

**ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Факультет інженерії, транспорту та архітектури**  
**Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства**



**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Декан факультету інженерії,  
транспорту та архітектури

Віктор ОЛЕКСАНДРЕНКО

*Трабач* 2024 р.

**СИЛАБУС**

Навчальна дисципліна Тертя, змащення та знос матеріалів  
 Освітньо-професійна програма Автомобільний транспорт  
 Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

**Загальна інформація**

|                           |   |
|---------------------------|---|
| Позиція                   | Зміст інформації  |
| Викладач(і)               | <b>Маковкін Олег Миколайович</b>  |
| Профайл викладача         | <a href="http://znm.khnu.km.ua/vykladatskyj-sklad/">http://znm.khnu.km.ua/vykladatskyj-sklad/</a>           |
| E-mail викладача(ів)      | makovkin@ukr.net  |
| Контактний телефон        | +38-0682025321  |
| Сторінка дисципліни в ІСУ | <a href="https://msn.khnu.km.ua/enrol/index.php?id=2446">https://msn.khnu.km.ua/enrol/index.php?id=2446</a> |
| Навчальний рік            | 2023-2024   |
| Консультації              | <b>Очні:</b> четвер, 5-а пара, 4-228.<br><b>Онлайн:</b> за необхідністю та попередньою домовленістю         |

**Характеристика дисципліни**

| Форма навчання | Курс | Семестр | Обсяг дисципліни | Кількість годин |                   |        |                    |                   |                     |                               | Форма семестрового контролю |                |       |       |
|----------------|------|---------|------------------|-----------------|-------------------|--------|--------------------|-------------------|---------------------|-------------------------------|-----------------------------|----------------|-------|-------|
|                |      |         |                  | Кредити ЄКТС    | Аудиторні заняття |        |                    |                   |                     | Самостійна робота, у т.ч. ІРС | Курсовий проєкт             | Курсова робота | Залік | Іспит |
|                |      |         |                  |                 | Разом             | Лекції | Лабораторні роботи | Практичні заняття | Семінарські заняття |                               |                             |                |       |       |
| Д              | 2    | 4       | 5                | 150             | 36                | 18     |                    |                   | 96                  |                               |                             | +              |       |       |
| З              | 2    | 4       | 5                | 150             | 2                 | 2      |                    |                   | 146                 |                               |                             | +              |       |       |

### Анотація навчальної дисципліни

Дисципліна «Тертя, змащування та знос машин» є однією із основних дисциплін циклу вибіркових дисциплін і займає провідне місце у підготовці фахівців освітнього рівня «бакалавр» за спеціальністю 132 «Матеріалознавство» за основи освітньо-професійною програмою «Матеріалознавство».

**Пререквізити** – ОЗП.01 Математика; ОЗП.02 Фізика

**Кореквізити** – ОПП.03 Прикладна механіка

### Мета і завдання дисципліни

**Мета дисципліни.** Формування особистості фахівця, здатного виявляти та вирішувати типові та складні завдання причин зношування вузлів та механізмів по причині феномена тертя.

**Завдання дисципліни.** Формування у майбутніх фахівців володіння теорією та методами розрахунків та випробувань вузлів тертя. Знати місце трибології в системі технічних і практичних знань, основні закони і моделі тертя, зношування і змащування. Принцип оптимізації властивостей трибосистеми при створенні машин, що володіють властивістю енерго- та матеріаломісткості.

### Очікувані результати навчання.

Після вивчення дисципліни студент має: Після вивчення дисципліни студент має: вміти . ПРН 30. Аналізувати основні види відмов деталей автомобілів, ідентифікувати їх причини; ПРН 31. Розробляти технологічні процеси відновлення зношених поверхонь деталей автомобіля; ПРН 32. Застосовувати засоби технічного сервісу автомобілів в умовах авторемонтних виробництв, проектувати авторемонтні дільниці.

### Тематичний і календарний план вивчення дисципліни

| № тижня | Тема лекції   | Тема лабораторної роботи  | Самостійна робота студентів  |     |  |
|---------|---|---|--|-----|--|
|         |   |   | Зміст  | Год | Література   |
| 1       | 2   | 3   | 4  | 5   | 6  |
| 1       | <b>Параметри шорсткості поверхонь. нормування шорсткості поверхонь</b>        | Визначення коефіцієнта тертя за допомогою методу похилої поверхні | Опрацювання лекційного матеріалу.  | 3   | [ 1, с. 10-12;<br>3, с. 76-80;<br>4, с. 3-6;<br>5, с. 5-9.]  |
| 2       | <b>Контакт шорстких тіл</b>   |   | Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до виконання лабораторної роботи. №1. | 3   | [ 1, с. 12-16;<br>3, с. 85-87;<br>4, с. 6-9;<br>5, с. 5-9.]  |
| 3       | <b>Експериментальні методи в контакті шорстких тіл</b>                        | Визначення коефіцієнта тертя за допомогою методу похилої поверхні | Опрацювання лекційного матеріалу. Захист лаб. роб. №1.                             | 6   | [ 1, с. 16-34;<br>3, с. 87-95;<br>4, с. 9-11;<br>5, с. 5-9.] |
| 4       | <b>Будова поверхневих шарів пар тертя</b>                                     |   | Опрацювання лекційного матеріалу.  | 6   | [ 1, с. 32-36;<br>3, с. 115-117;<br>5, с. 5-9.]              |
| 5       | <b>Фізико-хімічні властивості поверхонь деталей і контактування поверхонь</b> | Визначення коефіцієнта сили сухого тертя (тертя кочення)          | Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до виконання лабораторної роботи №2.  | 6   | [ 1, с. 38-43;<br>3, с. 117-127;<br>5, с. 10-15.]            |

|    |  |  |   |   |  |
|----|--|--|---|---|--|
| 6  | <b>Поверхневий натяг</b>   |  | Опрацювання лекційного матеріалу. Захист лаб.роб. №2.                             | 6 | [ 1, с. 44-65;<br>3, с. 21-24;<br>5, с. 10-15.]                      |
| 7  | <b>Поняття про вибіркове перенесення</b>   | Визначення коефіцієнта сили сухого тертя (тертя кочення) | Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до тестового контролю                | 6 | [ 1, с. 44-65;<br>3, с. 25-30;<br>5, с. 10-15.]                      |
| 8  | <b>Теорії тертя</b>  |  | Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до виконання лабораторної роботи №3. | 6 | [ 1, с. 64-95;<br>3, с. 30-32;<br>5, с. 15-20]                       |
| 9  | <b>Структурно-енергетична теорія зовнішнього тертя</b>   | Тест 1   | Опрацювання лекційного матеріалу. Тестовий контроль з пройденого матеріалу        | 6 | [ 1, с. 112-119;<br>3, с. 43-45;<br>4, с. 14-19;<br>5, с. 15-20]     |
| 10 | <b>Забруднення поверхонь. плівки на металічних поверхнях, особливості тертя в умовах вакууму</b> |  | Опрацювання лекційного матеріалу. Захист лаб. роб. №3.                            | 6 | [ 1, с. 112-119;<br>3, с. 45-47;<br>4, с. 20-29<br>5, с. 15-20]      |
| 11 | <b>Тертя та змащування</b>   | Визначення коефіцієнта тертя гнучких тіл                 | Опрацювання лекційного матеріалу.   | 6 | [ 1, с. 112-119;<br>3, с. 59-61;<br>4, с. 29-33;<br>5, с. 15-20]     |
| 12 | <b>Механізм зношування матеріалів</b>  |  | Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до виконання лабораторної роботи №4. | 6 | [ 1, с. 112-119;<br>2, с. 180-200;<br>3, с. 140-159;<br>5, с. 21-26] |
| 13 | <b>Види зношування робочих поверхонь</b>   | Визначення коефіцієнта тертя гнучких тіл                 | Опрацювання лекційного матеріалу. Захист лаб.роб. №4                              | 6 | [ 1, с. 112-119;<br>2, с. 201-210;<br>3, с. 160-184; 5,<br>с. 21-26] |
| 14 | <b>Втомне руйнування</b>   |  | Опрацювання лекційного матеріалу.   | 6 | [ 1, с. 175-208;<br>4, с. 34-36;<br>5, с. 21-26]                     |
| 15 | <b>Підбір матеріалів трибопар</b>  | Визначення видів спрацьовування                          | Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до виконання лабораторної роботи №5. | 6 | [ 1, с. 210-228;<br>4, с. 37-39;<br>5, с. 27-32]                     |
| 16 | <b>Технологічні способи підвищення зносостійкості деталей</b>                                    |  | Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до тестового контролю                | 6 | [ 1, с. 228-230;<br>4, с. 40-43;<br>5, с. 27-32]                     |

|    |  |                                 |  |   |  |
|----|--|---------------------------------|--|---|--|
| 17 | <b>Основи самоорганізації при терті, ефект не зношування</b> | Визначення видів спрацьовування | Опрацювання лекційного матеріалу. Захист лаб.роб. №5                       | 3 | [ 1, с. 232-241;<br>4, с. 43-44;<br>5, с. 27-32] |
| 18 | <b>Сучасні тенденції розвитку трибології</b>                 | Тест 2                          | Опрацювання лекційного матеріалу. Тестовий контроль з пройденого матеріалу |   | [ 1, с. 232-241;<br>4, с. 43-44;<br>5, с. 27-32] |

### Політика дисципліни

Організація освітнього процесу з дисципліни відповідає вимогам положень про організаційне і навчально-методичне забезпечення освітнього процесу, освітній програмі та навчальному плану. Студент зобов'язаний відвідувати лекції і лабораторні заняття згідно з розкладом, не запізнюватися на заняття. Пропущене практичне заняття студент зобов'язаний опрацювати самостійно у повному обсязі і відзвітувати перед викладачем не пізніше, ніж за тиждень до чергової атестації. До лабораторних занять студент має підготуватися за відповідною темою і проявляти активність. Набуті особою знання з дисципліни або її окремих розділів у неформальній освіті зараховуються відповідно до Положення про порядок перезарахування результатів навчання у ХНУ (вебсайт Університету (<https://khmnu.edu.ua/>): розділ «Нормативні документи», рубрика – «Положення», сторінка – «Положення про організацію освітньої діяльності».).

### Критерії оцінювання результатів навчання

Оцінювання академічних досягнень здобувача вищої освіти здійснюється відповідно до «Положення про контроль і оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти у ХНУ». Кожний вид роботи з дисципліни оцінюється за інституційною чотирибальною шкалою і виставляється в електронному журналі обліку успішності. Семестрова підсумкова оцінка визначається як середньозважена з усіх видів навчальної роботи, виконаних і зданих студентом позитивно, з урахуванням коефіцієнта вагомості і розраховується в автоматизованому режимі за відповідною програмою. Вагові коефіцієнти змінюються залежно від структури дисципліни і важливості окремих видів її робіт.

Оцінка, яка виставляється за лабораторне заняття, складається з таких елементів: усне опитування студентів перед допуском до виконання лабораторної роботи; знання теоретичного матеріалу з теми роботи; якість оформлення протоколу і графічної частини; вільне володіння студентом спеціальною термінологією і уміння професійно обґрунтувати прийняті конструктивні рішення; своєчасний захист лабораторної роботи.

Термін захисту лабораторної роботи вважається своєчасним, якщо студент захистив її на наступному після виконання роботи занятті. Пропущене лабораторне заняття студент зобов'язаний відпрацювати в лабораторіях кафедри у встановлений викладачем термін з реєстрацією у відповідному журналі кафедри, але не пізніше, ніж за два тижні до кінця теоретичних занять у семестрі.

Засвоєння студентом теоретичного матеріалу з дисципліни оцінюється тестуванням.

Оцінювання знань студентів здійснюється за такими критеріями:

| Оцінка за інституційною шкалою | Узагальнений критерій   |
|--------------------------------|---|
| Відмінно                       | Студент глибоко і у повному обсязі опанував зміст навчального матеріалу, легко в ньому орієнтується і вміло використовує понятійний апарат; уміє пов'язувати теорію з практикою, вирішувати практичні завдання, впевнено висловлювати і обґрунтовувати свої судження. Відмінна оцінка передбачає, логічний виклад відповіді державною мовою (в усній або у письмовій формі), демонструє якісне оформлення роботи і володіння спеціальними інструментами. Студент не вагається при видозміні запитання, вміє робити детальні та узагальнюючі висновки. При відповіді допустив дві–три несуттєві <i>помилки</i> . |
| Добре                          | Студент виявив повне засвоєння навчального матеріалу, володіє понятійним апаратом і фаховою термінологією, орієнтується у вивченому матеріалі; свідомо використовує теоретичні знання для вирішення практичних завдань; виклад відповіді грамотний, але у змісті і формі відповіді можуть мати місце окремі неточності, нечіткі формулювання закономірностей тощо.<br>Відповідь студента будується на основі самостійного мислення. Студент у відповіді допустив дві–три <i>несуттєві помилки</i> .   |
| Задовільно                     | Студент виявив знання основного програмного матеріалу в обсязі, необхідному для подальшого навчання та практичної діяльності за професією, справляється з виконанням  |

|              |  |
|--------------|--|
|              | практичних завдань, передбачених програмою. Як правило, відповідь студента будується на рівні репродуктивного мислення, студент має слабкі знання структури курсу, допускає неточності і <i>суттєві помилки</i> у відповіді, вагається при відповіді на видозмінене запитання. Разом з тим, набув навичок, необхідних для виконання нескладних практичних завдань, які відповідають мінімальним критеріям оцінювання і володіє знаннями, що дозволяють йому під керівництвом викладача усунути неточності у відповіді. |
| Незадовільно | Студент виявив розрізнені, безсистемні знання, не вміє виділяти головне і другорядне, допускається помилок у визначенні понять, перекручує їх зміст, хаотично і невпевнено викладає матеріал, не може використовувати теоретичні знання при вирішенні практичних завдань. Як правило, оцінка "незадовільно" виставляється студенту, який не може продовжити навчання без додаткової роботи з вивчення дисципліни.  |

**Структурування дисципліни за видами робіт і оцінювання результатів навчання студентів денної форми навчання у семестрі за ваговими коефіцієнтами**

| Аудиторна робота         |   |   |   |   | Самостійна, індивідуальна робота |    | Семестровий контроль, залік     |
|--------------------------|---|---|---|---|----------------------------------|----|---------------------------------|
| <i>Четвертий семестр</i> |   |   |   |   |                                  |    |                                 |
| Лабораторні роботи №:    |   |   |   |   | Тестовий контроль:               |    | Підсумковий контрольний захід   |
| 1                        | 2 | 3 | 4 | 5 | T1                               | T2 | По сумарному поточному рейтингу |
| ВК: 0,8                  |   |   |   |   | 0,2                              |    | -                               |

*Умовні позначення:* Т – тестовий контроль; ВК – ваговий коефіцієнт.

**Структурування дисципліни за видами робіт і оцінювання результатів навчання студентів заочної форми навчання у семестрі за ваговими коефіцієнтами**

| Аудиторна робота         | Самостійна, індивідуальна робота            |                  | Семестровий контроль, залік   |
|--------------------------|---|------------------|-------------------------------|
| <i>Четвертий семестр</i> |   |                  |                               |
| Лабораторні роботи №:    | Контрольна робота<br>Індивідуальне завдання |                  | Підсумковий контрольний захід |
| 1                        | Якість виконання                            | Оцінка за захист | 1                             |
| ВК*: 0,2                 | 0,2   | 0,6              | -                             |

**Оцінювання тестових завдань**

Тематичний тест для кожного студента складається з 10 тестових завдань (тест 1) та 20 тестових завдань (тест 2), кожне з яких оцінюється одним балом. Максимальна сума балів, яку може набрати студент, складає 10 та 20 відповідно.

Оцінювання здійснюється за *чотирибальною* шкалою.

Відповідність набраних балів за тестове завдання оцінці, що виставляється студенту:

|                                | Тест 1 |     |     |      | Тест 2 |       |       |       |
|--------------------------------|--------|-----|-----|------|--------|-------|-------|-------|
| Кількість питань               | 10     |     |     |      | 20     |       |       |       |
| Обмеження часу, хв             | 20     |     |     |      | 40     |       |       |       |
| Сума балів за тестові завдання | 0–4    | 5–6 | 7–8 | 9–10 | 0–11   | 12–14 | 15–17 | 18–20 |

|                            |   |   |   |   |   |   |   |   |
|----------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Оцінка за 4-бальною шкалою | 2 | 3 | 4 | 5 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|

На тестування відводиться 20 хвилин (тест 1), 40 хвилин (тест 2). Правильні відповіді студент записує у талоні відповідей. Студент може також пройти тестування і в он-лайн режимі у модульному середовищі для навчання MOODLE.

При отриманні негативної оцінки тест слід перездати до терміну наступного контролю.

Підсумкова семестрова оцінка за інституційною шкалою і шкалою ЄКТС встановлюється в автоматизованому режимі після внесення викладачем усіх оцінок до електронного журналу. Співвідношення інституційної шкали оцінювання і шкали оцінювання ЄКТС наведені у таблиці.

Іспит виставляється, якщо середньозважений бал, який отримав студент з дисципліни, знаходиться у межах від 3,00 до 5,00 балів. При цьому за інституційною шкалою ставиться кількість балів, а за шкалою ЄКТС – буквене позначення оцінки, що відповідає набраній студентом кількості балів відповідно до таблиці Співвідношення.

### Співвідношення інституційної шкали оцінювання і шкали оцінювання ЄКТС

| Оцінка ЄКТС | Інституційна інтервальна шкала балів | Інституційна оцінка, критерії оцінювання |              |   |
|-------------|--------------------------------------|--|--------------|---|
| A           | 4,75–5,00                            | 5  | Зараховано   | <b>Відмінно</b> – глибоке і повне опанування навчального матеріалу і виявлення відповідних умінь та навичок               |
| B           | 4,25–4,74                            | 4  |              | <b>Добре</b> – повне знання навчального матеріалу з кількома незначними помилками   |
| C           | 3,75–4,24                            | 4  |              | <b>Добре</b> – в загальному правильна відповідь з двома-трьома суттєвими помилками  |
| D           | 3,25–3,74                            | 3  |              | <b>Задовільно</b> – неповне опанування програмного матеріалу, але достатнє для практичної діяльності за професією         |
| E           | 3,00–3,24                            | 3  |              | <b>Задовільно</b> – неповне опанування програмного матеріалу, що задовольняє мінімальні критерії оцінювання               |
| FX          | 2,00–2,99                            | 2  | Незараховано | <b>Незадовільно</b> – безсистемність одержаних знань і неможливість продовжити навчання без додаткових знань з дисципліни |
| F           | 0,00–1,99                            | 2  |              | <b>Незадовільно</b> – необхідна серйозна подальша робота і повторне вивчення дисципліни                                   |

### Перелік ключових питань для контролю залишкових знань

1. Які основні характеристики шорстких поверхонь?
2. Яка характерна особливість контакту шорстких тіл?
3. Що таке фактичний контакт?
4. Які експериментальні методи визначення фактичної площі контакту існують?
5. Яка природа адсорбції і хімічних процесів при терті?
6. Яка фізична структура поверхні, типи зв'язків?
7. В чому суть молекулярно-механічної природи контактної взаємодії?
8. Основні положення фізико-хімічної механіки тертя?
9. Закономірності попередніх зміщень при дотичній взаємодії?
10. Поняття про механізм вибіркового переносу. Беззношування?
11. Типи взаємодії в фізиці, роль молекулярної взаємодії?
12. Стискання тіл, міри тиску, роль тиску?
13. Роль дотичних напружень в контакті.
14. Залежність тертя від тиску, закони тертя, коефіцієнт тертя.
15. Що таке адгезія, її роль при терті?
16. Назвати основні моделі тертя.
17. Що таке локальний і глобальний коефіцієнт тертя?
18. В чому суть формул Ейлера для гнучкої нитки.
19. Тіло на похилій площині.

## 8. МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Навчальний процес з дисципліни «Тертя, змащування та знос» повністю і в достатній кількості забезпечений необхідною навчально-методичною літературою. Зокрема, викладачами кафедри підготовлені і видані такі роботи:

1. Тертя, змащення та знос : методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів напряму підготовки "Автомобільний транспорт" / О. М. Маковкін. – Хмельницький : ХНУ, 2019. – 46 с.

## 9 РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

### Основна:

1. Кіндрачук М.В. Трибологія [Текст] : підручник / М.В.Кіндрачук, В.Ф.Лабунець, М.І.Пашечко, С.В.Корбут. – К., НАУ, 2009
2. Конспект лекцій з дисципліни "Триботехніка та основи надійності машин" для здобувачів першого (бакалаврського) рівня спеціальності 131 "Прикладна механіка" / Укл. к.т.н., доц. О.В. Нікулін – Кам'янське : ДДТУ, 2017 р. – 84 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.

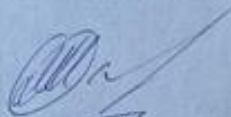
### Допоміжна

4. ДСТУ 2823–94. Зносостійкість виробів. Тертя, зношування та мащення. Терміни та визначення. – Введено 1996–01–01. – К. : Держстандарт України, 1994. – 33 с.

## 10. ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ

1. Модульне середовище для навчання MOODLE. Доступ до ресурсу: <https://msn.khnu.km.ua>.
2. Електронна бібліотека університету. Доступ до ресурсу: [http://lib.khnu.km.ua/asp/php\\_fpage\\_lib.php](http://lib.khnu.km.ua/asp/php_fpage_lib.php).

Розробник



к.т.н., доц. Маковкін О.М.

Гарант ОП



Погоджено:  
д.т.н., проф. Каплун П.В.

Завідувач кафедри трибології,  
автомобілів та  
матеріалознавства



д.т.н., проф. Диха О.В.