

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЗАТВЕРДЖУЮ
Декан факультету ІТА
Олег ПОЛІЩУК

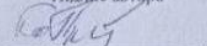
1 вересня 2025 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ Високоенергетичні зміцнювальні технології Назва дисципліни

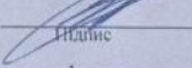
Галузь знань – G Інженерія, виробництво та будівництво
Спеціальність – G8 Матеріалознавство
Рівень вищої освіти – Другий (магістерський)
Освітньо-професійна програма – Триботехнічне матеріалознавство
Обсяг дисципліни – 6 кредити ЕКТС, Шифр дисципліни – ОФП.03
Мова навчання – українська
Статус дисципліни: обов'язкова (фахової 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	
			Кредити ЄКТС	Години	Аудиторні заняття					Самостійна робота, у т.ч. ІРС	Залік			Іспит	
					Разом	Лекції	Лабораторні роботи	Практичні заняття	Семінарські заняття						
Д	1	1	6	180	50	16	34			130				+	
З	1	1	6	180	18	10	8			162				+	

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

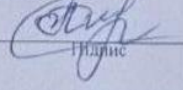
Робоча програма складена  канд.техн.наук, доц. Володимир ГОНЧАР
 док.техн.наук, проф. Павло КАПЛУН

Схвалена на засіданні кафедри трибології, автомобілів та матеріалознавства

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

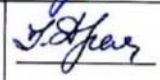
Робоча програма розглянута та схвалена вченою радою факультету
інженерії, транспорту та архітектури

Протокол від 29 серпня 2025 р. № 1.

/ Голова вченої ради факультету  Олег ПОЛІЩУК

Хмельницький 2025

2 ЛИСТ ПОГОДЖЕННЯ

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

З ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Дисципліна «Високоенергетичні зміцнювальні технології» є обов'язковою дисципліною фахової підготовки і займає провідне місце у підготовці здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Триботехнічне матеріалознавство» в межах спеціальності G8 «Матеріалознавство».

Пререквізити – вихідна.

Постреквізити – ОФП.04 Методи трибологічних випробувань матеріалів; ОФП.05 Переддипломна практика; ОФП.06 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 проєктами (ЗК 03); здатність працювати автономно (ЗК 05); здатність працювати в команді (ЗК 06); прагнення до збереження навколишнього середовища (ЗК 08); 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 оцінювати техніко-економічну ефективність досліджень, технологічних процесів та інноваційних розробок з урахуванням невизначеності умов і вимог (ФК 07); здатність обґрунтовано здійснювати вибір технологій виготовлення, оброблення, випробування матеріалів і виробів, для конкретних умов експлуатації (ФК 09); здатність організовувати та здійснювати комплексні випробування матеріалів і виробі (ФК 10); здатність застосовувати системний підхід для розв'язання прикладних задач виготовлення, обробки, експлуатації та утилізації матеріалів і виробів (ФК 11); здатність розробляти та реалізовувати проєкти в сфері матеріалознавства, а також дотичні до неї міждисциплінарні проєкти (ФК 12); здатність розробляти, аналізувати та впроваджувати інженерні рішення для модифікації поверхонь матеріалів, використовуючи високоенергетичні зміцнювальні технології з метою підвищення трибологічних характеристик та зносостійкості (УК 01); здатність діяти на засадах сталого розвитку та громадянської відповідальності з урахуванням Цілей сталого розвитку, включаючи екологічну, економічну та соціальну складову професійної діяльності (УК 03).

–програми результати навчання: виявляти, формулювати і вирішувати матеріалознавчі проблеми і задачі (ПРН 02); приймати ефективні рішення в нових ситуаціях або непередбачених умовах з урахуванням їх можливих наслідків, оцінювати і порівнювати альтернативи, оцінювати технічні, економічні, екологічні та правові ризики (ПРН 05); застосувати методи LCA-аналізу, еко- аудиту, підходів стійкого розвитку під час розробки нових матеріалів та впровадження нових технологій (ПРН 09); формулювати та розв'язувати науково-технічні задачі для розробки, виготовлення, випробування, сертифікації, утилізації матеріалів, створення та застосування ефективних технологій виготовлення виробів (ПРН 12); планувати і виконувати експериментальні матеріалознавчі дослідження, обирати відповідні обладнання та методики, здійснювати статистичну обробку і статистичний аналіз результатів експериментів, обґрунтовувати висновки (ПРН 13); 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); формулювати, розробляти, обґрунтовувати та реалізовувати інженерні

рішення щодо модифікації поверхонь матеріалів із застосуванням сучасних високоенергетичних зміцнювальних технологій для підвищення їх трибологічних властивостей і зносостійкості з урахуванням специфіки експлуатаційних умов (ПРН 20); 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 – формування у майбутніх інженерів-матеріалознавців теоретичних знань і практичних навичок щодо застосування сучасних високоенергетичних технологій зміцнення поверхні для підвищення надійності, довговічності, міцності та зносостійкості деталей машин і технологічного устаткування.

Предмет дисципліни – сучасні високоенергетичні технології зміцнення поверхні; закономірності формування структури, фізико-механічних і триботехнічних властивостей зміцнених поверхневих шарів та покриттів; методи оптимізації їх властивостей відповідно до умов експлуатації; конструктивні особливості та принципи роботи обладнання для високоенергетичного зміцнення.

Завдання дисципліни: надати здобувачам теоретичні знання та практичні навички щодо застосування високоенергетичних технологій зміцнення поверхні, нанесення зміцнених поверхневих покриттів, дослідження їх структури, фізико-механічних і триботехнічних властивостей, а також оцінювання ефективності використання таких технологій для підвищення експлуатаційних характеристик деталей машин.

Результати навчання. Здобувач, який успішно завершив вивчення дисципліни, повинен: аналізувати умови експлуатації деталей машин, інструментів і технологічного оснащення; обґрунтовано обирати сучасні високоенергетичні методи зміцнення поверхні залежно від умов експлуатації виробів; обирати типи покриттів та визначати їх властивості з урахуванням вимог до зносостійкості, міцності, довговічності та надійності конструктивних елементів; визначати раціональні технологічні режими зміцнення поверхні для забезпечення високої експлуатаційної ефективності та довговічності деталей машин; аналізувати ефективність використання матеріальних, енергетичних і технологічних ресурсів та розробляти рекомендації щодо їх раціонального використання у виробничих процесах; знати сучасні методи зміцнення поверхні та переваги високоенергетичних технологій; знати класифікацію, властивості та функціональне призначення поверхневих покриттів; знати сучасні технології, обладнання та режими нанесення покриттів, їх переваги, обмеження й області застосування; пояснювати вплив покриттів і технологій зміцнення на фізико-механічні, триботехнічні та експлуатаційні характеристики деталей машин, інструментів і технологічного оснащення; знати основні методи підвищення зносостійкості, міцності, довговічності та надійності деталей машин і конструктивних елементів.

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. Вступ до дисципліни	2		20			27
Тема 2. Дифузійні покриття	4	16	22	2	4	27
Тема 3. Фізичне та хімічне осадження з пари. Іонна імплантація	2		22	2		27
Тема 4. Лазерне зміцнення поверхні	2		22	2		27
Тема 5. Комбіновані та дискретні покриття	2	8	22	2	4	27
Тема 6. Трибологічні випробування поверхонь, модифікованих високоенергетичними методами	4	10	22	2		27
Разом:	16	34	130	10	8	162

5 ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

5.1 Зміст лекційного курсу

Перелік лекцій для здобувачів денної форми здобуття освіти

Номер лекції	Перелік тем лекцій, їх анотації	Кількість годин
1	Вступ до дисципліни. Зміст і завдання дисципліни. Наукові основи, класифікація, фізико-механічні характеристики покриттів та способи їх нанесення. Екологічні та енергетичні критерії високоефективних технологій. Концепція LCA-аналізу покриттів та екоаудит як інструмент оцінки безпеки і ресурсоефективності технологічних процесів. [3, с. 5–28; 4, с. 1–35; 10, с. 5–20; 15, с. 5–30]	2
2	Технології азотування та структурно-фазовий склад поверхневих шарів. Азотування традиційними методами та в тліючому розряді. Переваги й недоліки азотування. Фізико-механічні характеристики та фазовий склад поверхневих шарів. Управління властивостями поверхневих шарів. [2, с. 5–40; 9, с. 5–50; 11, с. 48–54; 6, с. 61–69]	2
3	Напружено-деформований стан елементів з покриттями та обладнання для іонного нанесення дифузійних покриттів. Напружено-деформований стан (НДС) в елементах конструкцій з покриттями під дією зовнішніх навантажень. Вплив залишкових напружень на НДС. Обладнання для іонного нанесення дифузійних покриттів: конструкція, принципи дії, переваги й недоліки. [4, с. 36–75; 9, с. 51–100; 10, с. 21–55; 12, с. 57–61]	2

4	Фізичне та хімічне осадження з пари. Іонна імплантація. Технології та обладнання для нанесення покриттів методом PVD (фізичне осадження з пари) та променевими методами. Іонна імплантація. Технології та обладнання для нанесення покриттів методом CVD (хімічне осадження з пари). Переваги та недоліки методів. [3, с. 29–62; 4, с. 76–115; 10, с. 56–85; 15, с. 31–70]	2
5	Лазерне зміцнення поверхні. Технології та обладнання для лазерного зміцнення. Застосування лазерно-зміцнених поверхонь і покриттів. [2, с. 41–78; 4, с. 116–155; 13, с. 5–60]	2
6	Комбіновані та дискретні покриття. Комбіновані покриття: особливості технології нанесення. Електроіскрове легування — переваги, недоліки та обладнання. Дискретні покриття: суть технології та галузі застосування. [5, с. 1–50; 13, с. 61–109; 14, с. 138–143; 15, с. 71–110; 7, с. 47–53]	2
7	Методи трибологічних випробувань та особливості зношування зміцнених поверхонь. Методи оцінки тертя та зношування в машинах: прилади, стенди, критерії оцінки. Особливості зношування зміцнених поверхонь (дифузійних, PVD/CVD, лазерних, комбінованих). [5, с. 51–100; 2, с. 79–103; 8; 11, с. 48–54]	2
8	Зв'язок структури покриттів із трибологічною поведінкою та рекомендації щодо підвищення зносостійкості. Вплив структури та фазового складу покриття на трибологічну поведінку. Рекомендації щодо підвищення зносостійкості деталей машин за рахунок високоенергетичних технологій. [4, с. 156–195; 5, с. 101–109; 15, с. 111–150; 12, с. 57–61]	2
Разом:		16

Перелік оглядових лекцій для здобувачів заочної форми здобуття освіти

Номер лекції	Тема лекції	Кількість годин
1	Технології азотування та структурно-фазовий склад поверхневих шарів. Азотування традиційними методами та в тліючому розряді. Переваги й недоліки азотування. Фізико-механічні характеристики та фазовий склад поверхневих шарів. Управління властивостями поверхневих шарів. [2, с. 5–40; 9, с. 5–50; 11, с. 48–54; 6, с. 61–69]	2
2	Напружено-деформований стан елементів з покриттями та обладнання для іонного нанесення дифузійних покриттів. Напружено-деформований стан (НДС) в елементах конструкцій з покриттями під дією зовнішніх навантажень. Вплив залишкових напружень на НДС. Обладнання для іонного нанесення дифузійних покриттів: конструкція, принципи дії, переваги й недоліки. [4, с. 36–75; 9, с. 51–100; 10, с. 21–55; 12, с. 57–61]	2
3	Фізичне та хімічне осадження з пари. Іонна імплантація. Технології та обладнання для нанесення покриттів методом PVD (фізичне осадження з пари) та променевими методами. Іонна імплантація. Технології та обладнання для нанесення покриттів методом CVD (хімічне осадження з пари). Переваги та недоліки методів. [3, с. 29–62; 4, с. 76–115; 10, с. 56–85; 15, с. 31–70]	2

4	Лазерне зміцнення поверхні. Технології та обладнання для лазерного зміцнення. Застосування лазерно-зміцнених поверхонь і покриттів. [2, с. 41–78; 4, с. 116–155; 13, с. 5–60]	2
5	Трибологічні випробування поверхонь, модифікованих високоенергетичними методами. Методи оцінки тертя та зношування в машинах (прилади, стенди, критерії оцінки). Особливості зношування зміцнених поверхонь (дифузійних, PVD/CVD, лазерних, комбінованих). Вплив структури та фазового складу покриття на трибологічну поведінку. Рекомендації щодо підвищення зносостійкості деталей машин за рахунок високоенергетичних технологій. Комплексна оцінка ефективності покриттів: LCA-аналіз життєвого циклу зміцнених деталей та екоаудит технологічних процесів. [4, с. 156–195; 5, с. 51–109; 2, с. 79–103; 8; 11, с. 48–54; 15, с. 111–150; 12, с. 57–61]	2
Разом:		10

5.2 Зміст лабораторних занять

Перелік лабораторних робіт для здобувачів *денної* форми здобуття освіти

№ з/п	Тема лабораторної роботи	Кількість годин
1	Лабораторна робота 1. Технологія і устаткування іонного азотування в тліючому розряді Літ.: [1, 4-7; 2, 85-88, 9, 10]	8
2	Лабораторна робота 2. Технологічні параметри іонного азотування та їх вибір Літ.: [1, 8-16; 11, 48-54]	8
3	Лабораторна робота 3. Технологія і устаткування нанесення комбінованих покриттів Літ.: . [1, 17-22; 5; 8; 14; 15, 53-70]	8
4	Лабораторна робота 4. Дослідження зносостійкості азотованих зразків Літ.: [1, 23-26; 2, 13-33; 4; 6; 7; 14; 15, 182-203]	10
Разом:		34

Перелік лабораторних робіт для здобувачів *заочної* форми здобуття освіти

№ з/п	Тема лабораторної роботи	Кількість годин
1	Лабораторна робота 1. Технологія і устаткування іонного азотування в тліючому розряді Літ.: [1, 4-7; 2, 85-88, 9, 10]	2
2	Лабораторне заняття 2. Проведення процесу іонного азотування в тліючому розряді Літ.: [1, 8-16; 2; 10; 11, 48-54]	2
3	Лабораторна робота 3. Технологія і устаткування нанесення комбінованих покриттів Літ.: [1, 17-22; 5; 8; 14; 15, 53-70]	2
4	Лабораторна робота 4. Дослідження зносостійкості азотованих зразків Літ.: [1, 23-26; 2, 13-33; 4; 6; 7; 14; 15, 182-203]	2
Разом:		8

5.3 Зміст самостійної роботи

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	Кількість годин
1	Опрацювання теоретичного матеріалу. Підготовка до виконання завдань лабораторної роботи №1. Підготовка до тестового контролю № 1	2
2	Опрацювання теоретичного матеріалу. Підготовка до виконання завдань лабораторної роботи №1. Підготовка до тестового контролю № 1	8
3	Опрацювання теоретичного матеріалу. Підготовка до виконання завдань лабораторної роботи № 1. Підготовка до тестового контролю № 1	8
4	Опрацювання теоретичного матеріалу. Підготовка до <i>захисту</i> лабораторної роботи № 1. Підготовка до тестового контролю № 1	8
5	Опрацювання теоретичного матеріалу. Підготовка до виконання завдань лабораторної роботи №2. Підготовка до тестового контролю № 1	8
6	Опрацювання теоретичного матеріалу. Підготовка до виконання завдань лабораторної роботи №2. Підготовка до тестового контролю № 1	8
7	Опрацювання теоретичного матеріалу. Підготовка до виконання завдань лабораторної роботи № 2. Підготовка до тестового контролю № 1	8
8	Опрацювання теоретичного матеріалу. Підготовка до <i>захисту</i> лабораторної роботи № 2. Підготовка до тестового контролю № 1	8
9	Опрацювання теоретичного матеріалу. Підготовка до виконання завдань лабораторної роботи №2. Підготовка до <i>захисту</i> лабораторної роботи № 2/2. Тестовий контроль № 1 (теми 1–3)	8
10	Опрацювання теоретичного матеріалу. Підготовка до виконання завдань лабораторної роботи №3. Підготовка до тестового контролю № 2	8
11	Опрацювання теоретичного матеріалу. Підготовка до виконання завдань лабораторної роботи № 3. Підготовка до тестового контролю № 2	8
12	Опрацювання теоретичного матеріалу. Підготовка до виконання завдань лабораторної роботи № 3. Підготовка до тестового контролю № 2	8
13	Опрацювання теоретичного матеріалу. Підготовка до <i>захисту</i> лабораторної роботи № 3. Підготовка до тестового контролю № 2	8
14	Опрацювання теоретичного матеріалу. Підготовка до виконання завдань лабораторної роботи №4. Підготовка до тестового контролю № 2	8
15	Опрацювання теоретичного матеріалу. Підготовка до виконання завдань лабораторної роботи № 4. Підготовка до тестового контролю № 2	8
16	Опрацювання теоретичного матеріалу. Підготовка до виконання завдань лабораторної роботи № 4. Підготовка до тестового контролю № 2	8
17	Опрацювання теоретичного матеріалу. Підготовка до <i>захисту</i> лабораторної роботи № 4. Тестовий контроль № 2 (теми 4–6). Підготовка до складання іспиту	8
Разом:		130

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 та семестрового контролів 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

Навчання здійснюється із застосуванням компетентнісного, проблемно-орієнтованого та практико-орієнтованого підходів.

Форми організації навчання: лекційні та лабораторні заняття, самостійна робота здобувачів вищої освіти, консультації.

Технології навчання: проблемно-орієнтоване навчання, інформаційно-комунікаційні та мультимедійні технології, елементи проєктного навчання, дистанційні технології навчання (за потреби).

Методи навчання: пояснювально-ілюстративний, частково-пошуковий, дослідницький, проблемний виклад, аналіз виробничих ситуацій (case study), виконання лабораторних робіт, моделювання технологічних процесів, навчальна дискусія, презентація результатів самостійної роботи.

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 іспиту, який проводиться з усього матеріалу дисципліни за білетами, попередньо розробленими і затвердженими на засіданні кафедри. Підсумкова семестрова оцінка формується з урахуванням як результатів поточного контролю, так і підсумкового контролю. Здобувач вищої освіти, який набрав з будь-якого виду навчальної роботи, суму балів, нижчу за 60 відсотків від максимального бала, не допускається до семестрового контролю, поки не виконає обсяг роботи, передбачений Робочою програмою. Здобувач вищої освіти, який набрав позитивний середньозважений бал (60 відсотків і більше від максимального бала) з усіх видів поточного контролю і не склав іспит, вважається таким, який має академічну заборгованість. Ліквідація академічної заборгованості із семестрового контролю здійснюється у період екзаменаційної сесії або за графіком, встановленим деканатом відповідно до «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 міжнародних агрегаторах онлайн-курсів ([classcentral.com](https://www.classcentral.com) (<https://www.classcentral.com/subject/materials-science>), [alison.com](https://alison.com/tag/materials-science) (<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 «Положення про контроль і оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти у ХНУ». При поточному оцінюванні виконаної здобувачем роботи з кожної структурної одиниці і отриманих ним результатів викладач виставляє йому певну кількість балів із призначених робочою програмою для цього виду роботи. При цьому кожна структурна одиниця (робота) може бути зарахована, якщо здобувач набрав не менше 60 відсотків (мінімальний рівень для

позитивної оцінки) від максимально можливої суми балів, призначеної структурній одиниці. Будь-які форми порушення академічної доброчесності не допускаються та не толеруються. Отриманий здобувачем бал за зарахований вид навчальної роботи (структурну одиницю) після її оцінювання викладач виставляє в електронному журналі обліку успішності здобувачів вищої освіти. За умови виконання усіх видів навчальної роботи за результатами поточного контролю протягом вивчення навчальної дисципліни, встановлених її Робочою програмою, здобувач денної форми здобуття освіти з навчальної дисципліни, підсумковим контролем для якої є іспит, може набрати до 60 балів (здобувач заочної форми – до 50 балів). Позитивну підсумкову оцінку здобувач може отримати, якщо за результатами поточного та підсумкового контрольів набере від 60 до 100 балів. Семестрова підсумкова оцінка розраховується в автоматизованому режимі в інформаційній підсистемі «Електронний журнал» (ІС «Електронний університет») і відповідно до накопиченої суми балів визначається оцінка за інституційною шкалою та шкалою ЄКТС (див. таблицю Співвідношення...), яка заноситься в екзаменаційну відомість, а також до Індивідуального навчального плану здобувача вищої освіти.

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

Аудиторна робота				Контрольні заходи		Семестровий контроль	Разом
Лабораторні роботи №:				Тестовий контроль:		Іспит	Сума балів
1	2	3	4	ТК* №1	ТК №2		
Кількість балів за вид навчальної роботи (мінімум-максимум)							
6-10	6-10	6-10	6-10	6-10	6-10	24-40	
24-40				12-20		24-40	60-100**

Примітка : ТК* – тестовий контроль;

**За набрану з будь-якого виду навчальної роботи з дисципліни кількість балів, нижче встановленого мінімуму, здобувач отримує незадовільну оцінку і має її перездати у встановлений викладачем (деканом) термін. Інституційна оцінка встановлюється відповідно до таблиці «Співвідношення інституційної шкали оцінювання і шкали оцінювання ЄКТС»

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

Аудиторна робота	Самостійна, індивідуальна робота		Семестровий контроль	Разом
Лабораторна робота *1	Контрольна робота		Іспит	Сума балів
	Повнота відповіді та якість виконання	Захист роботи		
Кількість балів за кожний вид навчальної роботи (мінімум-максимум)				
12-20	12-20	6-10	30-50	60-100
12-20	18-30		30-50	60-100

Примітка : *Вимоги до оцінювання лабораторних робіт здобувачів вищої освіти заочної форми навчання є аналогічними вимогам, що висуваються до здобувачів вищої освіти денної форми навчання.

Оцінювання якості виконання контрольної роботи студентами заочної форми здобуття освіти

Контрольна робота передбачає виконання трьох завдань – два теоретичних і одне – практичне. Кількість завдань у контрольній роботі залежно від особливостей дисципліни визначає кафедра. Зміст завдань наведено в методичних рекомендаціях до виконання контрольної роботи. При оцінюванні контрольної роботи враховуються повнота відповіді на теоретичні питання, якість виконання практичного завдання та захист. Кожне з теоретичних питань оцінюється від 3 до 5 балів, а практичне – 6-10 балів, загальна сума балів на позитивну оцінку становить від 12 до 20.

Таблиця – Розподіл балів між завданнями контрольної роботи здобувача вищої освіти за критеріями повноти відповіді та якості виконання

Види завдань	Для кожного окремого виду завдань		
	Мінімальний (достатній) бал	Потенційні позитивні бали* (середній бал)	Максимальний (високий) бал
Теоретичне питання № 1	3	4	5
Теоретичне питання № 2	3	4	5
Практичне завдання	6	8	10
Разом балів:	12		20

Примітка: *Позитивний бал за контрольну роботу, відмінний від мінімального (12 балів) та максимального (20 балів), знаходиться в межах 13-19 балів та розраховується як сума балів за усі структурні елементи (завдання) контрольної роботи.

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

Оцінювання результатів виконання і 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 з двох тестів, передбачених робочою програмою для здобувачів денної форми здобуття освіти, складається із 20 тестових завдань. Максимальна сума балів, яку може набрати студент за результатами кожного тестування, складає по 10 балів. Відповідно до таблиці структурування видів робіт за тематичний контроль здобувач залежно від кількості правильних відповідей може отримати від 6 до 10 балів:

Таблиця – Розподіл балів в залежності від наданих правильних відповідей на тестові завдання для здобувачів денної форми здобуття освіти

Кількість правильних відповідей	0–11	12–13	14–15	16–17	18–19	20
Відсоток правильних відповідей	0–59	60–65	70–75	80–85	90–95	100
Кількість отриманих балів	0	6	7	8	9	10

На тестування відводиться 20 хвилин. Правильні відповіді студент записує у талоні відповідей. Студент може також пройти тестування і в он-лайн режимі у Модульному середовищі для навчання. При отриманні негативної оцінки тест слід перездати до терміну *наступного* контролю.

Оцінювання результатів підсумкового семестрового контролю (іспит)

Освітня програма передбачає підсумковий семестровий контроль з дисципліни у формі іспиту, завданням якого є системне й об'єктивне оцінювання як теоретичної, так і практичної підготовки здобувача з навчальної дисципліни. Складання іспиту відбувається за попередньо розробленими і затвердженими на засіданні кафедри білетами. Відповідно до цього в екзаменаційному білеті пропонується поєднання питань як теоретичного (в т.ч. у тестовій формі), так і практичного характеру.

Таблиця – Оцінювання результатів підсумкового семестрового контролю здобувачів денної форми здобуття освіти (40 балів для підсумкового контролю)

Види завдань	Для кожного окремого виду завдань		
	Мінімальний (достатній) бал (задовільно)	Потенційні позитивні бали* (середній бал) (добре)	Максимальний (високий) бал (відмінно)
Теоретична частина (тест)	12	13-19	20
Практична частина	12	16	20
Разом:	24	*	40

Примітка: *Позитивний бал за іспит, відмінний від мінімального (24 бали) та максимального (40 балів), знаходиться в межах 25-39 балів та розраховується як сума балів за усі структурні елементи (завдання) іспиту

Таблиця – Оцінювання результатів підсумкового семестрового контролю здобувачів заочної форми здобуття освіти (50 балів для підсумкового контролю)

Види завдань	Для кожного окремого виду завдань		
	Мінімальний (достатній) бал (задовільно)	Потенційні позитивні бали* (середній бал) (добре)	Максимальний (високий) бал (відмінно)
Теоретична частина (тест)	12	13-19	20
Практична частина	18	24	30
Разом:	30	*	50

Примітка: *Позитивний бал за іспит, відмінний від мінімального (30 балів) та максимального (50 балів), знаходиться в межах 31-49 балів та розраховується як сума балів за усі структурні елементи (завдання) іспиту

Оцінювання результатів теоретичної частини іспиту

Теоретична частина іспиту проводиться у формі тестування і містить **40 тестових завдань**. Максимальна кількість балів за її виконання становить 20 балів, мінімальна – 12 балів. Порядок нарахування балів залежно від кількості правильних відповідей наведено в таблиці.

Таблиця – Розподіл балів в залежності від наданих правильних відповідей на тестові завдання теоретичної частини іспиту для здобувачів денної і заочної форм здобуття освіти

Кількість правильних відповідей	0–23	24–25	26–27	28–29	30–31	32–33	34–35	36–37	38–39	40
Кількість отриманих балів	0	12	13	14	15	16	17	18	19	20

Для кожного окремого виду завдань підсумкового семестрового контролю

застосовуються критерії оцінювання навчальних досягнень здобувача вищої освіти, наведені вище (Таблиця – Критерії оцінювання навчальних досягнень здобувача вищої освіти).

Підсумкова семестрова оцінка за інституційною шкалою і шкалою ЄКТС визначається в автоматизованому режимі після внесення викладачем результатів оцінювання з усіх видів робіт до електронного журналу. Співвідношення інституційної шкали оцінювання і шкали оцінювання ЄКТС у наведеній нижче таблиці. Семестровий іспит виставляється, якщо загальна сума балів, яку набрав студент з дисципліни за результатами поточного та підсумкового контролю, знаходиться у межах від 60 до 100 балів. При цьому за інституційною шкалою ставиться оцінка «відмінно/добре/задовільно», а за шкалою ЄКТС – буквене позначення оцінки, що відповідає набраній студентом сумі балів відповідно до таблиці Співвідношення.

Таблиця – Критерії оцінювання навчальних досягнень здобувача вищої освіти

Оцінка та рівень досягнення здобувачем запланованих PRH та сформованих компетентностей	Узагальнений зміст критерію 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.

Таблиця – Співвідношення інституційної шкали оцінювання і 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	<i>Відмінно/Excellent</i> – 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		<i>Добре/Good</i> – середній (максимально достатній) рівень досягнення

C	73-82	Незараховано	запланованих результатів навчання з навчальної дисципліни та готовності до подальшого навчання та/або професійної діяльності за фахом
D	66-72		Задовільно/Satisfactory – Наявні мінімально достатні для подальшого навчання та/або професійної діяльності за фахом результати навчання з навчальної дисципліни
E	60-65		
FX	40-59		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

10 ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

1. Класифікація покриттів.
2. Дифузійні покриття: основні відмінності та переваги над іншими типами покриттів.
3. Фізична суть процесу нанесення покриттів на поверхню методом розпилення (sputtering).
4. Напружено-деформований стан деталей із покриттями та його вплив на загальний напружено-деформований стан і міцність конструкції.
5. Залишкові напруження в деталях із покриттями та їх вплив на загальний напружено-деформований стан і міцність.
6. Управління напруженим станом у покриттях.
7. Види концентрованих джерел енергії, що застосовуються для нанесення покриттів.
8. Дифузійні покриття з використанням концентрованих джерел енергії, зокрема тліючого розряду.
9. Азотування: суть процесу, переваги та недоліки традиційних методів.
10. Азотування в тліючому розряді: особливості та переваги.
11. Особливості та переваги іонно-плазмового азотування в безводневому середовищі.
12. Технологія іонно-плазмового азотування: параметри управління технологічним процесом.
13. Суть оптимізації технології іонно-плазмового азотування за параметрами міцності.
14. Обладнання для іонно-плазмового азотування: конструктивні особливості та техніко-економічні показники.
15. Дискретні покриття: конструкція, сфера застосування, переваги та недоліки.
16. Суть технології комбінованих покриттів із нанесенням тугоплавких металів та іонно-плазмового азотування.
17. Переваги комбінованих покриттів над іншими типами покриттів.
18. Обладнання для нанесення комбінованих покриттів із застосуванням електроіскрового легування (EIL) та іонно-плазмового азотування.
19. Методика дослідження зносостійкості пар тертя.
20. Установки торцевого тертя.
21. Фізико-хімічні процеси, що відбуваються на поверхні тертя при зношуванні.
22. Фізико-механічні характеристики азотованих шарів.
23. Кінетика процесу зношування азотованих шарів.
24. Шляхи підвищення зносостійкості поверхонь тертя з покриттями.
25. Технологія нанесення покриттів методом PVD (фізичне осадження з пари): особливості, переваги та недоліки.
26. Технологія нанесення покриттів методом CVD (хімічне осадження з пари) та її особливості.
27. Лазерне зміцнення поверхонь металів: особливості, переваги та недоліки.
28. Лазерне легування поверхні металів: переваги та особливості.

11 НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Освітній процес з дисципліни «Високоенергетичні зміцнювальні технології» повністю і в достатній кількості забезпечений необхідними навчально-методичними матеріалами, що розміщені в Модульному середовищі для навчання MOODLE:

1. Конспекти лекцій з дисципліни.
2. Тестові завдання поточного контролю.

3. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт.
4. Методичні рекомендації до написання контрольної роботи для студентів заочної форми навчання.

12 МАТЕРІАЛЬНО-ТЕХНІЧНЕ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Обладнання та інструменти: установки для вакуумно-дифузійної модифікації поверхні та іонного азотування (двокамерна установка ППА-288, установка для азотування в тліючому розряді УАТР-3, У-1); обладнання для нанесення комбінованих і багатошарових покриттів (комплекс для нанесення багатошарових покриттів, установка «ЕЛФА-541»); обладнання для трибологічних випробувань (машина 2070 СМТ, установка торцевого тертя, прилад вимірювання лінійного зносу); обладнання для дослідження морфології поверхні (растровий електронний мікроскоп).

Інформаційна та комп'ютерна підтримка: ПК, планшет, смартфон або інший мобільний пристрій, проектор.

Програмне забезпечення: програми Microsoft Office або аналогічні, доступ до мережі Інтернет, робота з презентаціями.

Вивчення навчальної дисципліни не потребує використання спеціального програмного забезпечення, крім загальнонавчаних програм і операційних систем.

13 РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Високоенергетичні зміцнюючі технології : методичні рекомендації та настанови до виконання лабораторних робіт для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 132 «Матеріалознавство» / В. А. Гончар. – Хмельницький : ХНУ, 2022. – 29 с. URL: <https://lnk.ua/IvDeVEgIM> (дата звернення: 26.06.2025).
2. Методи поверхневого зміцнення у процесі виготовлення деталей машин: навчальний посібник / [А.Г. Фесенкота ін.]; Дніпропетровський національний університет ім. Олеся Гончара. – Дніпропетровськ: РВВ ДНУ, 2015. – 103 с. URL: http://repository.dnu.dp.ua:1100/upload/a96c0b4097bdde8f1a71abeca0cae5deMetodi-poverxnevo-zmichennya-u-procesi-vigotovlennya-detalej-mashin_Bechke.pdf (дата звернення: 26.06.2025).
3. Білик І.І., Руденький С.О. Технологія нанесення покриттів та їх властивості. — Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. URL: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/cd9bb47c-d679-4186-90b0-dd25fe1b6a37/content> (дата звернення: 26.06.2025).
4. Інтегровані технології обробки матеріалів [Текст]: підручник / Е.С. Геворкян, Л.А. Тимофеева, В.П. Нерубацький та ін. – Харків: УкрДУЗТ, 2016. – 238 с., рис. 56, табл. 2. ISBN 978-617-654-060-1. URL: <http://lib.kart.edu.ua/bitstream/123456789/2402/1/%D0%9F%D1%96%D0%B4%D1%80%D1%83%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%BA.pdf> (дата звернення: 26.06.2025).
5. Сучасні матеріали та технології їх обробки : Збірка наукових праць Міжнародної конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених, м. Харків, 17-18 квітня 2025 року. Харків, 2025. 109 с. URL: <https://lnk.ua/ILSaG7oEf> (дата звернення: 26.06.2025).

Додаткова

6. Kaplun P., Honchar V., Rudyk, O., Golenko, K., Poberezhnyi M. Investigation of corrosion and wear resistance of steels nitrided in a glow discharge in distilled water. Problems of Tribology, 2022. Vol. 27. № 3 (105). <https://doi.org/10.31891/2079-1372-2022-105-3-61-69>
7. Gonchar, V.A. Research on the wear resistance of the material cylinder of an automatic injection molding machine during plastics processing. Problems of Tribology, 2024. 29(4/114), 47–53. <https://doi.org/10.31891/2079-1372-2024-114-4-47-53>
8. Kaplun, P.V., Rudyk, O.Y., Gonchar, V.A. et al. Ion Carbonazotation Effect on the Wear Resistance of Materials in a Corrosive Environment. Strength Mater (2026). <https://doi.org/10.1007/s11223-026-00852-2>
9. Проектування устаткування для азотування і тліючому розряді: довідник / І.М. Пастух,

Г.М.Соколова. – Хмельницький: вид. Ковальський В.В., 2017. – 108 с. URL: [http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=S&I21DBN=EC&P21DBN=EC&S21FMT=JwU_B&S21ALL=%28%3C.%3EU%3D%D0%9A651.61\\$%3C.%3E%29&Z21ID=&S21SRW=dz&S21SRD=&S21STN=1&S21REF=10&S21CNR=20](http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=S&I21DBN=EC&P21DBN=EC&S21FMT=JwU_B&S21ALL=%28%3C.%3EU%3D%D0%9A651.61$%3C.%3E%29&Z21ID=&S21SRW=dz&S21SRD=&S21STN=1&S21REF=10&S21CNR=20) (дата звернення: 26.06.2025).

10. Методичний посібник до вивчення курсу «вакуумна та плазмова електроніка». Частина 2. Застосування електричних розрядів. Для студентів факультету електроніки НТУУ «КПІ» усіх форм навчання /Шмирьова Л.М., Слободян Н.В. – К.: НТУУ «КПІ», 2015. – 92 с. URL: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/505e3ef7-8522-41da-9d95-b2d57e1e021e/content> (дата звернення: 26.06.2025).

11. Каплун В.Г., Гончар В.А. Вплив режимів іонного азотування і термічної обробки на зносостійкість сталей в корозійно-абразивному середовищі. Проблеми тертя та зношування. №1, Київ, 2013, С.48-54. URL: <https://elar.khmnu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/4ee25025-7da9-4b8d-a9e2-886ea6badff7/content> (дата звернення: 26.06.2025).

12. Стухляк П.Д., Букетов А.В., Бадищук В. Розрахунок міцності конструкційних елементів з покриттями // Вісник ТДТУ. — 2010. — Т.15, №2. — С. 57–61. URL: https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/123456789/591/2/TSTUB_2010_v15_No2-Stuhljak_P_Buketov_A_Badischuk_V-The_calculation_of_the_structural_57.pdf (дата звернення: 26.06.2025).

13. Пупань Л. І. Лазерні технології у машинобудуванні : навч. посібник для студентів спеціальності «Прикладна механіка» денної, заочної та дистанційної форм навчання / Л. І. Пупань. – Харків: НТУ «ХПІ», 2020. –109с. URL: https://web.kpi.kharkov.ua/cutting/wp-content/uploads/sites/143/2024/02/12_Pupan_Navch_posibnik_Lazerni-tehnologiyi-u-mashinobuduvanni.pdf (дата звернення: 26.06.2025).

14. Дискретні покриття на різальному інструменті / В.С. Антонюк, О.Б. Сорока, Б.А. Ляшенко, А.В. Рутковський // Проблемы прочности. — 2007. — № 1. — С. 138-143. URL: <https://nasplib.isoftware.kiev.ua/server/api/core/bitstreams/1e5765dc-ef91-4a82-8abf-6d90c03275d8/content> (дата звернення: 26.06.2025).

15. Функціональні матеріали і покриття : навчальний посібник / [М. О. Азарєнков, В. М. Береснев, С. В. Литовченко та ін.]. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2013. – 208 с. URL: <https://old.karazin.ua/images/redactor/news/2013-06-21/beresnev.pdf> (дата звернення: 26.06.2025).

14 ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ

- 1 Модульне середовище для навчання. URL : <https://msn.khmnu.edu.ua/>;
URL : <https://msn.khmnu.edu.ua/course/view.php?id=9003>
- 2 Електронна бібліотека університету.
URL: http://lib.khmnu.edu.ua/asp/php_f/p1age_lib.php
- 3 Репозитарій ХНУ. URL : <https://library.khmnu.edu.ua/#>.