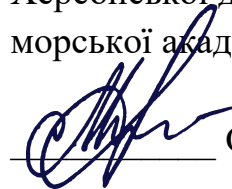


**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХЕРСОНСЬКА ДЕРЖАВНА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ
КАФЕДРА ТРАНСПОРТНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА МЕХАНІЧНОЇ
ІНЖЕНЕРІЇ**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Перший проректор
Херсонської державної
морської академії

 Олена ДЯГИЛЕВА

РОБОЧА НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА

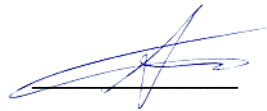
З освітнього компонента	Технологічні матеріали для вузлів тертя
Факультет	Суднової енергетики
Ступінь вищої освіти	Доктор філософії
Галузь знань	G «Інженерія, виробництво та будівництво»
Спеціальність	G8 «Матеріалознавство»
Освітньо-наукова програма	«Матеріалознавство»
Курс	Другий
Форма навчання	Очна / заочна

Робочу навчальну програму з освітнього компонента «Технологічні матеріали для вузлів тертя» розробив згідно з освітньо-науковою програмою та навчальним планом підготовки «Доктор філософії», галузь знань G «Інженерія, виробництво та будівництво», спеціальність G8 «Матеріалознавство», д.т.н., проф. Букетов А.В., д.т.н., проф. Клевцов К.М., 14 с., мова навчання українська.

Програму розглянуто та ухвалено на засіданні кафедри транспортних технологій та механічної інженерії

Протокол № 1 від «3» вересня 2025 р.

Завідувач кафедри транспортних
технологій та механічної інженерії



підпис

Андрій БУКЕТОВ

Власне ім'я ПРІЗВИЩЕ

Гарант освітньо-наукової
програми

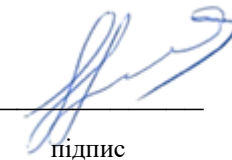


підпис

Олександр САПРОНОВ

Власне ім'я ПРІЗВИЩЕ

Завідувач аспірантурою та докторантурою



підпис

Едуард АППАЗОВ

Власне ім'я ПРІЗВИЩЕ

Завідувач навчально-методичного
відділу



підпис

Валентина ЧЕРНЕНКО

Власне ім'я ПРІЗВИЩЕ

Рада із забезпечення якості освітньої діяльності та якості освіти ХДМА

Протокол № 1 від «18» вересня 2025 р.

Позначення та скорочення:

ІМО – міжнародна морська організація;

ЄКТС – Європейська кредитно-трансферна система;

АТ – атестаційний тиждень;

Л – лекція;

ПЗ – практичне заняття.

ОК – освітній компонент

1. Місце освітнього компонента в структурі освітньо-наукової програми

Освітній компонент «Технологічні матеріали для вузлів тертя» за навчальним планом є вибіркоvim освітнім компонентом циклу професійної підготовки, блоку освітніх компонентів з набуття глибинних знань зі спеціальності. Загальна кількість годин – 120; 4,0 кредити, з них аудиторних 56 годин (28 годин лекційних, 28 – практичні, 64 – самостійна робота).

Мета освітнього компонента. Метою вивчення освітнього компонента є опанування сучасними уявленнями про проведення випробувань трибологічних характеристик та визначення працездатності технологічного обладнання і деталей транспорту.

Передбачається надати загальні уявлення про трибологічні характеристики матеріалів, про існуючі методи і можливості оцінки та формування трибологічних властивостей матеріалів, поведінки матеріалів в умовах експлуатації, про актуальні проблеми в експлуатації, про актуальні економічні аспекти використання тих чи інших КМ в транспортній галузі.

Для успішного засвоєння курсу здобувач повинен мати базову підготовку з хімії (періодична система хімічних елементів, основні типи хімічних реакцій), фізики (фазові стани речовини, сутність основних фізико-хімічних і фізичних ефектів – горіння, плавлення, дифузії, адсорбції, теплопровідність, тепломасоперенос, термо-ЕРС, кристалічна та аморфна будова твердих тіл, фізичні властивості твердих тіл, міжнародна система одиниць вимірювання), термодинаміки (параметри стану робочих тіл, ізохорний, ізобарний, адіабатний, ізотермний процеси), математики (графічний спосіб відображення функцій, аналіз графіків) в об'ємі програми середньої школи та навички володіння роботи на комп'ютері.

При викладанні освітнього компонента враховуються особливості навчального плану підготовки з даного напрямку, вимоги безперервності і наступності знань з трибологічних властивостей і структури матеріалів при переході до спеціальних навчальних дисциплін, новітні досягнення науки і техніки.

Методи навчання і викладання. Під час викладання курсу перевага надається застосуванню як традиційної системи методів і прийомів, так і інноваційних інтерактивних методик (майстер-класи, науково-практичні семінари, наукові веб-семінари), інтерактивні лекції, ділові ігри, наукові дискусії, а також електронному навчанню в системі Moodle (<https://mdl.ksma.ks.ua/course/view.php?id=4330>) тощо.

Вивчення освітнього компонента «Технологічні матеріали для вузлів тертя» направлено на формування наступних програмних результатів навчання (таблиця 1.1):

Таблиця 1.1. Програмні результати навчання відповідно до освітньо-наукової програми

№	Основні програмні результати навчання, якими повинен оволодіти здобувач
1	Трансформувати теоретичні знання у практичну площину
2	Дослідити на теоретичному рівні отримані практичні результати
3	Вибирати програмні та технічні засоби при проектуванні нових матеріалів
4	Застосовувати методи моделювання для розв'язання задач оптимізації.
5	Проектувати сучасні ефективні матеріали і прогнозувати їх властивості при експлуатації з використанням комп'ютерно інтегрованих технологій
6	Вирішувати задачі інноваційного характеру за допомогою сучасних програмних та технічних засобів. Вибрати технологію пошуку інформації.
7	Розробити стратегічні плани щодо сфер застосування науково дослідних розробок.

Міжпредметні зв'язки освітнього компонента «Технологічні матеріали для вузлів тертя» з іншими освітніми компонентами освітньо-наукової програми наведено у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2. Міжпредметні зв'язки, які забезпечуються (наступними) освітніми компонентами

№	Освітній компонент
Попередні освітні компоненти	
1.	Іноземна мова (англійська) для академічних цілей
2	Матеріалознавство
3	Технологія матеріалів
4	Нанокompозитні матеріали
5	Нові матеріали в техніці
6	Методи моделювання властивостей матеріалів
7	Методи дослідження фізико-механічних властивостей і структури матеріалів
Наступні освітні компоненти	
8	Відсутні, враховуючи закінчення освітньої складової ОНП

У результаті засвоєння освітнього компонента здобувачі повинні **знати:**

- основні відомості про найбільш важливі конструкційні матеріали, їх властивості, масштаби і галузі застосування та поведінки в експлуатаційних умовах;
- методи спрямованої зміни властивостей конструкційних матеріалів;
- методи визначення теплофізичних властивостей і структури матеріалів;

- існуючі проблеми та тенденції в галузі матеріалів та технологій.

вміти:

- в умовах перенасиченого інформаційного простору обрати цільову інформацію для виконання дослідницьких завдань;
- самостійно приймати проектні рішення;
- підбирати науково-технічну інформацію з тематики для складання оглядів, звітів та наукових публікацій (навички пошуку інформації);
- планувати і проводити випробування матеріалів та виробів;
- знати методи стандартних випробувань;
- самостійно працювати з довідковою та навчально-методичною літературою;
- орієнтуватися у класифікаційних ознаках дефектів матеріалів;
- інтерпретувати різні спеціальні терміни в галузі технологій та матеріалознавства;
- аналізувати та вимірювати властивості технологічних матеріалів для вузлів тертя

отримати навички:

- комплексної та системної оцінки процесів зовнішнього середовища, причини їх виникнення та можливі наслідки;
- самостійної роботи з державними стандартами, навчальною, навчально-методичною і іншою технічною літературою;
- вживання та розуміння спеціальних термінів в галузі технологій та матеріалознавства для вузлів тертя;
- дослідження механічних властивостей технологічних матеріалів для вузлів тертя;
- визначення методів дослідження технологічних матеріалів для вузлів тертя;
- з оцінки структурних властивостей та технологічних властивостей матеріалів для вузлів тертя.

2. Зміст освітнього компонента

Опис освітнього компонента – «Технологічні матеріали для вузлів тертя»

Таблиця 2.1. Опис освітнього компонента очної форми навчання

Термін вивчання ОК		Обсяг ОК		Розподіл академічних годин за видами занять очної форми навчання					Контроль знань		
Курс	Семестр	Всього академічних годин	Кредити ECTS	Аудиторні заняття				Самостійна робота	Вид індивідуального завдання	Залік	Іспит
				Лекції	Практичні заняття	Лабораторні заняття	Семінарські заняття				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	3	120	4	28	28	-	-	64	-	+	-

Таблиця 2.2. Опис освітнього компонента заочної форми навчання

Термін вивчання ОК		Обсяг ОК		Розподіл академічних годин за видами занять заочної форми навчання					Контроль знань		
Курс	Семестр	Всього академічних годин	Кредити ECTS	Аудиторні заняття				Самостійна робота	Вид індивідуального завдання	Залік	Іспит
				Лекції	Практичні заняття	Лабораторні заняття	Семінарські заняття				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	3	120	4	6	6	-	-	108	-	+	-

3. Структура освітнього компонента

Таблиця 3.1. Зміст та опис ОК

№ з/п	Назва розділів та тем	Обсяг годин					
		Очна форма навчання			Заочна форма навчання		
		Лекція	ПЗ	СР	Лекція	ПЗ	СР
1	2	3	5	6	7	9	10
1	Тема 1. Загальні відомості про епоксидні композити.	2	—	2	0,5	—	6
2	Тема 2. Формування антифрикційних матеріалів на основі полімерних епоксикомпозитів.	4	—	2	0,5	—	6
3	Тема 3. Зношування та фрикційний перенос у композитних матеріалах.	4	—	2	0,5	—	6
4	Тема 4. Технологічні основи формування властивостей матеріалів трибологічного призначення.	4	—	2	0,5	—	6
5	Тема 5. Дослідження трибологічних властивостей епоксикомпозитних матеріалів при сухому терті.	2	—	2	1	—	6
6	Тема 6. Трибологічні властивості епоксикомпозитних матеріалів, наповнених дисперсними частками і поліамідом ПА-6.	4	—	2	1	—	6
7	Тема 7. Дослідження трибологічних властивостей епоксикомпозитних матеріалів, наповнених дисперсними частками і термопластами, в умовах впливу агресивного середовища морської води.	4	—	2	1	—	6
8	Тема 8. Дослідження структури епоксикомпозитів з комбінованим наповнювачем.	4	—	2	1	—	6
9	Тема ПЗ 1. Дослідження впливу модифікатора 2-метил-2-тіоціанато-3-(4-тіоціанатофеніл)пропіоаміду на структуру і властивості епоксидної матриці	—	4	8	—	1	10
10	Тема ПЗ 2. Вплив вмісту модифікатора у епоксидному зв'язувачі на когезійні властивості	—	4	8	—	1	10

	матриці						
11	Тема ПЗ 3. ІЧ-спектральний аналіз вихідної та модифікованої епоксидної матриці	–	6	8	–	1	10
12	Тема ПЗ 4. Досліджували поверхню зламу вихідної та модифікованої епоксидних матриць	–	4	8	–	1	10
13	Тема ПЗ 5. Вибір наповнювачів для поліпшення експлуатаційних характеристик епоксидних композитів	–	4	8	–	1	10
14	Тема ПЗ 6. Механізми покращення трибологічних властивостей полімерних композитів	–	6	8	–	1	10
Всього		28	28	64	6	6	108

4. Рейтингова система для оцінювання успішності здобувачів

Для оцінювання успішності здобувачів очної та заочної форми навчання використовується рейтингова система, яка передбачає розподіл балів за виконання всіх запланованих видів робіт.

Таблиця 4.1. Бальні оцінки для елементів контролю очної форми навчання

Елементи навчальної діяльності	Кількість практичних робіт	Максимальний бал	Всього балів за семестр
Виконання та захист практичних робіт	6	15	90
Заохочувальні бали (наукова, позапланова робота). Виступ в аудиторії з тематикою, що відповідає плану освітнього компонента	1	10	10
Всього максимум за семестр			100
Формою підсумкового контролю є залік. Здобувачі допускаються до складання заліку за умови виконання усіх теоретичних та індивідуальних робіт з ОК.			

Таблиця 4.2. Бальні оцінки для елементів контролю заочної форми навчання

Елементи навчальної діяльності	Кількість практичних робіт	Максимальний бал	Всього балів за семестр
Виконання та захист практичних робіт	6	15	90
Заохочувальні бали (наукова, позапланова робота). Виступ в аудиторії з тематикою, що відповідає плану освітнього компонента	1	10	10
Всього максимум за семестр			100
Формою підсумкового контролю є залік. Здобувачі допускаються до складання заліку за умови виконання усіх теоретичних та індивідуальних робіт з ОК.			

Виконання та захист практичних робіт (очна/заочна).

Для здобувачів очної і заочної форми навчання передбачено виконання 6-ти практичних робіт, які оцінюються від 0 до 10 балів:

за правильне виконання практичної роботи з наданням повної відповіді – 10...9 балів;

за правильне виконання практичної роботи з наданням неповної відповіді – 8...7 бали;

за правильне виконання практичної роботи без надання відповіді – 6...5 бали;

за розв'язання виконання практичної роботи з помилками та з наданням неповної відповіді – 4-1 бали;

за розв'язання виконання практичної роботи з помилками та без надання відповіді – 0 балів.

Виступ в аудиторії з тематикою, що відповідає плану освітнього компонента.

Для здобувачів очної та заочної форм навчання передбачено виступ в аудиторії з тематикою, що відповідає плану освітнього компонента. Це може бути підготовка до участі у міжнародній науковій конференції з доповіддю, що відповідає плану освітнього компонента.

Таблиця 4.3. Розподіл балів за виступ в аудиторії

Кількість балів за показник					Максимальна кількість балів
Повнота опрацьованого матеріалу	Вміння відповідати на поставлені запитання		Новизна		10
5	3	0	2	0	

5. Питання для проведення підсумкового контролю знань

1. Предмет і зміст курсу, його місце у підготовці фахівців.
2. Знайомство з рекомендованими джерелами.
3. Поняття та значення композитних матеріалів в техніки.
4. Структура та властивості епоксидних матеріалів
5. Методи поліпшення антифрикційних властивостей
6. Засоби регулювань властивостей конструкційних матеріалів за рахунок модифікування компонентів системи
7. Фактори інтенсивності зношування матеріалів
8. Вплив прикладного навантаження і швидкість ковзання на знос полімерних композитів
9. Експериментально встановлено, що трибологічні властивості
10. Експлуатаційні характеристики полімерних композитних матеріалів
11. Етапи процесу зношування поверхонь тертя
12. Класифікація видів зношування
13. Вплив швидкості ковзання на зношування сітчастих полімерів
14. Параметри властивостей і характеристики структури інгредієнтів епоксидної матриці
15. Фізичні і хімічні властивості структури інгредієнтів
16. Наповнювачі різної дисперсності
17. Формування матриці з поліпшеними фізико-механічними, теплофізичними і трибологічними властивостями
18. Трибологічні властивості епоксикомпозитних матеріалів
19. Поняття сухого тертя
20. Визначення масової інтенсивності зносу
21. Методика і схема дослідження трибологічних властивостей матеріалів
22. Етапи дослідження трибологічних властивостей епоксикомпозитних матеріалів

23. Експериментальні дослідження трибологічних властивостей епоксикомпозитних матеріалів
24. Інтерпретація результатів трибологічних властивостей епоксикомпозитних матеріалів
25. Сутність трибологічних властивостей епоксикомпозитних матеріалів, наповнених дисперсними частками і поліамідом ПА-6
26. Залежність коефіцієнту тертя від шляху випробовування матеріалів, наповнених дисперсними частками і поліамідом ПА-6
27. Фрикційні випробовування матеріалів, наповнених дисперсними частками і поліамідом ПА-6
28. Сутність трибологічних властивостей епоксикомпозитних матеріалів, наповнених дисперсними частками і термопластами, в умовах впливу агресивного середовища морської води
29. Залежність коефіцієнту тертя від шляху випробовування матеріалів, наповнених дисперсними частками і термопластами, в умовах впливу агресивного середовища морської води
30. Фрикційні випробовування матеріалів, наповнених дисперсними частками і термопластами, в умовах впливу агресивного середовища морської води
31. Структура епоксикомпозитів з комбінованим наповнювачем
32. Сутність поняття хвильового числа
33. Дослідження ІЧ-спектр композиту СШПП-БП (в сухому середовищі) у об'ємі матеріалу

Рекомендована література

Основна:

1. Диха О. В., Свідерський В. П., Дробот О. С., Машовець Н. С. Технологічне забезпечення довговічності технічних трибосистем: монографія. Хмельницький: ХНУ. 2021. 178 с.
2. Jamshidi, R., Heidarpour, A., Aghamohammadi, H., Eslami-Farsani, R.: Improvement in the mechanical and tribological behavior of epoxy matrix with the inclusion of synthesized Ti₃AlC₂ MAX particles. J. Compos. Mater. 2019. 53. P. 3819–3827.
3. Закалов, О.В. Триботехніка і підвищення надійності машин. Тернопіль: ТДТУ. 2000. 354 с.
4. Кондрачук М.В., Хабутель В.Ф., Пашечко М.І., Корбут Є.В. Трибологія. К.: Вид-во Національного Авіаційного університету «НАУ-друк». 2009. 232 с.
5. Belloa S.A., Agunsoyeb J.O., Hassana S.B., et. al. Epoxy Resin Based Composites, Mechanical and Tribological Properties: A Review. Tribology in Industry. 2015. 37(4). P. 500-524.
6. Каплун В.Г., Паршенко К.А. Дослідження зносостійкості конструкційних сталей в водному середовищі при терті в парі з пропиленом. Проблеми трибології. 2012. № 4. С. 118-122.
7. Сіренко Г.О., Солтис Л.М., Кириченко В.І. Фізико-хімія та трибологічні властивості полімерних композитів, наповнених карбонізованими волокнами з Cu, Ni, Cu-Ni, Ni-Cu покриттями. Вісник Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника. Сер.: Хімія. Івано-Франківськ. 2012. Вип. XV. С. 132-149.

Допоміжна:

- Ruilin Xie, Ruisheng Guo, Wenjing Ouyang, Chenyu Qiao, Jingyu Kang, Xuqing Liu. Mechano-assisted ionic liquid-modified MXene enhances tribological properties of waterborne epoxy coatings. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. 2025. 725. 137572.
2. Букетов А.В., Браїло М.В., Алексенко В.Л. Епоксидні композити трибологічного призначення: монографія. Херсон: ХДМА. 2017. 200с.
 3. Buketov, A., Brailo, M., Yakushchenko, S., Sapronov, O., Vynar, V., Bezbakh, O., Negrutsa, R.: Investigation of Tribological Properties of Two-Component Bidisperse Epoxy-Polyester Composite Materials for Its Use in the Friction Units of Means of Sea Transport. Period. Polytech. Mech. Eng. 2019. 63, 171–182.
 4. Brailo M., Buketov A., Yakushchenko S., Sapronov O., Vynar V., Kobelnik O. The Investigation of Tribological Properties of Epoxy-Polyether Composite Materials for Using in the Friction Units of Means of Sea Transport. Mater. Perform. Charact. 2018. 7, 275–299.
 5. Wang L.L., Zhang L.Q., Tian M. Mechanical and tribological properties of acrylonitrile-butadiene rubber filled with graphite and carbon black. Mater Des. 2012. №39. P. 450–457.

Інформаційні ресурси:

1. <https://www.scopus.com/pages/publications/105011971548>
2. <https://core.ac.uk/download/pdf/60787657.pdf>
3. <https://www.scopus.com/pages/publications/85211383791>