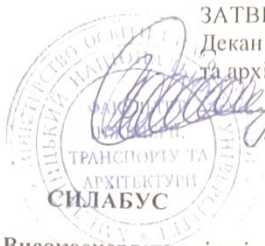


ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет інженерії, транспорту та архітектури  
Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства



ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан факультету інженерії, транспорту та архітектури

Віктор ОЛЕКСАНДРЕНКО

05 2024 р.

Навчальна дисципліна Високоенергетичні зміцнюючі технології

Освітньо-наукова програма Відновлення та технічний сервіс автомобілів

Рівень вищої освіти другий (магістр)

Загальна інформація

Позиція	Зміст інформації
Викладач(і)	Володимир ГОНЧАР, Павло КАПЛУН
Профайл викладача	<a href="http://znm.khnu.edu.ua/vykladatsky-sklad/">http://znm.khnu.edu.ua/vykladatsky-sklad/</a>
E-mail викладача(ів)	honcharv@khmnu.edu.ua
Контактний телефон	заповнюється за домовленістю
Сторінка дисципліни в ІСУ	<a href="https://msn.khmnu.edu.ua/course/view.php?id=9003">https://msn.khmnu.edu.ua/course/view.php?id=9003</a>
Консультації	Очні: четвер, 3-я пара, 4-219; он-лайн: за необхідністю та попередньою домовленістю

Характеристика дисципліни

Форма навчання	Курс	Семестр	Загальне навантаження		Кількість годин						Форма семестрового контролю			
			Кредити ЕКТС	Години	Аудиторні заняття						Курсовий проект	Курсова робота	Залік	Іспит
					Разом	Лекції	Лабораторні роботи	Практичні заняття	Індивідуальна робота студента	Самостійна робота, в т.ч. ІРС				
Д	1	1	6	180	68	34	34			112				+
Разом			6	180	68	34	34			112				1
З	1	1	6	180	12	6	6			168				+
Разом			6	180	12	6	6			168				1

Анотація навчальної дисципліни

Дисципліна «Високоенергетичні зміцнюючі технології» є однією з обов'язкових дисциплін у підготовці магістрів за спеціальністю 132 Матеріалознавство. Статистикою встановлено, що 70% всіх деталей машин та інструменту виходить з ладу завдяки руйнуванню поверхні внаслідок тертя та дії змінних зовнішніх сил. В зв'язку з цим питання зміцнення робочих поверхонь є надзвичайно актуальним. Створення на поверхні деталей зміцнюючі захисних покриттів є пріоритетним напрямком в машинобудуванні з економічної точки зору. Деталі сучасних машин працюють часто в різноманітних умовах (при великих контактних навантаженнях, високих температурах, агресивних середовищах). Їх довговічність в значній мірі залежить від вірного вибору інженером-конструктором і інженером-технологом виду покриття та його фізико-механічних властивостей. Максимальний ефект в питанні підвищення надійності і довговічності деталей машин досягається при оптимальних властивостях покриттів для даних конкретних умов експлуатації. Невірний вибір типу покриття, його фізико-механічних характеристик та технології одержання не тільки зменшує його ефективність, але може призвести до негативного результату, тобто до зниження міцності та довговічності деталей машин. Тому необхідно добре знати властивості покриттів, їх переваги, застосування та технологію нанесення з метою вірного застосування.

Дисципліна викладається для здобувачів спеціальності матеріалознавство. При викладанні дисципліни використовуються активні і творчі форми проведення занять, зокрема, методи проблемного навчання.

**Пререквізити** - матеріалознавство, тертя, змащення та знос матеріалів, вузли тертя машин, експлуатаційні матеріали.

**Кореквізити** - інженерія поверхні, вибір матеріалів деталей технологічних і транспортних машин, виконання кваліфікаційної роботи.

### **Мета і завдання дисципліни**

**Мета викладання дисципліни** – Отримання майбутніми інженерами 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 та/або інноваційної діяльності в галузі механічної інженерії.

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

### **Очікувані результати навчання**

Здатність виявляти та ставити проблеми в сфері матеріалознавства, приймати ефективні рішення для їх вирішення. Здатність планувати та проводити дослідження в сфері матеріалознавства у лабораторних та виробничих умовах на відповідному рівні з використанням сучасних методів і методик зміцнення деталей машин. Здатність розуміти та використовувати математичні та числові методи моделювання процесів зміцнення та обробки. Формулювати та розв'язувати науково-технічні задачі для розробки, виготовлення, випробування, сертифікації, утилізації матеріалів, створення та застосування ефективних технологій обробки виробів.

Розуміти та застосовувати принципи системного аналізу, причинно-наслідкових зв'язків між значущими факторами та науковими і технічними рішеннями в контексті існуючих теорій ПРН 1. Виявляти, формулювати і вирішувати матеріалознавчі проблеми і задачі ПРН 2. Наукові навички у галузі інженерії для того, щоб успішно проводити наукові дослідження як під керівництвом так і самостійно ПРН 6. 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. Обґрунтовано призначати та контролювати показники якості матеріалів та виробів ПРН 14. Проектувати нові матеріали, розробляти, досліджувати та використовувати фізичні та математичні моделі матеріалів та процесів ПРН 15. Здатність ефективно використовувати на практиці теоретичні концепції менеджменту та ділового адміністрування ПРН 16. Розв'язувати прикладні задачі виготовлення, обробки, експлуатації та утилізації матеріалів і виробів ПРН 17. Розробляти комплексний дизайн нових матеріалів і виробів на їх основі з урахуванням експлуатаційних властивостей та умов використання ПРН 19. Аналізувати основні види відмов деталей автомобілів, ідентифікувати їх причини ПРН 20.

### **Тематичний план дисципліни і календар його виконання.**

#### **Тематичний план дисципліни**

№ тижня	Тема лекції*	Тема лабораторного заняття	Самостійна робота студентів		
			Зміст	Год. Д.ф./З. ф.	Література
1	2	3	4	5	6
1-2	Вступ. Зміст і задача дисципліни. Наукові основи, класифікація і фізико-механічні характеристики і способи нанесення покриттів.	Лабораторна робота №1 Технологія і устаткування іонного азотування в тліючому розряді	Опрацювання лекційного матеріалу. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу. Виконання та підготовка до захисту лабораторної роботи №1.	10/20	[1-3]

3-4	Тема 2. Дифузійні покриття. Азотування традиційними методами та в тліючому розряді. Переваги і недоліки азотування. Вплив водню на метал. Технологія іонного азотування, фізико-механічні характеристики і фазовий склад поверхневих			40/62	[1-3]
5	Тема 3. Технології і обладнання для нанесення покриттів методом ФПП (PVD) та променевим методом. Іонна імплантація. Технології і обладнання для нанесення покриттів методом ХОП (CVD) їх переваги та недоліки.	<i>Лабораторна робота №2</i> Технологічні параметри іонного азотування та їх вибір [21, 1].	Опрацювання лекційного матеріалу. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу. Виконання та підготовка до захисту лабораторної роботи №2.	10/20	[1-3]
6-7	Тема 4. Лазерне зміцнення поверхні. Технології і обладнання. Застосування лазерних покриттів	<i>Лабораторна робота №3</i>	Опрацювання лекційного матеріалу. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу. Виконання та підготовка до захисту лабораторної роботи №3	10/20	[1-3]
8	Тема 5. Комбіновані покриття. Особливості технології нанесення. Електроіскрове легування, переваги, недоліки обладнання. Дискретні покриття, їх застосування	Технологія і устаткування нанесення комбінованих покриттів		20/30	[1-5]

9	<p>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 зношуванні. Явище пристосування при терті. Фактори, що впливають на процес зношування. підвищення зносостійкості. Види руйнування зношуванні. Явище пристосування при терті. Фактори, що впливають на процес зношування.</p>	<p><i>Лабораторна робота №4</i> Визначення параметрів, що характеризують роботу двигуна внутрішнього згорання і його теплового балансу.</p>	<p>Опрацювання лекційного матеріалу. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу. Виконання та підготовка до захисту лабораторної роботи №6</p>	22/16	[1-3]
---	--	---	---	-------	-------

Для студентів заочної форми навчання запланована лекція № 1-2 і лабораторна робота №1-2.

#### *Політика дисципліни*

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

При виконанні завдань з дисципліни студент має дотримуватися політики доброчесності.

#### *Критерії оцінювання результатів навчання*

Кожний вид роботи з дисципліни оцінюється за чотирибальною шкалою. Семестрова підсумкова оцінка визначається як середньозважена з усіх видів навчальної роботи, виконаних і зданих позитивно з урахуванням коефіцієнта вагомості. Вагові коефіцієнти змінюються залежно від структури дисципліни і важливості окремих видів її робіт.

При оцінюванні знань здобувачів використовуються різні засоби контролю, зокрема: допуск до виконання лабораторної роботи здійснюється на її початку усним опитуванням кожного здобувача; засвоєння теоретичного матеріалу тем перевіряється проміжним контролем; якість виконання, набуття теоретичних знань і практичних навичок перевіряється шляхом захисту кожної лабораторної роботи згідно з робочим планом.

Оцінка, яка виставляється за лабораторне заняття, складається з таких елементів: усне опитування здобувачів перед допуском до виконання лабораторної роботи; знання теоретичного матеріалу з теми; якість оформлення протоколу і графічної частини; вміння здобувача обґрунтувати прийняті конструктивні рішення; своєчасний захист лабораторної роботи.

Термін захисту лабораторної роботи вважається своєчасним, якщо здобувач захистив її на наступному після виконання роботи занятті.

Пропущене з поважної причини лабораторне заняття здобувач повинен відпрацювати в лабораторіях кафедри в установлений викладачем термін.

Під час робіт над індивідуальним завданням недопустимі порушення правил академічної доброчесності. У разі наявності плагіату (спроба представити до захисту лабораторну роботу іншого варіанту) здобувач отримує незадовільну оцінку і має повторно виконати лабораторну роботу згідно з його варіантом.

Кожний вид роботи оцінюється за чотирибальною шкалою. Підсумкова оцінка з дисципліни виставляється як середньоарифметична за семестр. Семестрова підсумкова оцінка визначається як середньозважена з усіх видів робіт.

**Структурування дисципліни за видами робіт і оцінювання результатів навчання здобувачів денної форм навчання у семестрі за ваговими коефіцієнтами**

Аудиторна робота				Самостійна, індивідуальна робота		Семестровий контроль, іспит	
<i>Перший семестр</i>							
Лабораторні роботи №:				Тестовий контроль:		Підсумковий контрольний захід	
1	2	3	4	Т 1		1	
ВК: 0,4				0,3		0,4	

**Структурування дисципліни за видами робіт і оцінювання результатів навчання здобувачів заочної форм навчання у семестрі за ваговими коефіцієнтами**

Аудиторна робота		Самостійна, індивідуальна робота			Семестровий контроль, іспит	
<i>Перший семестр</i>						
Лабораторні роботи №:		Контрольна робота Індивідуальне завдання			Підсумковий контрольний захід	
1		Якість виконання		Оцінка за захист		1
ВК*: 0,3		0,1		0,1		0,5

Умовні позначення: ВК – ваговий коефіцієнт

**Співвідношення вітчизняної шкали оцінювання і шкали оцінювання ЄКТС**

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

## *Контрольні питання з дисципліни*

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).

## *Рекомендована література*

### **Основна література**

1. 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.
2. Каплун В.Г. Іоне азотування в безвдневих середовищах: монографія / В.Г. Каплун. – Хмельницький: ХНУ, 2015. – 315 с.
3. Проектування устаткування для азотування і тліючому розряді: довідник / І.М. Пастух, Г.М.Соколова. – Хмельницький: вид. Ковальський В.В., 2017. – 108 с.
4. Зміцнення та реновація інженерної поверхні: [монографія] / Коржик В.Н., Лихошва В.П., Тчакенко Е.А. [Національна академія наук України, Фіз.-технол. ін-т металів сплавів, Ін-т електрозварювання ім. Е. О. Патона, Металерг. акад.]. – Київ: Наш формат, 2014. 565с.

### **додаткова**

5. Технологчне забезпечення підвищеної зносостійкості швидкорізальної сталі Р6М5 комбінованими методами поверхневого зміцнення: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.02.04 / Загребельний В.В.; Нац. авіаційний ун-т. – Київ, 2018. – 19 с.
6. Поверхневе зміцнення сплавів заліза електроіскровим легуванням цирконієм, титаном, хромом та хіміко-термічною обробкою: дис. ... канд. техн. наук: 05.16.01 / Лобачова Г.Г. Нац. техн. ун-т України «Київський політехнічний інститут». – Київ, 2012. – 200 с.

7. Підвищення фізико-механічних властивостей поверхневих шарів сталевих виробів лазерним та лазерно-мікроплазмовим легуванням: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.03.07 / Бернацький А.В. Національний техн. ун-т України «Київський політехнічний інститут». – Київ, 2014. – 20 с.

8. Іващенко С.В. Вплив комбінованої обробки електроіскрового легування з наступною лазерною обробкою на повітрі на властивості титанового сплаву VT1-0 / С.В. Іващенко, І.В. Смоліна, Ю.М. Гаврилук // Вісник КрНУ ім. М. Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2012. - №6. – С. 17-21.

9. Кіндрячук М.В. Трибологія: підручник / М.В. Кіндрічук, В.А. Лабунець, М.І. Пашечко, Є.В. Корбут. – Київ: НАУ, 2011. – 392 с.

10. Закалов О.В. Основи тертя та зношування в машинах: навчальний посібник / О.В. Закалов, І.О. Закалов. – Тернопіль: ТНПУ ім. І. Пулюя, 2011. – 322 с.

11. Марчук В.С. Захист поверхонь тертя дискретними поверхнями / В.С. Марчук, Б.А. Пяшенко, М.В. Кіндрячук, І. О. Духота // Проблеми тертя та зношування. – Київ : НАУ, 2013. – №2– С. 80-87.

13. Каплун В.Г., Машовець Н.С., Яковлев В.Г. Підвищення трибологічних властивостей титану і його сплавів низькотемпературним азотуванням в тліючому розряді / Машинозавство, Львів, 2010, –№7. – С. 29-33.

14. Пастух І.М., Лук'янюк М. В., Курская В. О. Вихідні положення визначення електричних характеристик при азотуванні в тліючому розряді з нестационарним живленням // Вісник ХНУ. – №1. – 2012. – Технічні науки. – С. 7-10.

15. Пастух І.М., Лук'янюк М. В., Курская В. О. Перехідні процеси вмикання струму в установці для азотування в тліючому розряді з нестационарним живленням // Вісник ХНУ. – №3. – 2012. – Технічні науки. – С. 11-15.

16. Пастух І.М., Лук'янюк М. В., Курская В. О. Зміна напруги при вмиканні струму в установці для азотування в тліючому розряді з нестационарним живленням // Вісник ХНУ. – №4. – 2012. – Технічні науки. – С. 7-12.

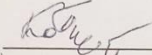
17. Пастух І.М., Лук'янюк М. В., Курская В. О. Процес розмикання струму в установці для азотування в тліючому розряді з нестационарним живленням // Вісник ХНУ. – №5. – 2012. – Технічні науки. – С. 221-225.

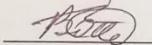
#### Інформаційні ресурси

1. Модульне середовище для навчання MOODLE. Доступ до ресурсу: <https://msn.khmnu.edu.ua/>

2. Електронна бібліотека університету. Доступ до ресурсу: <http://library.khmnu.edu.ua/>

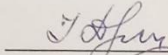
Розробники:

 д.т.н., проф. Павло КАПЛУН


 к.т.н., доц. Володимир ГОНЧАР

Погоджено:

Гарант ОПП «Відновлення та технічний сервіс автомобілів»

 д.т.н., доц. Ілона ДРАЧ

Завідувач кафедри трибології, автомобілів та матеріалознавства

 д.т.н., проф. Олександр ДИХА