

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ



ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан факультету ІТА

Олег ПОЛЩУК

Підпис

29 08 2025 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Математичні та числові методи в інженерії матеріалів і процесів

Назва дисципліни

Галузь знань – G Інженерія, виробництво та будівництво

Спеціальність – G8 Матеріалознавство

Рівень вищої освіти – Другий (магістерський)

Освітньо-професійна програма – Триботехнічне матеріалознавство

Обсяг дисципліни – 4 кредити ЄКТС, Шифр дисципліни – ОЗП.01

Мова навчання – українська

Статус дисципліни: обов'язкова (загальної підготовки)

Факультет – Інженерії, транспорту та архітектури

Кафедра – Трибології, автомобілів та матеріалознавства

Форма здобуття освіти	Курс	Семестр	Загальний обсяг		Кількість годин						Курсовий проєкт *	Курсова робота	Форма семестрового контролю	
					Аудиторні заняття					Самостійна робота, у т.ч. ІРС			Залік	Іспит
			Кредити ЄКТС	Години	Разом	Лекції	Лабораторні роботи	Практичні заняття	Семінарські заняття					
Д	1	1	4	120	34	16	18			86			+	
Разом ДФ			4	120	34	16	18			86			1	
З	1	1	4	120	12	6	6			108			+	
Разом ЗФ			4	120	12	6	6			108			1	

Робоча програма складена на основі освітньо-професійної програми «Триботехнічне матеріалознавство» за спеціальністю G8 «Матеріалознавство»

Робоча програма складена Л. Драч д-р.техн.наук, проф. Ілона ДРАЧ
Підпис автора

Схвалена на засіданні кафедри трибології, автомобілів та матеріалознавства

Протокол від 28 серпня 2025р. №1. Зав. кафедри Олександр ДИХА
Підпис

Робоча програма розглянута та схвалена вченою радою факультету інженерії, транспорту та архітектури
Протокол від 29 серпня 2025р. №1.

Голова вченої ради факультету Олег ПОЛЩУК
Підпис

Хмельницький 2025

1. МАТЕМАТИЧНІ ТА ЧИСЛОВІ МЕТОДИ В ІНЖЕНЕРІЇ МАТЕРІАЛІВ І ПРОЦЕСІВ

Тип (статус) дисципліни	Обов'язкова загальної підготовки
Рівень вищої освіти	Другий (магістерський)
Мова викладання	Українська
Семестр	Перший
Кількість призначених кредитів ЄКТС	4,0
Форми навчання, для яких викладається дисципліна	Денна/заочна

Результати навчання. Після вивчення дисципліни студент має: досконало *володіти* професійною термінологією та основними поняттями галузі триботехнічного матеріалознавства, математичного та фізичного моделювання матеріалознавчих явищ та процесів; *розв'язувати* прикладні інженерні задачі матеріалознавства, зокрема триботехнічного спрямування, з використанням сучасних математичних методів аналізу та моделювання; *розуміти* принципи математичного планування експерименту та застосування DOE (Design of Experiments) у триботехнічному матеріалознавстві; *знати* основні методи інференційної статистики та їх застосування для аналізу процесів тертя і зношування; *розуміти* основи побудови математичних моделей у матеріалознавстві, їх верифікацію та валідацію; *знати* принципи числового моделювання (метод скінченних різниць, метод скінченних елементів) та сучасні програмні пакети (ANSYS, Abaqus, COMSOL); *формулювати* задачу експерименту, визначати фактори та відгуки у триботехнічних системах; *будувати та аналізувати* факторні плани експериментів (повні та дробові); *застосовувати* статистичні методи (регресійний, кореляційний аналіз, перевірку гіпотез) для обробки експериментальних даних; *розробляти та досліджувати* математичні моделі процесів тертя і зношування; *виконувати* числове моделювання триботехнічних процесів у спеціалізованих програмних середовищах; критично *оцінювати* результати експериментів і моделювання; *інтегрувати* експериментальні дані з результатами числового моделювання; *застосовувати* сучасні цифрові інструменти (Excel, Statistica, Matlab, ANSYS, COMSOL, Abaqus) у дослідженнях.

Зміст навчальної дисципліни. Математичний метод планування експерименту в трибо технічному матеріалознавстві. Методи інференційної статистики в триботехнічному матеріалознавстві. Основи математичного моделювання в матеріалознавстві. Числове моделювання триботехнічних процесів.

Препреквізити — вихідна.

Постреквізити — ОФП.04 Методи трибологічних випробувань матеріалів, ОФП.05 Переддипломна практика, ОФП.06 Кваліфікаційна робота.

Запланована навчальна діяльність.*Мінімальний обсяг навчальних занять в одному кредиті ЄКТС навчальної дисципліни для другого (магістерського) рівня вищої освіти за денною формою здобуття освіти становить 8 годин; для заочної форми – 2–3 години на 1 кредит ЄКТС.

Форми (методи) навчання: лекції (з використанням візуалізації); лабораторні заняття (з використанням методів комп'ютерного моделювання, майстер-класів, практикумів), самостійна робота (опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до тестового контролю).

Форми оцінювання результатів навчання: усне опитування, тестування, захист лабораторних робіт.

Вид семестрового контролю: залік.

Навчальні ресурси:

1 Методологія та організація наукових досліджень : навч. посіб. / І. С. Добронравова, О. В. Руденко, Л. І. Сидоренко та ін. ; за ред. І. С. Добронравової (ч. 1), О. В. Руденко (ч. 2). – К. : ВПЦ "Київський університет", 2018. – 607 с.

2 Павленко П. М., Філоненко С. Ф., Чередніков О. М., Трейтяк В. В. Математичне моделювання систем і процесів: навч. посіб. – К. : НАУ, 2017. – 392 с.

3 Теорія планування експериментів : навч. посіб. / С.М.Лапач. – Київ: КПІ ім.Ігоря Сікорського, 2020. – 86 с.

4 Комп'ютерне моделювання методом скінченних елементів: Комп'ютерний практикум: навч. посіб. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. – 112 с.

5 Комп'ютерні технології в матеріалознавстві : навчально - методичний посібник / О.Є. Бармін, О.Є. Вуєць, А.І. Зубков та ін.; за ред. проф. О.В. Соболя та доц. І.М. Колупаєва. – Харків : НТУ «ХПІ», 2018. – 272 с.

6 Математичні та числові методи в інженерії матеріалів і процесів : лабораторний практикум для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 132 «Матеріалознавство» / І. В. Драч, О. В. Диха. Хмельницький : ХНУ, 2024. 88 с.

7 Модульне середовище. URL: <https://msn.khmnu.edu.ua/course/view.php?id=9002>

8 Електронна бібліотека. URL: <http://library.khmnu.edu.ua/>.

Викладач: доктор технічних наук, професор Драч І.В.

2. ЛИСТ ПОГОДЖЕННЯ

Посада	Назва факультету	Підпис	Ім'я, ПРИЗВИЩЕ
Завідувач кафедри трибології, автомобілів та матеріалознавства, д-р.техн.наук, проф.	Факультет інженерії, транспорту та архітектури		Олександр ДИХА
Гарант освітньо-професійної програми, д-р.техн.наук, проф.	Факультет інженерії, транспорту та архітектури		Ілона ДРАЧ

3. ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Робоча програма навчальної дисципліни «Математичні та числові методи в інженерії матеріалів і процесів» укладена відповідно до Стандарту вищої освіти України для другого (магістерського) рівня за спеціальністю G8 «Матеріалознавство», освітньо-професійної програми «Триботехнічне матеріалознавство».

Дисципліна є обов'язковою складовою загальної підготовки здобувачів і спрямована на формування знань і навичок застосування математичних моделей і числових методів для аналізу та моделювання процесів у матеріалознавстві.

Пререквізити – вихідна.

Постреквізити – методи трибологічних випробувань матеріалів, переддипломна практика, кваліфікаційна робота.

Відповідно до освітньої програми дисципліна має забезпечити:

– **компетентності**: здатність розв'язувати складні задачі та проблеми з матеріалознавства у професійній діяльності та/або у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій та характеризується невизначеністю умов і вимог (ІК); здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (ЗК 01); здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК 02); здатність розробляти та управляти проектами (ЗК 03); здатність спілкуватися іноземною мовою (ЗК 04); здатність працювати автономно (ЗК 05); здатність працювати у міжнародному контексті (ЗК 07); здатність виявляти та ставити проблеми в сфері матеріалознавства, приймати ефективні рішення для їх вирішення (ФК 01); здатність планувати та проводити дослідження в сфері матеріалознавства у лабораторних та виробничих умовах на відповідному рівні з використанням сучасних методів і методик експерименту (ФК 02); здатність розробляти нові методи і методики досліджень, базуючись на знанні методології наукового дослідження та особливості проблеми, що вирішується (ФК 03); здатність оцінювати та забезпечувати якість робіт, що виконуються (ФК 04); здатність до критичного аналізу та прогнозування характеристик нових та існуючих матеріалів, параметрів процесів їх отримання і обробки та використання у виробі (або у виробничих умовах) (ФК 05); здатність розуміти та використовувати математичні та числові методи моделювання властивостей, явищ та процесів (ФК 06); здатність зрозуміло і недвозначно доносити власні знання, висновки та аргументацію з питань матеріалознавства і дотичних проблем до фахівців і нефахівців, зокрема до осіб, які навчаються (ФК 08); здатність застосовувати системний підхід для розв'язання прикладних задач виготовлення, обробки, експлуатації та утилізації матеріалів і виробів (ФК 11); здатність розробляти та реалізовувати проекти в сфері матеріалознавства, а також дотичні до неї міждисциплінарні проекти (ФК 12); здатність проводити комплексні трибологічні випробування матеріалів та покриттів, інтерпретувати результати для оцінки їх експлуатаційних властивостей, застосовувати сучасні технології для відновлення та збільшення ресурсу експлуатації деталей і вузлів машин (УК 02); здатність діяти на засадах сталого розвитку та громадянської відповідальності з урахуванням Цілей сталого розвитку, включаючи екологічну, економічну та соціальну складову професійної діяльності (УК 03);

– **програмні результати навчання**: розуміти та застосовувати принципи системного аналізу, причинно-наслідкових зв'язків між значущими факторами та науковими і технічними рішеннями в контексті існуючих теорій (ПРН 01); виявляти, формулювати і вирішувати матеріалознавчі проблеми і задачі (ПРН 02); вільно спілкуватися державною та англійською мовами усно і письмово для обговорення професійних проблем і результатів діяльності у сфері матеріалознавства та ширшого кола інженерних питань, презентації результатів досліджень та інноваційних проектів (ПРН 03); застосовувати сучасні інформаційні технології та спеціалізоване програмне забезпечення для розв'язання складних задач матеріалознавства (ПРН 04); наукові навички у галузі інженерії для того, щоб успішно проводити наукові дослідження як під керівництвом так і самостійно (ПРН 06); розробляти та реалізовувати проекти у сфері матеріалознавства та з дотичних до матеріалознавства міждисциплінарних напрямів, визначати цілі та потрібні ресурси, планувати роботи, організовувати роботу колективу виконавців, здійснювати захист інтелектуальної власності (ПРН 07);

використовувати сучасні методи для виявлення, постановки та розв'язування винахідницьких задач в галузі матеріалознавства (ПРН 11); планувати і виконувати експериментальні матеріалознавчі дослідження, обирати відповідні обладнання та методики, здійснювати статистичну обробку і статистичний аналіз результатів експериментів, обґрунтовувати висновки (ПРН 13); проєктувати нові матеріали, розробляти, досліджувати та використовувати фізичні та математичні моделі матеріалів та процесів (ПРН 15); розв'язувати прикладні задачі виготовлення, обробки, експлуатації та утилізації матеріалів і виробів (ПРН 17); збирати необхідну інформацію, використовуючи науково-технічну літературу, бази даних та інші джерела, аналізувати і оцінювати її (ПРН 18); планувати та здійснювати комплексні трибологічні випробування матеріалів і покриттів, аналізувати та інтерпретувати результати для обґрунтування рішень щодо їх застосування, а також впроваджувати сучасні технології відновлення і підвищення зносостійкості деталей з урахуванням умов експлуатації (ПРН 21); обґрунтовувати та впроваджувати інженерні рішення у сфері матеріалознавства з урахуванням принципів сталого розвитку, включаючи відповідальне використання ресурсів, екологічну безпеку та соціальні аспекти, відповідно до Цілей сталого розвитку (ПРН 22).

Мета дисципліни. Поглиблення теоретичної і практичної підготовки професіонала, спрямованої на вирішення типових та складних завдань з матеріалознавства щодо розроблення, вдосконалення, впровадження матеріалів для триботехнічних систем з урахуванням сучасних технологій.

Предмет дисципліни. Методи математичного опису, аналізу та числового розв'язання інженерних задач у матеріалознавстві та триботехніці.

Завдання дисципліни. Формування навичок розв'язання складних задач та проблем, пов'язаних з розробкою, застосуванням, виробництвом та випробуванням, прогнозуванням властивостей сучасних матеріалів, зокрема матеріалів у вузлах тертя, що працюють у різних умовах навантаження; формування навичок математичного моделювання процесів у матеріалах; засвоєння числових методів розв'язання рівнянь механіки, теплопровідності, дифузії; опрацювання практик моделювання триботехнічних систем; розвиток компетентностей в роботі з інженерним програмним забезпеченням.

Результати навчання. Після вивчення дисципліни студент має: досконало володіти професійною термінологією та основними поняттями галузі триботехнічного матеріалознавства, математичного та фізичного моделювання матеріалознавчих явищ та процесів; розв'язувати прикладні інженерні задачі матеріалознавства, зокрема триботехнічного спрямування, з використанням сучасних математичних методів аналізу та моделювання; розуміти принципи математичного планування експерименту та застосування DOE (Design of Experiments) у триботехнічному матеріалознавстві; знати основні методи інференційної статистики та їх застосування для аналізу процесів тертя і зношування; розуміти основи побудови математичних моделей у матеріалознавстві, їх верифікацію та валідацію; знати принципи числового моделювання (метод скінченних різниць, метод скінченних елементів) та сучасні програмні пакети (ANSYS, Abaqus, SOLIDWORKS Simulation тощо); формулювати задачу експерименту, визначати фактори та відгуки у триботехнічних системах; будувати та аналізувати факторні плани експериментів (повні та дробові); застосовувати статистичні методи (регресійний, кореляційний аналіз, перевірку гіпотез) для обробки експериментальних даних; розробляти та досліджувати математичні моделі процесів тертя і зношування; виконувати числове моделювання триботехнічних процесів у спеціалізованих програмних середовищах; критично оцінювати результати експериментів і моделювання; інтегрувати експериментальні дані з результатами числового моделювання; працювати з пакетами обробки даних (Excel, Matlab) та інженерними платформами (ANSYS, Abaqus) тощо; готувати звіти та презентації з результатів досліджень у галузі триботехнічного матеріалознавства.

4. СТРУКТУРА ЗАЛІКОВИХ КРЕДИТІВ ДИСЦИПЛІНИ

Назва розділу (теми)	Кількість годин, відведених на:					
	Денна форма			Заочна форма		
	Лекції	Лабор. роботи	СРС	Лекції	Лабор. роботи	СРС
Тема 1. Математичний метод планування експерименту в триботехнічному матеріалознавстві	4	2	20		2	26
Тема 2. Методи інференційної статистики в триботехнічному матеріалознавстві	4	10	20		2	26
Тема 3. Основи математичного моделювання в матеріалознавстві	4	4	20	2	2	26
Тема 4. Числове моделювання триботехнічних процесів	4	2	26	4		30
Разом:	16	18	86	6	6	108

5. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

5.1 Зміст лекційного курсу

Перелік лекцій для студентів денної форми здобуття освіти

Номер лекції	Перелік тем лекцій, їх анотації	Кількість годин
1	Математичне моделювання та планування експерименту у триботехнічному матеріалознавстві. - Значення математичного моделювання в дослідженнях тертя та зношування. - Основні принципи планування експерименту (DOE – Design of Experiments). - Класифікація факторів та відгуків у триботехнічних системах. - Приклади постановки експериментів у матеріалознавстві. Літ.: [1] с. 7-30, 166-193; [2] с. 7-51, [3] с. 12-39, 43-68; [4] с. 5-14, [5] с. 6-16; [6] с. 4-10	2
2	Методи повного та дробового факторного експерименту. - Повний факторний експеримент (2^n, 3^n-плани). - Дробові факторні плани та їх застосування. - Ефекти взаємодії факторів. - Практичні приклади вивчення зношування матеріалів за допомогою факторних планів. Літ.: [2] с. 7-51; [6] с. 14-32; [7] с.116-126, с. 126-134	2
3	Математичні методи оптимізації експерименту. - Центрально-композиційні плани. - Метод поверхні відгуку (RSM). - Оптимізація складу матеріалів та режимів тертя. - Приклади побудови регресійних моделей. Літ.: [2] с.114-176; [6] 14-32, с. 32-39; [8] с. 7-13	2
4	Методи інференційної статистики у триботехнічному матеріалознавстві. - Основи ймовірнісних розподілів (нормальний, Вейбулла, логнормальний). - Оцінка параметрів розподілу (метод максимальної правдоподібності, метод моментів). - Перевірка статистичних гіпотез у матеріалознавчих експериментах. - Використання статистики для аналізу терміну служби матеріалів. Літ.: [5] с.12-66; [7] с.11-83; [9] с.11-46	2
5	Регресійний та кореляційний аналіз у триботехніці. - Лінійна та нелінійна регресія. - Багатофакторний регресійний аналіз. - Коефіцієнти кореляції та детермінації. - Приклади застосування в аналізі впливу температури, навантаження та швидкості ковзання на знос. Літ.: [5] с.66-94; [7] с.84-104, с.105-134; [8] с.14-33	2

6	Основи математичного моделювання в матеріалознавстві. - Поняття математичної моделі. - Класифікація моделей (фізичні, емпіричні, комбіновані). - Математичні моделі триботехнічних процесів (рівняння зношування Архарда, моделі тертя). - Валідація та верифікація моделей. Літ.: [1] с. 5-39, с. 65-80; [3] с. 6-47, с. 73-86, с. 185-188, с.283-330, с.358-363; [10] с.5-33; [22] - [24]	2
7	Числові методи моделювання триботехнічних процесів. - Основи числового інтегрування та диференціювання. - Методи скінченних різниць (FDM). - Методи скінченних елементів (FEM) у матеріалознавстві. - Приклади застосування числового моделювання для прогнозування зношування. Літ.: [10] с. 5-11; [11] с.38-67; [12] с.5-21; [13] с. 43-49; [19] - [21]	2
8	Комп'ютерне моделювання та цифрові двійники у триботехнічному матеріалознавстві. - Використання програмних пакетів (ANSYS, Abaqus тощо) для моделювання тертя. - Побудова цифрових двійників матеріалів. - Приклади інтеграції експериментальних даних із числовим моделюванням. - Перспективи розвитку триботехнічного моделювання. Літ.: [13] с. 5-37; [14] с.11-46; [15] с. 14-91; [16] с. 149-183; [24]; [25] - [28]	2
Разом:		16

Перелік оглядових лекцій для студентів *заочної* форми здобуття освіти

Номер лекції	Тема лекції	Кількість годин
1	Математичне моделювання процесів у матеріалознавстві. - Типи моделей: аналітичні, числові, емпіричні. - Диференціальні рівняння та їх використання. - Варіаційні принципи. - Планування натурних і числових експериментів. Літ.: [1] с. 7-30, 166-193; [2] с. 7-51, [3] с. 12-39, 43-68, с. 185-188, с.283-330, с.358-363; [4] с. 5-14, [5] с. 6-16; [6] с. 4-10; [10] с.5-33; [22] - [24]	2
2	Числові методи розв'язання задач математичної фізики. - Метод скінченних різниць (MCP): принцип побудови, приклади. - Метод скінченних елементів (MCE): формулювання, елементи, граничні умови. - Побудова сіток, стійкість, збіжність, точність числових методів. - Програмна реалізація у Ecx1, MathCAD, MATLAB / Python. Літ.: [10] с. 5-11; [11] с.38-67; [12] с.5-21; [13] с. 43-49; [19] - [21]	2
3	Комп'ютерне моделювання триботехнічних процесів. - Використання COMSOL / ANSYS для моделювання тертя, зношування, теплопереносу. - Постановка задачі та побудова моделі. - Аналіз похибок, верифікація і валідація. - Оптимізація числових моделей, інтерпретація результатів. Літ.: [13] с. 5-37; [14] с.11-46; [15] с. 14-91; [16] с. 149-183; [24]; [25] - [28]	2
Разом :		6

5.2 Зміст лабораторних занять

Перелік лабораторних занять для студентів *денної* форми здобуття освіти

№ з/п	Тема лабораторного заняття	Кількість годин
1	Планування обчислювального експерименту в триботехнічному матеріалознавстві. <i>Триботермо-теплическа оптимізація складу високоміцного твердого сплаву для стійкого різання зливної стружки</i> Літ.: [6] с. 14-32; [7] с.116-126, с. 126-134; [8] с. 7-13; [17] с. 96-123; [18] с. 6-19	2

2	Виявлення викидів (аномальних вимірювань) у вибірках товщини покриття. <i>Оцінка аномальності результатів вимірювань при контролі глибини дифузійного хромованого шару сталі 4х5мф1с</i> Літ.: [5] с.12-66; [7] с.11-83; [9] с.11-46; [17] с. 123-131; [18] с. 20-26	2
3	Оцінка невідомих параметрів за вибірковими даними. <i>Визначення оцінок і довірчих границь для параметрів нормального розподілу при вимірюванні твердості сталі</i> Літ.: [5] с.12-66; [7] с.11-83; [9] с.11-46; [17] с. 173-179; [18] с. 27-32	2
4	Побудова довірчих інтервалів для параметрів дослідного розподілу твердості поверхневого шару після термічної обробки. <i>Розрахунок параметрів дослідного розподілу і оцінка достовірності впливу термічної обробки на твердість хромованого шару</i> Літ.: [5] с.12-66; [7] с.11-83; [9] с.11-46; [17] с. 179-194; [18] с. 33-41	2
5	Перевірка статистичних гіпотез про розподіл трибопараметрів різних матеріалів/режимів. <i>Визначення закону розподілу випадкової величини при вимірюванні твердості сталі</i> Літ.: [5] с.12-66; [7] с.11-83; [9] с.11-46; [17] с. 194-203; [18] с. 42-48	2
6	Побудова регресійних моделей. <i>Парний регресійний аналіз результатів експериментів при визначенні здатності деталей до крихкого руйнування</i> Літ.: [5] с.66-94; [7] с.84-104, с.105-134; [8] с.14-33; [17] с. 82-96; [18] с. 49-63	2
7	Основи математичного моделювання процесів у матеріалознавстві. <i>Побудова та аналіз фізико-математичних моделей для задач тертя, теплопровідності та дифузії.</i> Літ.: [1] с.5-39, с.65-80; [3] с.6-47, с.73-86, с.185-188, с.283-330, с.358-363; [10] с.5-33; [24]	2
8	Аналіз похибок числових рішень. Порівняння методів. <i>Оцінка похибок дискретизації, стійкості й точності числових алгоритмів.</i> Літ.: [10] с. 5-11; [11] с.38-67; [12] с.5-21; [13] с. 43-49	2
9	Підсумкове заняття залікового тижня.	2
Разом:		18

Перелік лабораторних робіт для студентів заочної форми здобуття освіти

№ З/п	Тема лабораторної роботи	Кількість годин
1	Планування експерименту в триботехнічному матеріалознавстві. - Ознайомлення з принципами планування експериментів (DOE). - Вибір факторів (навантаження, швидкість ковзання, температура) та відгуків (знос, коефіцієнт тертя). - Побудова повного факторного плану (2^2 або 2^3). - Проведення моделювання експериментальних даних у Excel/Matlab. - Побудова регресійної моделі та аналіз впливу факторів. Літ.: [6] с.14-32; [7] с.116-126, с.126-134; [8] с.7-13; [17] с.96-123; [18] с.6-19, с.49-63; [25]	2
2	Методи інференційної статистики у триботехнічних дослідженнях. - Аналіз експериментальних даних про знос матеріалів. - Побудова гістограм та оцінка параметрів розподілу (нормальний, логнормальний, Вейбулла). - Використання критерію χ^2 та Колмогорова–Смірнова для перевірки гіпотез. - Розрахунок довірчих інтервалів для середніх значень і дисперсій. - Інтерпретація статистичних результатів для прогнозування довговічності матеріалів. Літ.: [5] с.12-66; [7] с.11-83; [9] с.11-46; [17] с. 82-203; [18] с. 42-48	2
3	Математичне моделювання триботехнічних процесів. - Ознайомлення з базовими рівняннями моделювання тертя та зношування (закон Архарда, залежність Амонтонса–Кулона). - Побудова математичної моделі зносу в залежності від навантаження та шляху тертя. - Числове моделювання у Matlab/Python (розв’язання диференціальних рівнянь). - Побудова графіків залежностей: знос від часу, коефіцієнт тертя від навантаження. - Порівняння модельних результатів з експериментальними даними. Літ.: [1] с.5-39, с.65-80; [3] с.6-47, с.73-86, с.185-188, с.283-330, с.358-363; [10] с.5-33; [25]; [26]	2
Разом:		6

5.3 Зміст самостійної (у т. ч. індивідуальної) роботи здобувача вищої освіти

Самостійна робота здобувачів вищої освіти *денної* форми здобуття освіти полягає у систематичному опрацюванні програмного матеріалу з відповідних джерел інформації; підготовці до виконання і захисту лабораторних робіт, до тестування з теоретичного матеріалу тощо.

Зміст самостійної роботи студентів *денної* форми здобуття освіти

Номер тижня	Вид самостійної роботи	Кіл-сть годин
1	Опрацювання теоретичного матеріалу з Т1, підготовка до виконання лабораторної роботи №1.	5
2	Опрацювання теоретичного матеріалу з Т1, підготовка до захисту лабораторної роботи № 1.	5
3	Опрацювання теоретичного матеріалу з Т2, підготовка до виконання лабораторної роботи № 2.	5
4	Опрацювання теоретичного матеріалу з Т2, підготовка до захисту лабораторної роботи № 2.	5
5	Опрацювання теоретичного матеріалу з Т2, підготовка до виконання лабораторної роботи № 3.	5
6	Опрацювання теоретичного матеріалу з Т2, підготовка до захисту лабораторної роботи № 3.	5
7	Опрацювання теоретичного матеріалу з Т3, підготовка до виконання лабораторної роботи № 4. Підготовка до тестового контролю з тем 1 – 2.	6
8	Опрацювання теоретичного матеріалу з Т3, підготовка до захисту лабораторної роботи № 4.	5
9	Опрацювання теоретичного матеріалу з Т4, підготовка до виконання лабораторної роботи № 5.	5
10	Опрацювання теоретичного матеріалу з Т4, підготовка до захисту лабораторної роботи № 5.	5
11	Опрацювання теоретичного матеріалу з Т4, підготовка до виконання лабораторної роботи № 6.	5
12	Опрацювання теоретичного матеріалу з Т4, підготовка до захисту лабораторної роботи № 6.	5
13	Опрацювання теоретичного матеріалу з Т5, підготовка до виконання лабораторної роботи № 7.	5
14	Опрацювання теоретичного матеріалу з Т5, підготовка до захисту лабораторної роботи № 7.	5
15	Опрацювання теоретичного матеріалу з Т5, підготовка до виконання лабораторної роботи № 8.	5
16	Опрацювання теоретичного матеріалу з Т5, підготовка до захисту лабораторної роботи № 8, підготовка до тестового контролю з тем 4 – 5.	6
17	Підготовка до підсумкового заняття	4
Разом:		86

Зміст самостійної роботи здобувачів вищої освіти за *заочною* формою навчання полягає у повному виконанні всіх передбачених видів навчальної діяльності відповідно до Робочої програми навчальної дисципліни. До основних форм самостійної роботи належать:

- опрацювання теоретичного матеріалу;
- виконання контрольної роботи;
- підготовка до виконання та захисту лабораторних робіт;
- підготовка до поточного тестового контролю та семестрової атестації в період лабораторно-екзаменаційної сесії.

Інформацію про зміст навчальної дисципліни, завдання контрольної роботи, а також вимоги до її виконання для здобувачів, які поєднують навчання з професійною діяльністю, викладено в Методичних рекомендаціях з дисципліни для цієї категорії студентів.

Робоча програма дисципліни та необхідні навчально-методичні матеріали розміщені в модульному навчальному середовищі на сторінці дисципліни.

Керівництво самостійною роботою та контроль за її виконанням здійснює викладач відповідно до встановленого графіка консультацій у позаурочний час.

6. ТЕХНОЛОГІЇ ТА МЕТОДИ НАВЧАННЯ

Процес навчання з дисципліни базується на поєднанні традиційних та сучасних технологій і методів навчання. Зокрема, використовуються такі форми організації освітнього процесу:

- лекційні заняття – із застосуванням засобів візуалізації навчального матеріалу;
- лабораторні заняття – із використанням комп'ютерного моделювання, пояснень викладача та інших активних методів навчання;
- самостійна робота здобувачів освіти – яка передбачає опрацювання теоретичного матеріалу, виконання індивідуальних завдань до лабораторних робіт і контрольних робіт (залежно від форми навчання), підготовки до поточного контролю тощо.

Усі етапи навчання супроводжуються активним застосуванням інформаційно-комунікаційних технологій з метою підвищення ефективності засвоєння навчального матеріалу.

7. МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

Поточний контроль знань здобувачів вищої освіти здійснюється під час аудиторних лабораторних занять, а також у визначені дні проведення контрольних заходів, передбачених Робочою програмою навчальної дисципліни та графіком освітнього процесу. Зокрема, контроль може проводитись із використанням Модульного середовища для навчання.

До основних методів поточного контролю належать:

- усне опитування перед допуском до лабораторного заняття;
- оцінювання результатів захисту лабораторних робіт;
- тестовий контроль засвоєння теоретичного матеріалу з окремих розділів;
- оцінювання контрольних робіт (відповідно до графіка проведення лабораторно-екзаменаційних сесій для здобувачів заочної форми навчання).

Семестровий контроль проводиться у формі заліку. Підсумкова семестрова оцінка формується з урахуванням результатів поточного контролю.

Здобувач вищої освіти, який отримав за будь-який вид навчальної діяльності, передбаченої Робочою програмою, менше ніж 60 % від максимального можливого балу вважається таким, що має академічну заборгованість.

Ліквідація академічної заборгованості здійснюється під час екзаменаційної сесії або за окремим графіком, затвердженим деканатом, відповідно до положень «Положення про контроль і оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти у ХНУ».

8 ПОЛІТИКА ДИСЦИПЛІНИ

Політика навчальної дисципліни визначається системою вимог до здобувача вищої освіти, встановлених чинними нормативними документами Університету щодо організації та навчально-методичного забезпечення освітнього процесу.

Зокрема, передбачено:

- обов'язкове проходження інструктажу з техніки безпеки;
- обов'язкове відвідування занять з дисципліни;
- за наявності об'єктивних (документально підтверджених) причин – можливість проходження теоретичного навчання в онлайн-режимі за погодженням із викладачем.

Успішне опанування дисципліни та досягнення програмних результатів навчання вимагають від здобувача вищої освіти:

- попередньої підготовки до лабораторних занять (опрацювання теоретичного матеріалу, підготовки звіту (протоколу) роботи, підготовки до усного опитування для допуску до заняття згідно з Методичними рекомендаціями);
- активної участі у лабораторному занятті;
- якісного оформлення та захисту звіту (протоколу) за темою лабораторної роботи;
- участі у дискусіях та аналізі прийнятих рішень під час виконання лабораторних завдань.

Здобувачі вищої освіти зобов'язані дотримуватись встановлених термінів виконання всіх видів навчальної роботи відповідно до Робочої програми навчальної дисципліни. Захист лабораторної роботи вважається своєчасним, якщо він здійснений на наступному занятті після виконання роботи. У разі пропуску лабораторного заняття, здобувач зобов'язаний відпрацювати його у лабораторіях кафедри у термін, визначений викладачем, але не пізніше ніж за два тижні до завершення теоретичних занять у семестрі.

Засвоєння теоретичного матеріалу перевіряється за результатами тестування.

Самостійна робота здобувачів повинна виконуватись із дотриманням принципів академічної доброчесності. Забороняється списування, плагіат, підказки, а також використання штучного інтелекту без належного цитування. У разі порушення політики академічної доброчесності під час виконання будь-якого виду навчальної роботи, здобувач отримує незадовільну оцінку та зобов'язаний повторно виконати завдання відповідно до вимог Робочої програми. Будь-які форми порушення академічної доброчесності є неприпустимими.

У межах вивчення дисципліни передбачено визнання та зарахування результатів навчання, набутих шляхом неформальної освіти – зокрема на освітніх платформах ([Coursera](#), [EdX](#), [Prometheus](#) тощо); міжнародних агрегаторах онлайн-курсів ([classcentral.com](#) (<https://www.classcentral.com/subject/materials-science>), [alison.com](#) (<https://alison.com/tag/materials-science>), тощо), навчально-науково-виробничого центру (ННВЦ) систем автоматизованого проєктування (САПР) Хмельницького національного університету ([Сертифікація SolidWorks](#)). Такі результати можуть бути зараховані за умови, що вони відповідають тематиці або видам робіт із програми дисципліни, сприяють формуванню фахових компетентностей та підтверджують досягнення програмних результатів навчання. Детальні умови наведено у Положенні про порядок визнання та зарахування результатів навчання здобувачів вищої освіти у ХНУ.

9. ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ СТУДЕНТІВ У СЕМЕСТРІ

Оцінювання академічних досягнень здобувача вищої освіти здійснюється відповідно до вимог «Положення про контроль і оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти у ХНУ». Оцінювання результатів навчальної діяльності проводиться за 100-бальною накопичувальною шкалою, яка надалі трансформується в: інституційну шкалу оцінювання (національну шкалу оцінювання) та шкалу ЄКТС (ECTS) відповідно до встановлених нормативів.

У процесі поточного оцінювання викладач нараховує здобувачеві вищої освіти відповідну кількість балів за кожен вид роботи відповідно до вимог, встановлених Робочою програмою навчальної дисципліни (табл. Структурування дисципліни за видами навчальної роботи і оцінювання результатів навчання).

Структурна одиниця (окремий вид роботи) вважається зарахованою, якщо здобувач набрав не менше 60 % від максимально можливої кількості балів, передбаченої для неї. Цей рівень є мінімальним порогом для отримання позитивної оцінки за відповідну структурну одиницю дисципліни.

За умови виконання всіх передбачених Робочою програмою дисципліни видів навчальної роботи в межах поточного контролю, здобувач денної або заочної форми навчання може набрати до 100 балів.

Позитивна підсумкова оцінка виставляється у разі, якщо за результатами поточного контролю здобувач набрав від 60 до 100 балів.

Структурування дисципліни за видами навчальної роботи і оцінювання результатів навчання студентів денної форми здобуття освіти у семестрі

Аудиторна робота								Контрольні заходи		Семестровий контроль	
Лабораторні роботи №:								Тестовий контроль:		Залік	Разом балів
1	2	3	4	5	6	7	8	Т 1-2	Т 3-4		
Кількість балів за вид навчальної роботи (мінімум-максимум)											
6-10	6-10	6-10	6-10	6-10	6-10	6-10	6-10	6-10	6-10	0	За рейтингом
48-80								12-20		0	60-100

Примітки: Т – тема навчальної дисципліни.

Структурування дисципліни за видами навчальної роботи і оцінювання результатів навчання студентів заочної форми здобуття освіти

Аудиторна робота			Самостійна, індивідуальна робота	Семестровий контроль	
Лабораторні роботи * №:			Контрольна робота	Залік	Разом балів
1	2	3	Якість виконання і захист роботи		
Кількість балів за кожний вид навчальної роботи (мінімум-максимум)					
12-20	12-20	12-20	24-40	0	За рейтингом
36-60			24-40	0	60-100

*Примітка.** Вимоги до оцінювання лабораторних робіт студента-заочника аналогічні вимогам, що висуваються до здобувачів освіти денної форми

Отриманий здобувачем вищої освіти бал за зарахований вид навчальної роботи (структурну одиницю) після оцінювання вноситься викладачем до електронного журналу обліку успішності.

Семестрова оцінка розраховується в автоматизованому режимі в інформаційній підсистемі «Електронний журнал» (ІС «Електронний університет»). Вона визначається відповідно до накопиченої суми балів та трансформується у оцінку за інституційною шкалою і шкалою ЄКТС (див. таблицю «Співвідношення шкал»). Результат заноситься до екзаменаційної відомості та Індивідуального навчального плану здобувача.

Таблиця – Співвідношення інституційної шкали оцінювання та шкали оцінювання ЄКТС

Оцінка ЄКТС	Рейтингова шкала балів	Інституційна шкала (Опис рівня досягнення здобувачем вищої освіти запланованих результатів навчання з навчальної дисципліни)	
		Залік	Іспит/диференційований залік
A	90-100	Зараховано	Відмінно/Excellent – високий рівень досягнення запланованих результатів навчання з навчальної дисципліни, що свідчить про безумовну готовність здобувача до подальшого навчання та/або професійної діяльності за фахом
B	83-89		Добре/Good – середній (максимально достатній) рівень досягнення запланованих результатів навчання з навчальної дисципліни та готовності до подальшого навчання та/або професійної діяльності за фахом
C	73-82		Задовільно/Satisfactory – Наявні мінімально достатні для подальшого навчання та/або професійної діяльності за фахом результати навчання з навчальної дисципліни
D	66-72		
E	60-65		
FX	40-59	Незараховано	Незадовільно/Fail – Низка запланованих результатів навчання з навчальної дисципліни відсутня. Рівень набутих результатів навчання є недостатнім для подальшого навчання та/або професійної діяльності за фахом
F	0-39		Незадовільно/Fail – Результати навчання відсутні

Оцінювання знань студентів здійснюється за такими узагальненими критеріями:

Таблиця – Критерії оцінювання навчальних досягнень здобувача вищої освіти

Оцінка та рівень досягнення здобувачем запланованих ПРН та сформованих компетентностей	Узагальнений зміст критерія оцінювання
Відмінно (високий)	Здобувач вищої освіти 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 мовою викладання (в усній або у письмовій формі), демонструє якісне оформлення роботи і володіння спеціальними приладами та інструментами, прикладними програмами. Здобувач не вагається при видозміні запитання, вміє робити детальні та узагальнюючі висновки, демонструє практичні навички з вирішення фахових завдань. При відповіді допустив дві–три несуттєві <i>похибки</i> .
Добре (середній)	Здобувач вищої освіти виявив повне засвоєння навчального матеріалу, володіє понятійним апаратом, орієнтується у вивченому матеріалі; свідомо використовує теоретичні знання для вирішення практичних задач; виклад відповіді грамотний, але у змісті і формі відповіді можуть мати місце окремі неточності, нечіткі формулювання правил, закономірностей тощо. Відповідь здобувача вищої освіти будується на основі самостійного мислення. Здобувач вищої освіти у відповіді допустив дві–три <i>несуттєві помилки</i> .
Задовільно (достатній)	Здобувач вищої освіти 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 здобувача вищої освіти будується на рівні репродуктивного мислення, здобувач вищої освіти має слабкі знання структури навчальної дисципліни, 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 (недостатній)	Здобувач вищої освіти 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 знання при вирішенні практичних завдань. Як правило, оцінка «незадовільно» виставляється здобувачеві вищої освіти, який не може продовжити навчання без додаткової роботи з вивчення навчальної дисципліни.

Оцінювання результатів захисту лабораторної роботи.

Виконана та оформлена лабораторна робота оцінюється комплексно під час її захисту з урахуванням вимог, встановлених Методичними рекомендаціями. Оцінювання здійснюється за такими критеріями:

- самостійність і правильність виконання;
- повнота відповідей і знання методики виконання;
- наявність моделей матеріалів і процесів, розв'язання відповідних матеріалознавчих задач;
- дотримання академічної доброчесності;
- дотримання вимог щодо оформлення звіту тощо.

Результат виконання та захисту лабораторної роботи оцінюється відповідно до таблиці «Критерії оцінювання навчальних досягнень здобувача вищої освіти» з урахуванням рівня досягнення запланованих програмних результатів навчання (ПРН) та сформованих компетентностей. За підсумками виставляється відповідна сума балів.

У разі, якщо рівень засвоєння матеріалу, продемонстрований здобувачем під час захисту, становить менше ніж 60 % від максимальної кількості балів, встановленої Робочою програмою, лабораторна робота не зараховується. Для повторного захисту здобувач зобов'язаний:

- глибше опрацювати матеріал з теми;
- вивчити методику виконання роботи;
- усунути виявлені помилки;
- з'явитися на захист у час, визначений викладачем.

Оцінювання результатів тестового контролю.

Кожен із двох тестів, передбачених Робочою програмою навчальної дисципліни, містить 50 рівнозначних тестових завдань. Згідно з таблицею структурування видів робіт за тематичний контроль, здобувач, залежно від кількості правильних відповідей, може отримати від 6 до 10 балів за тест. Оцінювання здійснюється відповідно до кількості правильних відповідей; кількість балів за окреме завдання може відрізнятись.

Таблиця – Розподіл балів в залежності від наданих правильних відповідей на тестові завдання

Кількість правильних відповідей	1-29	30-32	33-36	37-40	41-44	45-50
Відсоток правильних відповідей	0-59	60-65	66-72	73-82	83-89	90-100
Кількість балів	-	6	7	8	9	10

На виконання тестового завдання відводиться 60 хвилин. Здобувач вищої освіти записує правильні відповіді у талон відповідей. Також передбачена можливість проходження тестування в онлайн-режимі у Модульному середовищі для навчання.

У разі отримання негативної оцінки, здобувач зобов'язаний перездати тест до терміну наступного контрольного заходу.

Оцінювання контрольної роботи здобувачів, які навчаються за заочною формою здобуття освіти.

Контрольна робота передбачає виконання трьох завдань: двох теоретичних та одного практичного. Практичне завдання орієнтоване на моделювання матеріалознавчої задачі триботехнічного спрямування. Варіанти контрольних робіт, а також зміст завдань наводяться у Методичних рекомендаціях щодо виконання контрольної роботи.

Максимальна кількість балів за виконання контрольної роботи встановлюється відповідно до Робочої програми навчальної дисципліни.

Контрольна робота вважається зарахованою, якщо здобувач вищої освіти набрав не менше 60 % від її максимально можливої кількості балів.

Оцінювання контрольної роботи здобувачів вищої освіти, які навчаються за заочною формою, здійснюється відповідно до вимог Робочої програми дисципліни та Методичних рекомендацій щодо її виконання.

При оцінюванні контрольної роботи враховуються:

- повнота та правильність розв'язання завдань;
- відповідність структури та змісту вимогам до оформлення;
- аргументованість висновків і рівень самостійності виконання;
- глибина теоретичного обґрунтування одержаних розв'язків;
- дотримання академічної доброчесності.

Кожне завдання контрольної роботи здобувача вищої освіти оцінюється викладачем з урахуванням таблиці критеріїв оцінювання навчальних досягнень, яка застосовується для визначення рівня сформованості компетентностей та досягнення запланованих програмних результатів навчання (ПРН).

Оцінювання передбачає класифікацію результатів за рівнями: достатній, середній та високий, що дає змогу об'єктивно визначити якість виконання теоретичних і практичних завдань.

Таблиця – Розподіл балів між завданнями контрольної роботи здобувача вищої освіти

Види завдань	Для кожного окремого виду завдань		
	Мінімальний (достатній) бал	Потенційні позитивні бали * (середній бал)	Максимальний (високий) бал
Теоретичне питання № 1	6	8	10
Теоретичне питання № 2	6	8	10
Практичне завдання	12	16	20
Разом, балів:	24	*	40

Примітка. * Позитивний бал за контрольну роботу, відмінний від мінімального (24 балів) та максимального (40 балів), знаходиться в межах 25-39 балів та розраховується як сума балів за усі структурні елементи (завдання) контрольної роботи.

Кожне завдання контрольної роботи здобувача вищої освіти оцінюється з використанням нижченаведених у таблиці критеріїв оцінювання навчальних досягнень здобувача вищої освіти (щодо визначення достатнього, середнього та високого рівня досягнення здобувачем запланованих ПРН та сформованих компетентностей).

У разі отримання незадовільної оцінки, здобувач вищої освіти має право на одноразове доопрацювання контрольної роботи та її повторне подання на перевірку у терміни, визначені викладачем.

Залік виставляється у разі, якщо здобувач вищої освіти досяг мінімального порогового рівня та загальна сума балів, набрана ним за результатами поточного контролю з освітнього компонента, становить від 60 до 100 балів.

У цьому випадку за:

- інституційною шкалою оцінювання виставляється оцінка «зараховано»;
- шкалою ЄКТС (ECTS) – буквене позначення, що відповідає кількості набраних балів згідно з таблицею «Співвідношення шкал оцінювання».

Семестровий залік виставляється на останньому занятті з навчальної дисципліни за результатами поточного контролю. Присутність здобувача вищої освіти під час виставлення заліку не є обов'язковою, якщо він:

- виконав усі види навчальної роботи, передбачені Робочою програмою;
- набрав не менше 60 балів у загальному підсумку.

За потреби здобувач має право ознайомитися з результатами оцінювання, а також отримати роз'яснення щодо виставленої оцінки в індивідуальному порядку, відповідно до графіка консультацій або за попередньою домовленістю з викладачем.

10. ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

1. Що таке планування експерименту (DOE) і його роль у матеріалознавстві?
2. Які основні етапи побудови плану експерименту?
3. Як класифікуються фактори у триботехнічних дослідженнях?
4. Що таке відгук системи і які приклади можна навести з триботехніки?
5. У чому полягає відмінність між повним і дробовим факторним експериментом?
6. Як визначають основні ефекти факторів у факторних планах?
7. Які переваги має використання планування експерименту перед класичними методами досліджень?
8. Наведіть приклади застосування факторних експериментів у вивченні зношування матеріалів.
9. Як будується матриця планування експерименту 2^2 або 2^3 ?
10. Яким чином результати планування експерименту інтегруються у математичні моделі?
11. Що таке інференційна статистика і яку роль вона відіграє в інженерії матеріалів?
12. Які ймовірнісні розподіли найчастіше використовуються у триботехнічних дослідженнях?
13. Що таке розподіл Вейбулла і як він застосовується для опису надійності матеріалів?
14. У чому полягає метод максимальної правдоподібності?
15. Як застосовується метод моментів для оцінки параметрів розподілу?
16. Які основні види статистичних гіпотез ви знаєте?
17. Як проводиться перевірка нульової гіпотези у матеріалознавчих експериментах?
18. Для чого використовується t-критерій Ст'юдента?
19. У чому суть кореляційного аналізу і як він використовується у триботехніці?
20. Як коефіцієнт детермінації характеризує якість регресійної моделі?
21. Що таке математична модель і які основні її типи?
22. У чому відмінність між фізичними, емпіричними та комбінованими моделями?
23. Як формулюється рівняння зношування Архарда?
24. Які основні параметри враховуються у моделях тертя?
25. Що означають поняття «верифікація» та «валідація» моделі?

26. Які помилки можуть виникати при побудові математичних моделей?
27. Як застосовується регресійний аналіз у побудові математичних моделей?
28. Наведіть приклади використання емпіричних моделей у триботехніці.
29. Які переваги дає побудова комбінованих моделей?
30. Як математичні моделі допомагають прогнозувати довговічність матеріалів?
31. У чому полягає метод скінченних різниць (FDM)?
32. Які задачі можуть бути розв'язані за допомогою методу скінченних різниць у триботехніці?
33. Що таке метод скінченних елементів (FEM) і його основні етапи?
34. Як FEM використовується для розрахунку напружено-деформованого стану матеріалів?
35. Які особливості числового інтегрування у моделюванні триботехнічних процесів?
36. Які програмні пакети застосовуються для числового моделювання тертя та зношування?
37. У чому різниця між ANSYS, Abaqus та COMSOL з точки зору застосування у матеріалознавстві?
38. Що таке цифровий двійник і як він використовується у дослідженнях матеріалів?
39. Як поєднується числове моделювання з експериментальними даними?
40. Які перспективи розвитку числового моделювання у триботехнічному матеріалознавстві?

11. НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Навчальний процес з дисципліни «Математичні та числові методи в інженерії матеріалів і процесів» забезпечений необхідною навчально-методичною літературою.

1 Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу “Математичне моделювання та оптимізація технологічних процесів” для студентів напрямку 6.050403 «Інженерне матеріалознавство» / Укладачі: О.В.Степанов, М.О.Сисоєв – К.: НТУУ “КПІ”, 2014. – 36 с.

URL : <https://compnano.kpi.ua/uk/navchannya/informatsijni-resursi-distiplin/2-uncategorised/358-matematichne-modeliuvannia-ta-optimizatsiia-lab.html>

2 Методичні вказівки до практичних робіт з дисципліни «Техніка і методика експерименту» для студентів спеціальності 132. Матеріалознавство» /Укл.: В.С. Вініченко – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2022. 48 с.

URL : <http://eir.zntu.edu.ua/handle/123456789/9817>

Зокрема, викладачами кафедри підготовлені і розміщені в модульному середовищі такі матеріали:

1 Драч І.В. Математичні та числові методи в інженерії матеріалів і процесів. Курс лекцій. - 2024 р. URL : <https://msn.khmn.edu.ua/course/view.php?id=9002>

2 Математичні та числові методи в інженерії матеріалів і процесів : лабораторний практикум для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 132 «Матеріалознавство» / І. В. Драч, О. В. Диха. Хмельницький : ХНУ, 2024. 88 с.

3 Математичні та числові методи в інженерії матеріалів і процесів : програма, контрольні завдання для студентів заочної форми навчання / І.В. Драч - 2025 р. URL : <https://msn.khmn.edu.ua/course/view.php?id=9002>

12. МАТЕРІАЛЬНО-ТЕХНІЧНЕ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Інформаційна та комп'ютерна підтримка навчального процесу забезпечується на основі використання таких засобів:

- персональний комп'ютер, планшет, смартфон або інший мобільний пристрій;
- мультимедійний проектор;
- доступ до мережі Інтернет;
- можливість роботи з електронними освітніми ресурсами та презентаційними матеріалами.

Програмне забезпечення:

- використовуються програми пакету Microsoft Office (або їхні аналоги), браузер, засоби для перегляду презентацій та інші загальноновживані прикладні програми.

• спеціальне програмне забезпечення для вивчення навчальної дисципліни не є обов'язковим, за винятком випадків, передбачених індивідуальними завданнями або методичними рекомендаціями.

13. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА:

Основна

- 1 Методологія та організація наукових досліджень : навч. посіб. / І. С. Добронравова, О. В. Руденко, Л. І. Сидоренко та ін. ; за ред. І. С. Добронравової (ч. 1), О. В. Руденко (ч. 2). – К. : ВПЦ "Київський університет", 2018. – 607 с. <http://www.philsci.univ.kiev.ua/biblio/Methodol.pdf>
- 2 Любич О.Й., Будник А.Ф. Експериментальне забезпечення наукових досліджень: навч. посіб. – Суми: Вид-во СумДУ, 2009.-186 с. URL : <https://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi20/0013814.pdf>
- 3 Павленко П. М., Філоненко С. Ф., Чередніков О. М., Трейтяк В. В. Математичне моделювання систем і процесів: навч. посіб. – К. : НАУ, 2017. – 392 с.
URL : https://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2020/Pavlenko_2017_392.pdf
- 4 Математичне моделювання систем і процесів. Конспект лекцій : навч. посіб. / уклад.: Н. В. Богданова, О. В. Богданов . –Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 85 с.
URL : <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/b0f1b40c-289d-4385-956e-0791d55ede37/content>
- 5 Теорія планування експериментів : навч. посіб. / С.М. Лапач . – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 86 с. URL : <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/9579ba92-1ee8-4486-adb3-a2cfb5a19319/content>
<https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/5c09da47-af50-425a-8aea-d2bb9c20261e/content>
- 6 Основи теорії планування експерименту: навч. посіб. / А.М.Волокита, В.Л.Селіванов О. А; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 41 с.
<https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/7c625af3-4aba-449d-a474-66fc54071f3a/content>
- 7 Горват А.А., Молнар О.О., Мінькович В.В. Методи обробки експериментальних даних з використанням MS Excel: навч. посіб. – Ужгород: Видавництво УжНУ “Говерла”, 2019. – 160 с. URL : <https://dspace.uzhnu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/84633c5b-0bea-4bf2-a567-e98945866988/content>
- 8 Яганов П.О. Моделювання технічних систем і технологічних процесів вибрані розділи регресійний аналіз : навч. посіб. – К: НТУУ «КПІ», 2023.
URL : <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/5c09da47-af50-425a-8aea-d2bb9c20261e/content>
- 9 Сушук-Слюсаренко В.І., Гадиняк Р.А. Математична статистика: навч. посіб. для самостійної роботи студентів з дисципліни «Теорія ймовірностей та математична статистика». – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. URL : <http://ela.kpi.ua:8080/bitstream/123456789/11536/1/1.pdf>.
- 10 Теорія тепло- та масопереносу в матеріалах : підручник для студ. спеціальності «Матеріалознавство», спеціалізації «Металофізичні процеси та їх комп'ютерне моделювання» / С. І. Сидоренко, С. М. Волошко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 228 с.
URL : <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/696c55d5-33ca-40bd-a8ca-c47c360b2399/content>
- 11 Чисельні методи розв'язання прикладних задач : навч. посіб. / О. А. Гончаров, Л. В. Васильєва, А. М. Юнда. – Суми : Сумський державний університет, 2020. – 142 с. URL : https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/79378/3/Honcharov_chyselni_metody.pdf?sessionid=E929D107E4723512F9E1A757BB34652C
- 12 Гребенюк С. М., Гоменюк С. І. Чисельні методи розв'язання механічних задач: навч. посіб. – Запоріжжя : Запорізький національний університет, 2022. 80 с.
URL : <https://dspace.znu.edu.ua/jspui/bitstream/12345/11877/1/HREBENIUKHOMENIUK.pdf>
- 13 Подольський Р. В., Бабаченко О. І., Кононенко Г. А. та ін. Застосування спеціалізованого програмного забезпечення в матеріалознавстві та термічній обробці металів та сплавів : навч. посіб. – Дніпро : Україн. держ. ун-т науки і технол., 2022. – 66 с. URL : https://www.researchgate.net/publication/364817439_ZASTOSUVANNA_SPECIALIZOVANOGO_PROGRAMNOGO_ZABEZPECENNA_V_MATERIALOZNAVSTVI_TA_TERMICNIJ_OBROBCI_METALIV_TA_SPLAVIV
- 14 Сидоренко С.І., Волошко С.М., Конорев С.І., Холмська Г.Д., Замулко С.О., Нестеренко Ю.В. Інформаційні та комунікаційні технології у науковій діяльності матеріалознавця: навч. посіб. / С.І. Сидоренко, С.М. Волошко, С.І. Конорев, Г.Д. Холмська, С.О. Замулко, Ю.В. Нестеренко – К.: НТУУ «КПІ», 2014.- 54 с.: 42 іл. URL : <https://drive.google.com/file/d/1PF5YVOs9TbdbcYX-QRDVvIKr9Dd3L-Ga/view>
- 15 Комп'ютерне моделювання методом скінченних елементів: Комп'ютерний практикум : навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за спец. 132 «Матеріалознавство» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: О. В. Степанов, Ю. І. Богомол, А. В. Мініцький. – Електрон. Текст. дані (1 файл). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. – 112 с. URL : <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/ffa39118-0e6e-4e31-b77d-b4c957f611ea/content>
- 16 Комп'ютерні технології в матеріалознавстві : навчально - методичний посібник / О.Є. Бармін, О.Є. Вуєць, А.І. Зубков та ін.; за ред. проф. О.В. Соболя та доц. І.М. Колупаєва. – Харків : НТУ «ХПІ», 2018. – 272 с. URL : <https://repository.kpi.kharkov.ua/server/api/core/bitstreams/084a6946-eeb3-4891-8473-13a227fe79fd/content>
- 17 Сігова В.І., Алексєєв О.М. Основи комп'ютерного матеріалознавства: Навчальний посібник. – Суми: Вид-во СумДУ, 2008. – 207 с. URL : <https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/996/3/Kompmatznav.pdf>
- 18 Математичні та числові методи в інженерії матеріалів і процесів : лабораторний практикум для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 132 «Матеріалознавство» / І. В. Драч, О. В. Диха. Хмельницький : ХНУ, 2024. 88 с. URL : https://tam.khmnu.edu.ua/wp-content/uploads/sites/37/matemat_chysl_metody_mag_132_2024.pdf

Додаткова

19 Chapra S.C., Canale R.P. Numerical Methods for Engineers. 8th Edition – McGraw-Hill, 2020. URL : <https://gdcbosang.ac.in/About/Droid/uploads/Numerical%20Methods.pdf>

20 Zienkiewicz O.C., Taylor R.L., J.Z. Zhu. The Finite Element Method, Vol. 1–2 – Elsevier, 2013. <https://doi.org/10.1016/C2009-0-24909-9>

21 Bathe K.J. Finite Element Procedures – Prentice Hall, 2006. URL : <https://soaneemrana.org/onewebmedia/Finite%20Element%20Procedures%20in%20Engineering%20Analysis%20Bathe%20K.J.pdf>

22 Drach I., Dykha M., Babak O., Kovtun O. Modeling surface structure of tribotechnical materials. // Problems of Tribology, 2024. 29(1/111). 16–24. URL : <https://tribology.khmnmu.edu.ua/index.php/ProbTrib/article/view/938>

23 Драч І. Фрактальне моделювання в задачах матеріалознавства. // Наука і освіта : зб. праць XVI Міжнар. наук. конф., Хайдусобосло (Угорщина), 4–11 січня 2024 р., – Хмельницький : ХНУ, 2024. С. 82–86.

URI : <https://elar.khmnmu.edu.ua/handle/123456789/15340>

24 Колісник Р.В., Драч І., Бабак О.П., Вичавка А.А. Моделювання процесів електродинаміки та тепловтрат у камері при азотуванні. // Сучасні досягнення в науці та освіті : зб. пр. XVII Міжнар. наук. конф., 29 вересня– 4 жовтня 2024 р., м. Нетанія (Ізраїль). – Хмельницький : ХНУ, 2024. – С. 79-84. URI : <https://elar.khmnmu.edu.ua/handle/123456789/16894>

25 MathWorks MATLAB Documentation. URL : <https://www.mathworks.com/help>

26 Python SciPy & NumPy Libraries. URL : <https://scipy.org>, <https://numpy.org>

27 ANSYS Learning Hub (Student Edition) URL : <https://studentcommunity.ansys.com>

28 Learn Materials – Ansys Granta. URL : <https://www.grantadesign.com/education/teachingresources/ongoing-development/learn-materials/>

14. ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ

1 Модульне середовище для навчання. URL : <https://msn.khmnmu.edu.ua/>

2 Електронна бібліотека університету. URL : https://lib.khmnmu.edu.ua/asp/php_f/p1age_lib.php

3 Репозитарій ХНУ. URL : <https://library.khmnmu.edu.ua/#>

4 Математичні та числові методи в інженерії матеріалів і процесів.

URL : <https://msn.khmnmu.edu.ua/course/view.php?id=9002>