:**

- обґрунтування і представлення єдиних теоретико-методологічних основ теорії тертя зношування та змащення машин;
- вивчення генезису теорії тертя зношування та змащення машин;
- формування напрямків удосконалення і розвитку підйомно-транспортних, дорожніх, будівельних, меліоративних машин і обладнання на засадах сучасних уявлень щодо теорії тертя зношування та змащення машин;
- формування навичок організації самостійної науково-дослідницької роботи і презентації результатів наукових досліджень.

**Передумови для вивчення освітнього компоненту:**

Методологія наукової діяльності; Методи математичного моделювання робочих процесів машин.

**Компетентності, яких набуває здобувач:**

**Загальні компетентності:**

- Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу;
- Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел;
- Здатність працювати в міжнародному контексті;
- Здатність до особистого та професійного розвитку.

**Спеціальні (фахові) компетентності:**

Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання та технології у галузевому машинобудуванні та дотичних до нього міждисциплінарних напрямках і можуть бути опубліковані у провідних наукових виданнях з галузевого машинобудування та суміжних галузей.

Здатність ініціювати, розробляти і реалізовувати комплексні інноваційні проекти в механічній інженерії та дотичні до неї міждисциплінарні проекти.

Здатність застосовувати сучасні інформаційні технології у різних видах професійної діяльності.

Здатність до діагностування для визначення можливості використання окремих механізмів і деталей піднімально-транспортних, будівельних і дорожніх машин.

**Результати навчання відповідно до освітньої програми:**

Мати передові концептуальні та методологічні знання з механічної інженерії та технологій на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення досліджень на рівні останніх світових досягнень з відповідного напрямку, отримання нових тань та/або здійснення інновацій

Формулювати і перевіряти гіпотези, використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати теоретичною аналізу, експериментальних досліджень і математичного та або комп'ютерною моделювання, наявні літературні дані.

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 галузевому машинобудуванні та дотичних міждисциплінарних напрямках.

Застосовувати сучасні методи діагностування для визначення можливості використання окремих механізмів і деталей піднімально-транспортних, будівельних і дорожні машин.

Мати передові концептуальні знання, які дозволяють оцінювати перспективи розвитку піднімально-транспортних, будівельних і дорожніх машин на основі сучасних наукових теорій.

**Тематичний план**

№ теми	Назва тем (ЛК, ЛР, ПР, СЗ, СР)	Кількість годин	
		очна	заочна
1	ЛК Історія трибології Зародження науки про терті. Сучасні уявлення про подвійну природу тертя.	1	
	ПР (ЛР, СЗ)	-	
	СР Сучасні уявлення про подвійну природу тертя	2	
2	ЛК Фізика і хімія поверхонь твердих тіл Структура поверхневих шарів твердих тіл і її зміна в процесі тертя. Атомна природа поверхонь тертя. Природа і типи поверхневих сил..	2	
	ПР (ЛР, СЗ)		
	СР Структура поверхневих шарів твердих тіл. Природа поверхневих сил..	8	
3	ЛК Геометрія твердих поверхонь. Загальне уявлення про реальну топографії поверхні деталей машин і умовах її формування. Макровідхилення, хвилястість, шорсткість, субшорсткість. Поняття про рівноважну шорсткість. Сучасні методи вимірювання топографії реальних поверхонь. Методи опису та моделювання реальних поверхонь.	2	

	ПР (ЛР, СЗ) - СР Фізичні основи формування рівноважної шорсткості	14	
4	ЛК Механіка контакту Деформація металів і полімерів. Механізми пружної, в'язкопружної і пластичної деформацій. Пружний контакт. Пластичний контакт. Пружно-пластичний контакт. Залишкові напруги. В'язкопружний контакт.	2	
	ПР (ЛР, СЗ) Визначення фактичної площадки трибосполучення	2	
	СР Дотик та зближення шорсткуватих поверхонь під навантаженням.	12	
5	ЛК Тертя ковзання при відсутності змащення Основні закони тертя (закони Кулона-Амонтонна). Формування фрикційних зв'язків. Тертя спокою. Перехід від тертя спокою до тертя ковзання. Подвійна природа тертя. Адгезійна і деформаційна складові тертя. Прості моделі тертя. Основні теорії тертя (молекулярна, молекулярно-кінетична, енергетична та ін.).	2	
	ПР (ЛР, СЗ) - СР Сучасні теорії тертя та їх математичні моделі	12	
6	ЛК Тертя при граничному змащенні Утворення граничних адсорбційних шарів, їх будова, орієнтація, розклинююча дія. Специфічні властивості мастильних матеріалів в граничному шарі.	2	
	ПР (ЛР, СЗ) Визначення фактичної площадки рухомого трибосполучення з урахуванням граничної плівки ПАР	2	
	СР Механізм мастильної дії і руйнування граничних шарів.	12	
7	ЛК Зношування матеріалів і деталей машин Проста модель зношування. Рівняння Арчарда. Основні механізми зношування. Втомне зношування. Корозійне зношування. Кінетика зношування трибосистем. Методи підвищення зносостійкості деталей машин (конструкційні, технологічні, матеріалознавчі, експлуатаційні).	5	
	ПР (ЛР, СЗ) Визначення питомого навантаження у рухомому трибосполученні з урахуванням граничної плівки ПАР	4	
	СР Фізичні засади основних моделей зношування	36	
<b>Разом</b>	ЛК	16	
	ПР (ЛР, СЗ)	8	
	СР	96	

#### Методи навчання:

##### 1) словесні:

- 1.1 традиційні: лекції, пояснення, розповідь, консультації;
- 1.2 інтерактивні (нетрадиційні): проблемні лекції, дискусії;

##### 2) наочні: метод ілюстрацій, метод демонстрацій

##### 3) практичні:

- 3.1 традиційні: практичні заняття, семінари;

3.2 інтерактивні (нетрадиційні): діалогічний з обговоренням, робота з науковою та нормативною літературою, аналітико-доказовий у поєднанні з оціночним методом.

**Форми та методи оцінювання:**

оцінювання самостійної роботи, розрахункові роботи, оцінювання внесених пропозицій, оригінальних рішень та уточнень, презентації та виступи здобувачів на наукових заходах, залік

**Система оцінювання та вимоги:**

**Поточна успішність**

**1** Поточна успішність здобувачів за виконання навчальних видів робіт на навчальних заняттях і за виконання завдань самостійної роботи оцінюється за допомогою чотирибальної шкали оцінок з наступним перерахуванням у 100-бальною шкалу. Під час оцінювання поточної успішності враховуються всі види робіт, передбачені навчальною програмою.

**1.1** Лекційні заняття оцінюються шляхом визначення якості виконання конкретизованих завдань.

**1.2** Практичні заняття оцінюються якістю виконання контрольного або індивідуального завдання, виконання та оформлення практичної роботи.

**1.3** Семінарські заняття оцінюються якістю виконання індивідуального завдання/реферату.

**2** Оцінювання поточної успішності здобувачів вищої освіти здійснюється на кожному практичному занятті (семінарському) за чотирибальною шкалою («5», «4», «3», «2») і заносяться у журнал обліку академічної успішності.

– «відмінно»: здобувач бездоганно засвоїв теоретичний матеріал, демонструє глибокі знання з відповідної теми або навчальної дисципліни, основні положення;

– «добре»: здобувач добре засвоїв теоретичний матеріал, володіє основними аспектами з першоджерел та рекомендованої літератури, аргументовано викладає його; має практичні навички, висловлює свої міркування з приводу тих чи інших проблем, але припускається певних неточностей і похибок у логіці викладу теоретичного змісту або при аналізі практичного;

– «задовільно»: здобувач в основному опанував теоретичні знання навчальної теми, або дисципліни, орієнтується у першоджерелах та рекомендованій літературі, але непереконливо відповідає, плутає поняття, невпевнено відповідає на додаткові питання, не має стабільних знань; відповідаючи на питання практичного характеру, виявляє неточність у знаннях, не вміє оцінювати факти та явища, пов'язувати їх із майбутньою професією;

– «незадовільно»: здобувач не опанував навчальний матеріал теми (дисципліни), не знає наукових фактів, визначень, майже не орієнтується в першоджерелах та рекомендованій літературі, відсутнє наукове мислення, практичні навички не сформовані.

**3** Підсумковий бал за поточну діяльність визнається як середньоарифметична сума балів за кожне заняття, за індивідуальну роботу, поточні контрольні роботи за формулою:

$$K^{поточ} = \frac{K1 + K2 + \dots + Kn}{n},$$

де  $K^{поточ}$  – підсумкова оцінка успішності за результатами поточного контролю;

$K1, K2, \dots, Kn$  – оцінка успішності  $n$ -го заходу поточного контролю;

$n$  – кількість заходів поточного контролю.

Оцінки конвертуються у бали згідно шкали перерахунку (таблиця 1).

**Таблиця 1** – Перерахунок середньої оцінки за поточну діяльність у багатобальну шкалу

4-бальна шкала	100-бальна шкала	4- бальна шкала	100-бальна шкала	4- бальна шкала	100-бальна шкала	4- бальна шкала	100- бальна шкала
5	100	4,45	89	3,90	78	3,35	67
4,95	99	4,4	88	3,85	77	3,3	66
4,9	98	4,35	87	3,80	76	3,25	65
4,85	97	4,3	86	3,75	75	3,2	64
4,8	96	4,25	85	3,7	74	3,15	63
4,75	95	4,20	84	3,65	73	3,1	62
4,7	94	4,15	83	3,60	72	3,05	61
4,65	93	4,10	82	3,55	71	3	60
4,6	92	4,05	81	3,5	70	від 1,78 до 2,99	від 35 до 59
						повторне складання	
4,55	91	4,00	80	3,45	69	від 0 до 1,77	від 0 до 34
4,5	90	3,95	79	3,4	68	повторне вивчення	

### Підсумкове оцінювання

**1** Здобувач вищої освіти отримує залік на останньому занятті з дисципліни за результатами поточного оцінювання. Середня оцінка за поточну діяльність конвертується у бали за 100-бальною шкалою, відповідно до таблиці перерахунку (таблиця 1).

Здобувачі вищої освіти, які мають середню поточну оцінку з дисципліни нижче ніж «3» (60 балів), на останньому занятті можуть підвищити свій поточний бал шляхом складання тестів з дисципліни.

Оцінювання знань здобувачів шляхом тестування здійснюється за шкалою:

- «Відмінно»: не менше 90 % правильних відповідей;
- «Дуже добре»: від 82 % до 89 % правильних відповідей;
- «Добре»: від 74 % до 81 % правильних відповідей;
- «Задовільно»: від 67 % до 73% правильних відповідей;
- «Задовільно достатньо»: від 60 % до 66 % правильних відповідей;
- «Незадовільно»: менше 60 % правильних відповідей.

**2** Умовою отримання заліку є:

- відпрацювання всіх пропущених занять;
- середня поточна оцінка з дисципліни не нижче «3» (60 балів).

**3** За виконання індивідуальної самостійної роботи та участь у наукових заходах здобувачам нараховуються додаткові бали.

**3.1** Додаткові бали додаються до суми балів, набраних здобувачем вищої освіти за поточну навчальну діяльність .

**3.2** Кількість додаткових балів, яка нараховується за різні види індивідуальних завдань, залежить від їх об'єму та значимості:

- призові місця з дисципліни на міжнародному / всеукраїнському конкурсі наукових студентських робіт – 20 балів;
- призові місця з дисципліни на всеукраїнських олімпіадах – 20 балів;
- участь у міжнародному / всеукраїнському конкурсі наукових студентських робіт – 15 балів

- участь у міжнародних / всеукраїнських наукових конференціях студентів та молодих вчених – 12 балів;
- участь у всеукраїнських олімпіадах з дисципліни – 10 балів
- участь в олімпіадах і наукових конференціях ХНАДУ з дисципліни – 5 балів;
- виконання індивідуальних науково-дослідних (навчально-дослідних) завдань підвищеної складності – 5 балів.

**3.3** Кількість додаткових балів не може перевищувати 20 балів.

**4** Результат навчання оцінюється

– за двобальною шкалою (зараховано/не зараховано) згідно з таблицею 2;

Підсумкова оцінка разом з додатковими балами не може перевищувати 100 балів.

**Таблиця 2** – Шкала переведення балів у національну систему оцінювання

За 100-бальною шкалою	За національною шкалою
від 60 балів до 100 балів	зараховано
менше 60 балів	незараховано

**Таблиця 3** – Шкала оцінювання знань здобувачів за результатами підсумкового контролю з навчальної дисципліни

Оцінка в балах	Оцінка за національною шкалою		Оцінка за шкалою ЄКТС	
	екзамен	залік	Оцінка	Критерії
<b>90-100</b>	<b>Відмінно</b>	<b>Зараховано</b>	<b>A</b>	Теоретичний зміст курсу освоєний цілком, без прогалин, необхідні практичні навички роботи з освоєним матеріалом сформовані, усі передбачені програмою навчання навчальні завдання виконані, якість їхнього виконання оцінено числом балів, близьким до максимального
<b>80–89</b>	<b>Добре</b>	<b>Зараховано</b>	<b>B</b>	Теоретичний зміст курсу освоєний цілком, без прогалин, необхідні практичні навички роботи з освоєним матеріалом в основному сформовані, усі передбачені програмою навчання навчальні завдання виконані, якість виконання більшості з них оцінено числом балів, близьким до максимального
<b>75-79</b>			<b>C</b>	Теоретичний зміст курсу освоєний цілком, без прогалин, деякі практичні навички роботи з освоєним матеріалом сформовані недостатньо, усі передбачені програмою навчання навчальні завдання виконані, якість виконання жодного з них не оцінено мінімальним числом балів, деякі види завдань виконані з помилками

Оцінка в балах	Оцінка за національною шкалою		Оцінка за шкалою ЄКТС	
	екзамен	залік	Оцінка	Критерії
67-74	Задовільно		<b>D</b>	Теоретичний зміст курсу освоєний частково, але прогалини не носять істотного характеру, необхідні практичні навички роботи з освоєним матеріалом в основному сформовані, більшість передбачених програмою навчання навчальних завдань виконано, деякі з виконаних завдань, можливо, містять помилки
60-66			<b>E</b>	Теоретичний зміст курсу освоєний частково, деякі практичні навички роботи не сформовані, багато передбачених програмою навчання навчальних завдань не виконані, або якість виконання деяких з них оцінено числом балів, близьким до мінімального.
35-59	Незадовільно	Не зараховано	<b>FX</b>	Теоретичний зміст курсу освоєний частково, необхідні практичні навички роботи не сформовані, більшість передбачених програм навчання навчальних завдань не виконано, або якість їхнього виконання оцінено числом балів, близьким до мінімального; при додатковій самостійній роботі над матеріалом курсу можливе підвищення якості виконання навчальних завдань (з можливістю повторного складання)
0-34			<b>F</b>	Теоретичний зміст курсу не освоєно, необхідні практичні навички роботи не сформовані, усі виконані навчальні завдання містять грубі помилки, додаткова самостійна робота над матеріалом курсу не приведе до якого-небудь значущого підвищення якості виконання навчальних завдань (з обов'язковим повторним курсом)

### Політика курсу:

- курс передбачає роботу в колективі, середовище в аудиторії є дружнім, творчим, відкритим до конструктивної критики;
- освоєння дисципліни передбачає обов'язкове відвідування лекцій і практичних занять, а також самостійну роботу;
- самостійна робота передбачає вивчення окремих тем навчальної дисципліни, які винесені відповідно до програми на самостійне опрацювання, або ж були розглянуті стисло;
- усі завдання, передбачені програмою, мають бути виконані у встановлений термін;
- якщо здобувач вищої освіти відсутній на заняттях з поважної причини, він презентує виконані завдання під час самостійної підготовки та консультації викладача;

– під час вивчення курсу здобувачі вищої освіти повинні дотримуватись правил академічної доброчесності, викладених у таких документах: «Правила академічної доброчесності учасників освітнього процесу ХНАДУ» ([https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P\\_Standart/pologeniya/stvz\\_67\\_01\\_dobroch\\_1.pdf](https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P_Standart/pologeniya/stvz_67_01_dobroch_1.pdf)), «Академічна доброчесність. Перевірка тексту академічних, наукових та кваліфікаційних робіт на плагіат» ([https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P\\_Standart/pologeniya/stvz\\_85\\_1\\_01.pdf](https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P_Standart/pologeniya/stvz_85_1_01.pdf)), «Морально-етичний кодекс учасників освітнього процесу ХНАДУ» ([https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P\\_Standart/pologeniya/stvz\\_67\\_01\\_MEK\\_1.pdf](https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P_Standart/pologeniya/stvz_67_01_MEK_1.pdf)).

– у разі виявлення факту плагіату здобувач отримує за завдання 0 балів і повинен повторно виконати завдання, які передбачені у силабусі;

– списування під час контрольних робіт та екзаменів заборонені (в т.ч. із використанням мобільних пристроїв). Мобільні пристрої дозволяється використовувати лише під час он-лайн тестування.

### **Рекомендована література:**

1. Ахматов А.С. Молекулярная физика граничного трения. – М.: Физматгиз, 1962. – 472 с.
2. Кіндрачук М. Трибологія / М. Кіндрачук, В. Лабунець, М. Пашечко, Є. Корбут // Київ. Видавництво НАУ, 2009 – 392 с.
3. Закалов О.В. Основи тертя і зношування в машинах. Навчальний посібник / О.В. Закалов, І.О. Закалов // Тернопіль, ТНТУ ім. І. Пулюя, 2011. – 322 с..
4. Косолапов В.Б. Надмолекулярные структуры жидких смазочных сред и их влияние на износ технических систем: Монография / Е.Н. Лысиков, В.Б. Косолапов, С.В. Воронин // Харьков: ЭДЭНА, 2009. -274 с.

### **Додаткова література:**

1. «Триботехніка». Курс лекцій / Д.П. Журавель, О.Ю. Новик, А.М. Бондар, К.Г. Петренко // Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2019. – 280 с.
2. Linck V. Modeling the consequences of local kinematics of the first body on friction and third body sources in wear / V. Linck, L. Baillet, Y. Berthier // Wear. - 2003. - Vol.225, Iss. 1-6. - P. 299-308.
3. Stromberg N. A method for structural dynamic contact problems with friction and wear / N. Stromberg // International journal for Numerical Methods in Engineering. -2003. - Vol. 58, № 15. - P. 2371-2385.
4. Banjac M. Friction and Wear Processes—Thermodynamic Approach/ M. Banjac, A. Vend, S. Otovic // Tribology in Industry Vol. 36, No. 4. 2014. P.341-347 (URL: <http://oaji.net/journal-archive-stats.html?number=664>)
5. Косолапов В.Б. Обґрунтування впливу параметрів робочої рідини гідроприводу маніпулятора форвардера на його продуктивність / В.Б. Косолапов, С.В. Літовка // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка, «Деревооброблювальні технології та системотехніка лісового комплексу» випуск 189 Харків.: ХНТУСГ, 2017 Випуск. 189.– С 155-161
6. Косолапов В.Б. Влияние микрогеометрии поверхностей трения качающего узла аксиально-поршневого насоса на несущую способность адсорбированной на них пленки ПАВ / В.Б. Косолапов, С.В. Літовка // Технология приборостроения, научно-технический журнал №2, Харьков.: НИТИП, 2018.- С 45-48
7. Косолапов В.Б.. Дослідження протизносних властивостей мастильної плівки робочої рідини гідроприводу машин у процесі експлуатації // Матеріали III Всеукраїнської науково-технічної конференції «Створення, експлуатація і ремонт



автомобільного транспорту та будівельної техніки» Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, 24 – 25.04.2019. - С 49-51

8. Косолапов В.Б. Модель формування локального напруженого стану в основі мікронерівностей при їх взаємодії / Віктор Борисович Косолапов. // Вісник ХНАДУ. – 2020. – №88. – С.115 – 119.

9. Косолапов В.Б. Оцінка впливу наробітку робочої рідини на вихідні параметри гідромотора трансмісії фронтального навантажувача / Віктор Борисович Косолапов. // Вісник ХНАДУ. 2021. № 92 т. 1 – С. 160 – 166.

10. Косолапов В.Б. Формування адсорбційного шару пар на мікронерівностях поверхонь тертя// Вісник ХНАДУ. 2021. – № 95. С. 38 – 42.

### **Інформаційні ресурси**

1. Електронні ресурси Національної бібліотеки України ім.. В.І. Вернадського [www.nbuv.gov.ua](http://www.nbuv.gov.ua)

2. Електронні ресурси порталу Springer Link <https://link.springer.com/>

3. Навчальний сайт ХНАДУ <https://dl.khadi.kharkov.ua/course/view.php?id=2824>

Розробник

силабусу навчальної дисципліни \_\_\_\_\_  
підпис

Віктор КОСОЛАПОВ  
ПІБ

Гарант освітньо-професійної програми

\_\_\_\_\_  
підпис

Наталія ФІДРОВСЬКА  
ПІБ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_

Наталія ФІДРОВСЬКА \_\_\_\_\_