

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Декан факультету ІТА
 Олег ПОЛІЩУК
 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 ЄКТС, 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 Володимир Гончар канд.техн.наук, доц. Володимир ГОНЧАР
 Підпис автора
Павло Каплун док.техн.наук, проф. Павло КАПЛУН
 Підпис автора

Схвалена на засіданні кафедри трибології, автомобілів та матеріалознавства

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

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 Олег ПОЛІЩУК
 Підпис

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 |

3. ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Робоча програма навчальної дисципліни «Високоенергетичні зміцнювальні технології» 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 фахової підготовки здобувачів і спрямована на формування знань і навичок у прогресивних зміцнювальних технологіях і застосування їх 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 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 виробів (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 проекти в сфері матеріалознавства, а також дотичні до неї міждисциплінарні проекти (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);

– **програмні 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. Отримання майбутніми інженерами-матеріалознавцями знань з підвищення надійності, довговічності, міцності та зносостійкості деталей та вузлів машин і устаткування. Навчити здобувачів здійснювати планування та підготовку експерименту, підготувати здобувачів до провадження дослідницької діяльності в галузі інженерії і виробництва.

Предмет дисципліни. Сучасні технології зміцнення поверхні; фізико-механічні властивості і їх оптимізація за експлуатаційними параметрами, конструктивні особливості обладнання..

Завдання дисципліни. Надати здобувачам знання наукових основ і практичних навичок нанесення та дослідження властивостей зміцнених поверхневих покриттів висококонцентрованими джерелами енергії.

Результати навчання. Здобувач, який успішно завершив вивчення дисципліни, повинен: аналізувати умови експлуатації деталей машин, інструментів і оснащення; застосовувати оптимальні методи зміцнення поверхні; вибирати типи і властивості покриттів, що забезпечують підвищення зносостійкості і довговічності конструктивних елементів з урахуванням реальних умов їх експлуатації; вибирати технологічні режими зміцнення поверхні для забезпечення високої економічності і максимальної довговічності конструктивних елементів; аналізувати використання ресурсів та розробляти рекомендації для покращення їх використання у технологічному процесі; знати існуючі методи зміцнення поверхні конструктивних елементів, переваги високоенергетичних методів зміцнення поверхні, класифікацію покриттів, вплив покриттів на експлуатаційні характеристики деталей машин і оснащення, існуючі технології і обладнання для нанесення покриттів, їх переваги, недоліки, застосування; вплив покриттів на характеристики міцності конструктивних елементів при різних видах навантажень, методи підвищення зносостійкості і довговічності деталей машин та інструментів.

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. Зміст і задача дисципліни. Наукові основи, класифікація і фізико-механічні характеристики і способи нанесення покриттів. | 2 | | 10 | 2 | | 20 |
| Тема 2. Дифузійні покриття. Азотування традиційними методами та в тліючому розряді. Переваги і недоліки азотування, фізико-механічні характеристики і фазовий склад поверхневих шарів. Управління властивостями поверхневих шарів. Напружено-деформований стан в елементах конструкцій с покриттями при дії зовнішніх навантажень. Вплив залишкових напружень на НДС. Устаткування та обладнання для іонного нанесення дифузійних покриттів. Конструкція, принципи дії, переваги, недоліки. | 4 | 12 | 40 | 3 | 4 | 50 |
| Тема 3. Технології і обладнання для нанесення покриттів методом ФРП (PVD) та променевим методом. Іонна імплантація. Технології і обладнання для нанесення покриттів методом ХОП (CVD) їх переваги та недоліки. | 4 | | 20 | | | 20 |
| Тема 4. Лазерне зміцнення поверхні. Технології і обладнання. Застосування лазерних покриттів | 2 | | 10 | | | 20 |
| Тема 5. Комбіновані покриття. Особливості технології нанесення. Електроіскрове легування, переваги, недоліки обладнання. Дискретні покриття, їх застосування | 2 | 10 | 20 | 3 | 4 | 30 |
| Тема 6. Методи оцінки тертя та зношування в машинах. Історія розвитку науки про тертя. Структурно-енергетична теорія про тертя та зношування Фактори, що впливають на зношування, види руйнування поверхні. Рекомендації з підвищення зносостійкості. Види руйнування при зношуванні. Явище пристосування при терті. Фактори, що впливають на процес зношування. | 2 | 12 | 30 | 2 | | 22 |
| Разом за семестр: | 16 | 34 | 130 | 10 | 8 | 162 |

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 | Вступ. Зміст і задача дисципліни. Наукові основи впливу покриттів на міцність поверхні. Класифікація покриттів. Техніко-економічне обґрунтування. Застосування покриттів Літ.: [2, 4-12, 5] | 2 |
| 2 | Методи нанесення покриттів. Фізико-механічні характеристики покриттів. Комбіновані покриття. Дискретні покриття. Електроіскрове легування. Особливості нанесення, переваги, застосування. Літ.: [2 43-45, 4 40-45 67-74, 14 138-143, 15 53-70] | 2 |
| 3 | Дифузійні покриття. Їх переваги і недоліки. Азотування. Переваги і недоліки. Кінетика утворення і фазовий склад покриттів. Обладнання і технологія одержання покриттів. Тліючий розряд, його характеристики. Іонне азотування в тліючому розряді. Фізика і параметри процесу. Літ.: [2 56-63, 3 29-32, 10 8-15, 6] | 2 |
| 4 | Кінетика процесу іонного азотування. Технологічні параметри і фазовий склад азотованих шарів. Оптимізація властивостей азотованих шарів по експлуатаційних характеристиках. Устаткування та обладнання для іонного нанесення покриттів. Конструкції, переваги, недоліки обладнання Літ.: [2 56-60 85-88, 11 48-54] | 2 |
| 5 | Напружено-деформований стан в елементах конструкцій з покриттями при дії зовнішніх навантажень. Залишкові напруження після іонного азотування та їх вплив на НДС і експлуатаційні властивості. Літ.: [12 57-61] | 2 |
| 6 | Газотермічні плазмові покриття покриття Технології і обладнання для нанесення газотермічних покриттів. Переваги, недоліки, застосування. Особливості покриттів і обладнання. Застосування. Переваги, недоліки. Літ.: [3 13-23 69-108] | 2 |
| 7 | Лазерне зміцнення поверхні. Технології і обладнання. Переваги, недоліки і застосування. Лазерне легування. Переваги, недоліки, застосування. Літ.: [4 54-67, 13 62-67] | 2 |
| 8 | Види руйнування при зношуванні. Методи оцінки тертя та зношування. Статистика виходу з ладу машин. Структурно-енергетична теорія тертя та зношування. Фактори, що впливають на процес зношування. Рекомендації з підвищення зносостійкості деталей машин. Літ.: [2 13-33, 7, 15 182-203] | 2 |
| Разом за семестр: | | 16 |

Перелік оглядових лекцій для студентів заочної форми здобуття освіти

| Номер лекції | Перелік тем лекцій, їх анотації | Кількість годин |
|--------------|--|-----------------|
| | <i>Перший семестр</i> | |
| 1 | Вступ. Зміст і задача дисципліни. Наукові основи впливу покриттів на міцність поверхні. Класифікація покриттів. Техніко-економічне обґрунтування. Застосування покриттів Літ.: [2, 4-12] | 2 |
| 2 | Дифузійні покриття. Їх переваги і недоліки. Азотування. Переваги і недоліки. Кінетика утворення і фазовий склад покриттів. Обладнання і технологія одержання покриттів. Літ.: [2 56-63] | 2 |
| 3 | Тліючий розряд, його характеристики. Іонне азотування в тліючому розряді. Фізика і параметри процесу. Переваги і недоліки. Літ.: [3 29-32, 10 8-15] | 2 |
| 4 | Напружено-деформований стан в елементах конструкцій з покриттями при дії зовнішніх навантажень. Залишкові напруження після іонного азотування та їх вплив на НДС і експлуатаційні властивості. Літ.: [12 57-61] | 2 |
| 5 | Комбіновані покриття. Особливості нанесення, переваги. Електроіскрове легування. особливості технології, переваги, недоліки, застосування. Літ.: [14 138-143, 15 53-70] | 2 |
| | Разом за 1-й семестр: | 10 |

5.2 Зміст лабораторних занять

Перелік лабораторних занять для здобувачів денної форм навчання

| № з/п | Тема лабораторного заняття | Кількість годин |
|-------|--|-----------------|
| 1 | Технологія і устаткування іонного азотування в тліючому розряді Установка для іонного азотування УАТР-1, технічний паспорт обладнання, зошит з лабораторних робіт, порядок підготовки та технологія проведення азотування. [1, 4-7][2 85-88] | 8 |
| 2 | Технологічні параметри іонного азотування та їх вибір Установка для іонного азотування, технічний паспорт обладнання, зошит з лабораторних робіт, робочі гази, прилади вимірювання тиску та температури в вакуумній камері [1 8-16][11 48-54] | 8 |
| 3 | Технологія і устаткування нанесення комбінованих покриттів Прилад для електроіскрового легування, установка для іонного азотування, технічні паспорти обладнання, матеріали для нанесення покриття, зразки, зошит з лабораторних робіт. [1 17-22] [15 53-70] | 8 |
| 4 | Дослідження зносостійкості азотованих зразків Установка для випробувань зносостійкості пар тертя при терті кочення та ковзання, зразки, індикатор часового типу з приспособою, зошит з лабораторних робіт [1 23-26] [2 13-33, 15 182-203] | 10 |
| | Разом | 34 |

Перелік лабораторних робіт для студентів заочної форми здобуття освіти

| № з/п | Тема лабораторного заняття | Кількість годин |
|-------|---|-----------------|
| 1 | Технологія і устаткування іонного азотування в тліючому розряді Установка для іонного азотування УАТР-1, технічний паспорт обладнання, зошит з лабораторних робіт, порядок підготовки та технологія проведення азотування. [1] | 2 |
| 2 | Технологічні параметри іонного азотування та їх вибір Установка для іонного азотування, технічний паспорт обладнання, зошит з лабораторних робіт, робочі гази, прилади вимірювання тиску та температури в вакуумній камері [1] | 3 |
| 3 | Технологія і устаткування нанесення комбінованих покриттів Прилад для електроіскрового легування, установка для іонного азотування, технічні паспорти обладнання, матеріали для нанесення покриття, зразки, зошит з лабораторних робіт. [1] | 3 |
| | Разом | 8 |

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 | К-ть годин |
|-------------|--|------------|
| 1 | Опрацювання лекційного матеріалу. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу: Класифікація і методи нанесення | 10 |
| 2 | Опрацювання лекційного матеріалу. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу: Іонне азотування в тліючому розряді. | 10 |
| 3 | Опрацювання лекційного матеріалу. Самостійне опрацювання Обладнання для іонного азотування. Виконання та підготовка до захисту лабораторної роботи №1. | 10 |
| 4 | Опрацювання лекційного матеріалу. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу: Технологічні фактори управління фізико-механічними властивостями. | 10 |
| 5 | Опрацювання лекційного матеріалу. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу: Вплив покриттів на напружено-деформований стан при навантаженні. | 10 |
| 6 | Опрацювання лекційного матеріалу Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу лекційного Вплив технологічних параметрів процесу обробки на покриття матеріалу. Виконання та підготовка до захисту лабораторної роботи №2. | 10 |
| 7 | Опрацювання лекційного матеріалу. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу: Напруження в матеріалах. | 10 |
| 8 | Опрацювання лекційного матеріалу. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу: Обладнання і технології для осадження покриттів в вакуумі. | 10 |

| | | |
|----|--|-----|
| 9 | Опрацювання лекційного матеріалу. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу: Установки електроіскрового легування. Виконання та підготовка до захисту лабораторної роботи №3. | 10 |
| 10 | Опрацювання лекційного матеріалу. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу: плазмове напилення | 10 |
| 11 | Опрацювання лекційного матеріалу. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу: Дугова металізація | 10 |
| 12 | Опрацювання лекційного матеріалу. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу: Застосування газотермічних покриттів | 10 |
| 13 | Опрацювання лекційного матеріалу. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу: Імпульсні лазери і їх особливості. | 10 |
| 14 | Опрацювання лекційного матеріалу. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу: Види руйнування при зношуванні. Явище пристосування при терті. Виконання та підготовка до захисту лабораторної роботи №4. | 10 |
| 15 | Опрацювання лекційного матеріалу. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу: Фактори, що впливають на процес зношування | 10 |
| 16 | Опрацювання лекційного матеріалу. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу: Методи випробувань на зношування. | 10 |
| 17 | Заліковий тиждень | |
| | Разом: | 160 |

Види руйнування при зношуванні. Явище пристосування при терті.
Фактори, що впливають на процес зношування .

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 ґрунтується на використанні традиційних та сучасних методів. Зокрема, лекції проводяться в основному словесними методами, а практичні заняття проводяться з використанням інформаційних технологій і мають за мету – набуття студентами практичних навичок в роботі з верстатами, технологічним обладнанням, користування спеціальними вимірювальними та конструкторськими інструментами, пристроями тощо.

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

7. МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

Поточний контроль здійснюється під час лекційних та практичних занять, а також у дні проведення контрольних заходів, встановлених робочою програмою і графіком освітнього процесу. При цьому використовуються такі методи поточного контролю:

- тестовий контроль теоретичного матеріалу з теми;
- оцінювання результатів практичних завдань.

При виведенні підсумкової семестрової оцінки враховуються результати як поточного контролю, так і підсумкового контролю, який проводиться з усього матеріалу дисципліни за білетами, попередньо розробленими і затвердженими на засіданні кафедри. Здобувач вищої освіти, який набрав з будь-якого виду навчальної роботи, суму балів нижчу за 60 відсотків від максимального балу, 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 балу) 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 загалом визначається системою вимог до здобувача вищої освіти, що передбачені чинними положеннями Університету про організацію і навчально-методичне забезпечення освітнього процесу. Зокрема, проходження інструктажу з техніки безпеки; відвідування занять з дисципліни є обов'язковим. За об'єктивних причин (підтверджених документально) теоретичне навчання за погодженням із лектором може відбуватись в он-лайн режимі. Успішне опанування дисципліни і формування фахових компетентностей і програмних результатів навчання передбачає необхідність підготовки до практичного заняття (вивчення теоретичного матеріалу з теми роботи, попередню підготовку протоколу роботи, підготовку до усного опитування для допуску до заняття (наведені у Методичних рекомендаціях до лабораторних занять), активно працювати на занятті, якісно підготувати звіт (протокол роботи відповідно до теми), захистити результати виконаної роботи, брати участь у дискусіях щодо прийнятих конструктивних рішень при виконанні здобувачами практичних робіт тощо.

Здобувачі вищої освіти зобов'язані дотримуватися термінів виконання усіх видів робіт у встановлені терміни, передбачені робочою програмою навчальної дисципліни. Термін захисту аудиторної роботи вважається своєчасним, якщо студент захистив її на наступному після виконання роботи занятті. Пропущене аудиторне заняття студент зобов'язаний відпрацювати в лабораторіях кафедри у встановлений викладачем термін, але не пізніше, ніж за два тижні до кінця теоретичних занять у семестрі. Засвоєння студентом теоретичного матеріалу з дисципліни оцінюється за результатами тестування.

Здобувач вищої освіти, виконуючи самостійну або індивідуальну роботу з дисципліни, має дотримуватися політики доброчесності (заборонені списування, плагіат (в т.ч. із використанням мобільних девайсів)). У разі виявлення плагіату в будь-яких видах навчальної роботи здобувач вищої освіти отримує незадовільну оцінку і має повторно виконати завдання з відповідної теми (виду роботи), що передбачені робочою програмою. Будь-які форми порушення академічної доброчесності не допускаються.

У межах вивчення навчальної дисципліни здобувачам вищої освіти передбачено визнання і зарахування результатів навчання, набутих шляхом неформальної освіти, що розміщені на доступних платформах, які сприяють формування компетентностей і поглибленню результатів навчання, визначених робочою програмою дисципліни, або забезпечують вивчення відповідної теми та/або виду робіт з програми навчальної дисципліни

(детальніше 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». Залежно від важливості окремих видів навчальної роботи, і їх ролі у формуванні компетентностей і результатів навчання, визначених освітньою програмою, кожному виду навчальної роботи (структурній одиниці) з дисципліни присвоюється певна кількість балів (таблиці нижче). При поточному оцінюванні виконаної здобувачем аудиторної роботи в аудиторії враховується якість оформлення робочого зошита та виконання певної графічної роботи; оцінювання самостійної роботи – це оцінка виконання робіт за індивідуальними варіантами, які виконуються протягом семестру. При цьому кожна структурна одиниця навчальної роботи 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.

При оцінюванні результатів навчання здобувачів вищої освіти з будь-якого виду навчальної роботи (структурної одиниці) рекомендується використовувати наведені нижче узагальнені критерії:

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>помилки</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 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 №: | | | | | | Іспит | Разом балів |
| 1 | 2 | 3 | 4 | ПТК | ПТК | | |
| Кількість балів за вид навчальної роботи (мінімум-максимум) | | | | | | | |
| 5-10 | 5-10 | 5-10 | 5-10 | 5-10 | 5-10 | 30-40 | За рейтингом |
| 20-40 | | | | 10-20 | | 30-40 | 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 | Іспит | Разом балів |
| 1 | 2 | 3 | Якість виконання і захист роботи | | |
| Кількість балів за кожний вид навчальної роботи (мінімум-максимум) | | | | | |
| 7-10 | 7-10 | 7-10 | 19-30 | 20-40 | За рейтингом |
| 21-30 | | | 19-30 | 20-40 | 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 | <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 запланованих результатів навчання з навчальної дисципліни та готовності до подальшого навчання та/або професійної діяльності за фахом |
| C | 73-82 | | <i>Задовільно/Satisfactory</i> – 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 | <i>Незадовільно/Fail</i> – 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 | | <i>Незадовільно/Fail</i> – Результати навчання відсутні |

Оцінювання результатів захисту лабораторної роботи.

Виконана й оформлена відповідно до встановлених Методичними рекомендаціями вимог практична робота комплексно оцінюється викладачем при її захисті з урахуванням таких критеріїв: самостійність та правильність виконання; повнота відповіді та знання методики виконання завдання; дотримання стандартів при оформленні креслень тощо.

Результат виконання та захисту здобувачем вищої освіти кожної лабораторної роботи оцінюється відповідно до таблиці Критеріїв оцінювання навчальних досягнень здобувача вищої освіти та рівня досягнення здобувачем запланованих ПРН та сформованих компетентностей з присвоєнням йому відповідної суми балів.

Кожна з робіт оцінюється однаковою кількістю балів від 5 до 10 балів. При цьому отримання 5 балів – свідчить про достатній рівень досягнення результатів, 7 бали – середній рівень і 10 балів – високий. В семестрі оцінюються 4 роботи. Відповідно, оцінювання результатів виконання вказаних робіт - від 20 до 40 балів для робіт в аудиторії

У випадку виявлення здобувачем рівня знань, нижчого ніж 60 відсотків від максимального балу, встановленого Робочою програмою для кожної структурної одиниці, практична робота йому не зараховується і для її захисту він має детальніше опрацювати матеріал з теми роботи, методику її виконання, виправити грубі помилки та повторно вийти на її захист у призначений для цього викладачем час.

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).

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.

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 відрізнятися.

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

| | | | | | | |
|---------------------------------|------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Кількість правильних відповідей | 0-11 | 12- | 13-14 | 15-16 | 17-18 | 19-20 |
| Відсоток правильних відповідей | 0-55 | 60-65 | 66-72 | 73-82 | 83-89 | 90-100 |
| Кількість балів | - | 5 | 7 | 8 | 9 | 10 |

На виконання тестового завдання відводиться 20 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 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) |
| Теоретичне питання № 1 | 9 | 10 | 12 |
| Теоретичне питання № 2 | 9 | 10 | 12 |
| Практичне завдання | 12 | 14 | 16 |
| Разом: | 30 | | 40 |

Примітка. *Позитивний бал за іспит, відмінний від мінімального (30) та максимального (40 балів), знаходиться в межах 30-39 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) |
| Теоретичне питання № 1 | 6 | 7 | 10 |
| Теоретичне питання № 2 | 6 | 7 | 10 |
| Практичне завдання | 8 | 12 | 20 |
| Разом: | 20 | | 40 |

***Примітка.** *Позитивний бал за іспит, відмінний від мінімального (20 балів) та максимального (40 балів), знаходиться в межах 21-39 балів та розраховується як сума балів за усі структурні елементи (завдання) іспиту.*

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).

10 ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

1. Класифікація покриттів.
2. Дифузійні покриття і їх основні відмінності та переваги над іншими.
3. Фізична суть процесу нанесення на поверхню покриттів (ефект Роски).
4. Напружений стан деталей з покриттями і їх вплив на загальний напружений стан та міцність.
5. Залишкові напруження в деталях з покриттями і їх вплив на загальний напружений стан та міцність.
6. Управління напруженнями в покритті.
7. Види концентрованих джерел енергії, що застосовуються при нанесенні покриттів.
8. Дифузійні покриття із застосуванням концентрованих джерел енергії, зокрема тліючого розряду.
9. Азотування, його суть, переваги, недоліки традиційних методів.
10. Азотування в тліючому розряді та його переваги.
11. Особливості та переваги іонно-плазмового азотування в без водневому 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 параметри.
15. Дискретні покриття, їх конструкція, сфера примінення, переваги, недоліки.
16. Суть технології комбінованих покриттів з нанесенням тугоплавких металів та іонно-плазмового азотування.
17. Переваги комбінованих покриттів над іншими.
18. Обладнання для нанесення комбінованих покриттів з застосуванням ЕІЛ 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 ФОП, її особливості, переваги, недоліки.
26. Технологія нанесення покриттів методом ХОП і її особливості.

27. Лазерне зміцнення поверхонь металів, його особливості, переваги, недоліки.
28. Лазерне легування поверхні металів (переваги, особливості).

11 НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Навчальний процес з дисципліни Високоенергетичні зміцнювальні технології забезпечений необхідною навчально-методичною літературою.

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. <https://lnk.ua/51FNmJKyJ>

2 Матеріали для вивчення освітнього компонента розміщені в модульному середовищі <https://msn.khmnu.edu.ua/course/view.php?id=9003>

12 МАТЕРІАЛЬНО-ТЕХНІЧНЕ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Лекційна аудиторія, корпус 4, ауд. 222 (54 кв.м).

Обладнання: -мультимедійний проектор Epson / BenQ.

Лабораторна 1-2, НВК2, приміщення Подільського наукового фізико-технологічного центру. Обладнання: двохкамерна установка ІПА-288; установка для азотування в тліючому розряді УАТР-3, У-1.

Лабораторна 3, НВК2, Б-107. Обладнання: електродно-іскрова установка Елфа-541; установка Квант18М

Лабораторна 3-4, база, лабораторія трибологічних досліджень. Обладнання: прилад електроіскрового легування, установка торцевого тертя, прилад вимірювання лінійного зносу.

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. <https://lnk.ua/IvDeVEgIM>
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. http://repository.dnu.dp.ua:1100/upload/a96c0b4097bdde8f1a71abeca0cae5deMetodi-poverxneвого-zmicnennya-u-procesi-vigotovlennya-detalej-mashin_Bechke.pdf
3. Білик І.І., Руденький С.О. Технологія нанесення покриттів та їх властивості. — Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/cd9bb47c-d679-4186-90b0-dd25fe1b6a37/content>
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 <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>
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. <https://lnk.ua/ILSaG7oEf>

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. http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=S&I21DBN=EC&P21DBN=EC&S21FMT=JwU_B&S21AL L=%28%3C.%3EU%3D%D0%9A651.61%3C.%3E%29&Z21ID=&S21SRW=dz&S21SRD=&S21ST N=1&S21REF=10&S21CNR=20
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. <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/505e3ef7-8522-41da-9d95-b2d57e1e021e/content>
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. <https://elar.khmnmu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/4ee25025-7da9-4b8d-a9e2-886ea6badff7/content>
12. **Стухляк П.Д., Букетов А.В., Бадищук В. Розрахунок міцності конструкційних елементів з покриттями // Вісник ТДТУ. — 2010. — Т.15, №2. — С. 57–61.** 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
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 «ХП», 2020. –109с. https://web.kpi.kharkov.ua/cutting/wp-content/uploads/sites/143/2024/02/12_Pupan_Navch_posibnik_Lazerni-tehnologiyi-u-mashinobuduvanni.pdf
14. Дискретні покриття на різальному інструменті / В.С. Антонюк, О.Б. Сорока, Б.А. Ляшенко, А.В. Рутковський // *Проблеми прочності*. — 2007. — № 1. — С. 138-143. <https://nasplib.isofts.kiev.ua/server/api/core/bitstreams/1e5765dc-ef91-4a82-8abf-6d90c03275d8/content>
15. Функціональні матеріали і покриття : навчальний посібник / [М. О. Азаренков, В. М. Береснев, С. В. Литовченко та ін.]. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2013. – 208 с. <https://old.karazin.ua/images/redactor/news/2013-06-21/beresnev.pdf>

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