

СХВАЛЕНО

засіданням кафедри машинобудування та  
технічного сервісу машин  
пр. № 1 від 23.08.2024 р.

СИЛАБУС З ДИСЦИПЛІНИ

# ОСНОВИ НАНОТЕХНОЛОГІЙ

I семестр 2024-2025 навчального року

освітній рівень другий (магістр)

галузь знань 13 – механічна інженерія

спеціальність 133 – галузеве машинобудування

освітня програма: - підйомно-транспортні, будівельні, дорожні, колійні машини та обладнання (ПТБДКМО);

час та аудиторія проведення занять: згідно розкладу - <http://rasp.kart.edu.ua/>

1. Команда викладачів:

Лектор:

Воронін Сергій Володимирович (доктор технічних наук, професор),

контакти: +38 (057) 730-10-66, e-mail: [spprm@kart.edu.ua](mailto:spprm@kart.edu.ua)

Веб сторінка курсу: <http://do.kart.edu.ua/>

Додаткові інформаційні матеріали: <http://metod.kart.edu.ua>

1. Сучасний розвиток залізниць України неможливо уявити без створення та впровадження ресурсозберігаючих нанотехнологій, які поєднують в собі досягнення різних галузей науки і техніки та дозволяють, при порівняно невеликих капіталовкладеннях, значно підвищити ефективність експлуатації рухомого складу та технологічного обладнання. Основними напрямками досліджень при розробці вказаних технологій є створення нових конструкційних матеріалів та нових видів палива, зменшення енергоємності та матеріалоємності машин; зменшення тертя та зношування в механізмах, підвищення продуктивності та надійності.

Головною відзнакою нанотехнологій є реалізація підходу «знизу – вверху», тобто розробка матеріальних об'єктів починається із створення нанооб'єктів на атомно-молекулярному рівні, в подальшому, ці об'єкти штучно або самоструктуруються, утворюючи нові речовини, матеріали та механізми із специфічними властивостями, що визначаються нанорозмірними ефектами. При розробці нанотехнологій основними задачами є встановлення і вивчення нових явищ та закономірностей, які притаманні підсистемі – нанооб'єкту або їх групам із розмірами менше 100 нм, а також, встановлення зв'язку між властивостями нанооб'єктів та створених на їх основі нових макрооб'єктів (речовин, матеріалів, деталей, вузлів і т.ін.). З точки зору експлуатації рухомого складу та технологічного обладнання залізниць найбільш перспективними є технології зменшення зносу і тертя в машинах; технології зменшення витрат енергоносіїв, технології покращення якості та збільшення строку служби мастильних матеріалів, а також створення нових конструкційних матеріалів і видів палива.

2. Курс має на меті сформувати та розвинути наступні компетентності студентів:

**1. Загальні компетентності:**

- здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

**2. Фахові компетентності:**

- критичне осмислення передових для галузевого машинобудування наукових фактів, концепцій, теорій, принципів та здатність їх застосовувати для розв'язання складних задач галузевого машинобудування і забезпечення сталого розвитку.

## Чому ви маєте обрати цей курс?

Якщо Ви бажаєте вирішувати нестандартні задачі по застосуванню нових матеріалів, покращенню властивостей існуючих матеріалів та прогнозуванню надійності машин в змінних умовах експлуатації, а також реалізовувати нанотехнології для ресурсозбереження в будівельних машинах та рухомому складі залізниць, розробляти методики прогнозування показників надійності цих машин в умовах впровадження нанотехнологій, тоді курс «Основи нанотехнологій» саме для Вас.

Команда викладачів і ваші колеги будуть готові надати будь-яку допомогу з деякими з найбільш складних аспектів курсу по електронній пошті та особисто - у робочий час.

## Огляд курсу

Цей курс, який вивчається з вересня по грудень, дає студентам знання щодо основних законів взаємодії нанооб'єктів, принципу дії та методик застосування обладнання для вивчення властивостей нанооб'єктів і наноматеріалів, технологій керування на молекулярному рівні процесами тертя та зношування, технологій енергозбереження та створення нових конструкційних і експлуатаційних матеріалів для будівельних машин і рухомого складу залізниць.

Курс складається з однієї лекції на тиждень і однієї лабораторної роботи раз у два тижні. Він супроводжується текстовим матеріалом, презентаціями та лабораторними завданнями, що проходять в галузевій науково-дослідній лабораторії «Хімотологічна». Лабораторні роботи курсу передбачають виконання різного роду вимірювань та проведення невеличких дослідів по встановленню впливу нанотехнологій на різні

процеси, що відбуваються під час експлуатації технічних систем. Виконання лабораторних робіт супроводжується зануренням у знання з суміжних дисциплін, що формує у студента інформаційну та комунікативну компетентності.

## Ресурси курсу

Інформація про курс розміщена на сайті Університету (<http://kart.edu.ua>), включаючи навчальний план, лекційні матеріали, презентації, завдання та правила оцінювання курсу)

Додатковий матеріал та посилання на електронні ресурси доступні на сайті Університету у розділі «ДИСТАНЦІЙНЕ НАВЧАННЯ».

## Теми курсу

### Модуль 1

**Змістовий модуль 1.** *Взаємодія нанооб'єктів, їх властивості і вплив на технічні системи.*

**Тема 1.** Історія розвитку нанотехнологій. Класифікація, основні поняття та визначення.

**Тема 2.** Фізичні основи взаємодії нанооб'єктів та їх систем між собою.

**Тема 3.** Будова кристалічних твердих тіл. Види зв'язку в кристалічних решітках.

**Тема 4.** Поверхня реального металу. Силове поле поверхні.

**Тема 5.** Полярні та неполярні вуглеводневі рідини. Види молекулярних зв'язків у рідинах.

**Тема 6.** Надмолекулярні структури вуглеводневих рідин для технічних систем.

**Тема 7.** Механізм взаємодії вуглеводневих рідин з поверхнею металу. Будова граничної змащувальної плівки

**Тема 8.** Вплив змащувальної плівки на тертя і зношування деталей машин.

**Змістовий модуль 2.** *Методи та засоби досліджень нанооб'єктів.*

**Тема 9.** Визначення сил молекулярного тяжіння.

**Тема 10.** Визначення товщини граничних молекулярних шарів на твердій фазі.

**Тема 11.** Електронна мікроскопія.

**Тема 12.** Скануюча зондова мікроскопія. Тунельний ефект.

**Тема 13.** Рентгенографія. Рентгено-структурний аналіз.

**Тема 14.** Визначення розмірів наночасток. Мас-спектрометрія.

### Модуль 2

**Змістовий модуль 3.** *Технології створення беззношувальних технічних систем.*

**Тема 15.** Вплив зовнішніх силових полів на товщину та несучу здатність граничної змащувальної плівки.

**Тема 16.** Вплив мікрогеометрії поверхні тертя на властивості змащувальної плівки.

**Тема 17.** Фізичні основи енергорепарації трибологічних систем.

**Тема 18.** Формування двошарового змащення поверхонь тертя машин за рахунок електростатичної обробки оливи.

**Тема 19.** Нанопокриття поверхонь деталей машин. Технології нанесення зносостійких покриттів.

**Тема 20.** Приклади реалізації технологій створення «беззношувальних» систем.

**Змістовий модуль 4.** *Технології ресурсозбереження в паливо-мастильному господарстві.*

**Тема 21.** Технології інтенсифікації процесу згоряння рідких вуглеводневих палив.

**Тема 22.** Фізичні основи видалення феромагнітних часток з оливи і палив в електромагнітному полі.

**Тема 23.** Вибіркове видалення механічних домішок з олив і палив у електростатичних фільтрах.

**Тема 24.** Приклади реалізації технологій ресурсозбереження в паливо-мастильному господарстві.

**Тема 25.** Перспективи розвитку нанотехнологій на транспорті. Техніко-економічне обґрунтування доцільності впровадження нанотехнологій.

## Лекції та лабораторні заняття

Список основних лекцій курсу наведений нижче. Пильнуйте за змінами у розкладі.

Тиж-день	Кільк. годин	Тема лекції	Кільк. годин	Тема практичних занять
1	2	Лек. №1. Історія розвитку нанотехнологій. Класифікація, основні поняття та визначення.	2	ЛР-1 Визначення впливу концентрації поверхнево-активних речовин у нафтовій оливі на механізм змочування поверхні скла.
2	2	Лек. №2. Фізичні основи взаємодії нанооб'єктів та їх систем між собою. Будова кристалічних твердих тіл. Види зв'язку в кристалічних решітках.		
3	2	Лек. №3 Поверхня реального металу. Силоне поле поверхні	2	ЛР-2 Визначення впливу концентрації поверхнево-активних речовин у нафтовій оливі на механізм змочування поверхні скла.
4	2	Лек. №4 Полярні та неполярні вуглеводневі рідини. Види молекулярних зв'язків у рідинах.		
5	2	Лек. №5. Надмолекулярні структури вуглеводневих рідин для технічних систем. Механізм взаємодії вуглеводневих рідин з поверхнею металу. Будова граничної змащувальної плівки	2	ЛР-3 Визначення товщини граничної змащувальної плівки в умовах електростатичної обробки нафтових олив.
6	2	Лек. №6. Вплив змащувальної плівки на тертя і зношування деталей машин		
7	2	Лек. №7. Методи та засоби досліджень нанооб'єктів: Визначення сил молекулярного тяжіння. Визначення товщини граничних молекулярних шарів на твердій фазі	2	ЛР-4 Визначення товщини граничної змащувальної плівки в умовах електростатичної обробки нафтових олив.
Модульний контроль №1				
8	2	Лек. №8. . Метали, що застосовуються для несучих конструкцій машин.		
9	2	Лек. №9. Методи та засоби досліджень нанооб'єктів: Електронна, скануючи мікроскопія. Рентгенографія, мас-спектрометрія.	2	ЛР-5 Дослідження впливу електростатичного поля на протизношувальні властивості олив.
10	2	Лек. №10. Вплив зовнішніх силових полів на товщину та несучу здатність граничної змащувальної плівки		
11	2	Лек. №11. Вплив мікрогеометрії поверхні тертя на властивості змащувальної плівки. Фізичні основи енергоремонтації трибологічних систем	2	ЛР-6 Дослідження впливу електростатичного поля на протизношувальні властивості олив.

12	2	Лек. №12. Формування двошарового змащення поверхонь тертя машин за рахунок електростатичної обробки олив		
13	2	Лек. №13. Приклади реалізації технологій створення «беззношувальних» систем. Технології інтенсифікації процесу згоряння рідких вуглеводневих палив	2	ЛР-6 Дослідження впливу параметрів електростатичного фільтра на клас чистоти робочої рідини.
14	2	Лек. №14. Фізичні основи видалення феромагнітних часток з олив і палив в електромагнітному полі. Вибіркове видалення механічних домішок з олив і палив у електростатичних фільтрах.		
Модульний контроль №2				
15	2	Лек. №15. Приклади реалізації технологій ресурсозбереження в паливо-мастильному господарстві. Перспективи розвитку нанотехнологій на транспорті. Техніко-економічне обґрунтування доцільності впровадження нанотехнологій	2	ЛР-8 Дослідження впливу параметрів електростатичного фільтра на клас чистоти робочої рідини.
Залік с дисципліни				

## Правила оцінювання

Принцип формування оцінки за модуль за 100-бальною шкалою показано у таблиці, де наведена максимальна кількість балів, яку може набрати студент за різними видами навчального навантаження.

Максимальна кількість балів за модуль		
Поточний контроль	Модульний контроль (тестування)	Сума балів за модуль
До 60	До 40	До 100
Поточний контроль		
Активність на заняттях (лекціях, практичних, лабораторних)		30
Виконання та захист лабораторних робіт (2 роботи в модулі.)		30
Підсумок		до 60

Підсумкова семестрова оцінка в екзаменаційній відомості та заліковій книжці (індивідуальному навчальному плані) студента, виставлена за 100-бальною шкалою, має переводитись до національної шкали («відмінно», «добре», «задовільно», «незадовільно») та шкали ECTS згідно з таблицею.

Визначення назви за державною шкалою (оцінка)	Визначення назви за шкалою ECTS	За 100 бальною шкалою	ECTS оцінка
ВІДМІННО – 5	<b>Відмінно</b> – відмінне виконання лише з незначною кількістю помилок	90-100	A
ДОБРЕ – 4	<b>Дуже добре</b> – вище середнього рівня з кількома помилками	82-89	B
	<b>Добре</b> – в загальному правильна робота з певною кількістю грубих помилок	75-81	C
ЗАДОВІЛЬНО - 3	<b>Задовільно</b> - непогано, але зі значною кількістю недоліків	69-74	D
	<b>Достатньо</b> – виконання задовольняє мінімальні критерії	60-68	E

НЕЗАДОВІЛЬНО - 2	<b>Незадовільно</b> – потрібно попрацювати перед тим як отримати залік (без повторного вивчення модуля)	35-59	FX
	<b>Незадовільно</b> - необхідна серйозна подальша робота (повторне вивчення модуля)	<35	F

### Залік:

Студент отримує залік за результатами модульного 1-го та 2-го контролю шляхом накопичення балів. Максимальна кількість балів, яку може отримати студент становить 100 (до 60 балів поточного контролю та до 40 балів тестування). Середнє арифметичне суми модульних оцінок складає заліковий бал. Якщо студент не погоджується із запропонованими балами він може підвищити їх на заліку, відповівши на питання викладача (питання до заліку знаходяться на кафедрі МТСМ в комплекті НМЗД та розміщені на сторінці курсу в MOODLE)

## **Команда викладачів:**

**Воронін Сергій Володимирович** ( <https://kart.edu.ua/staff/voronin-sv> ) – лектор з дисципліни. Отримав ступінь д.т.н. за спеціальністю 05.02.04 – тертя та зношування в машинах у Хмельницькому національному університеті у 2015 році. Напрямки наукової діяльності: нанотехнології в машинобудуванні, підвищення зносостійкості деталей машин, покращення якості паливо-мастильних матеріалів.

## **Кодекс академічної доброчесності**

Порушення Кодексу академічної доброчесності Українського державного університету залізничного транспорту є серйозним порушенням, навіть якщо воно є ненавмисним. Кодекс доступний за посиланням: <https://kart.edu.ua/unit/cz-jakosti-vo/akademichna-dobrochesnist> .

Зокрема, дотримання Кодексу академічної доброчесності УкрДУЗТ означає, що вся робота на іспитах та заліках має виконуватися індивідуально. Під час виконання самостійної роботи студенти можуть консультуватися з викладачами та з іншими студентами, але повинні самостійно розв'язувати завдання, керуючись власними знаннями, уміннями та навичками. Посилання на всі ресурси та джерела (наприклад, у звітах, самостійних роботах чи презентаціях) повинні бути чітко визначені та оформлені належним чином. У разі спільної роботи з іншими студентами над виконанням індивідуальних завдань, ви повинні зазначити ступінь їх залученості до роботи.

## **Інтеграція студентів із обмеженими можливостями**

Вища освіта є провідним чинником підвищення соціального статусу, досягнення духовної, матеріальної незалежності і соціалізації молоді з обмеженими функціональними можливостями й відображає стан розвитку демократичних процесів і гуманізації суспільства. Для інтеграції студентів із обмеженими можливостями в освітній процес Українського державного університету залізничного транспорту створена система дистанційного навчання на основі сучасних педагогічних, інформаційних, телекомунікаційних технологій.

Доступ до матеріалів дистанційного навчання з цього курсу можна знайти за посиланням: <http://do.kart.edu.ua/>.