

Міністерство освіти і науки України  
Національний аерокосмічний університет  
«Харківський авіаційний інститут»

**Кафедра Теоретичної механіки, машинознавства та роботомеханічних систем (№ 202)**

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Гарант освітньої програми



Наталя МОСКОВСЬКА

(підпис)

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

«27» 06 2025 р.

## **СИЛАБУС ОBOB'ЯЗKОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**Теоретичні основи інженерного аналізу**

назва навчальної дисципліни

**Галузь знань:** G «Інженерія, виробництво та будівництво»  
(шифр і найменування галузі знань)

**Спеціальність:** G11 «Машинобудування»  
(код і найменування спеціальності)

**Спеціалізація:** G11.03 «Технологічні машини та обладнання»  
(код і найменування спеціальності)

**Освітня програма:** «Комп'ютерний інжиніринг»  
(найменування освітньої програми)

**Рівень вищої освіти: другий (магістерський)**

**Силабус введено в дію з 01.09.2025**

**Харків – 2025 р.**

Розробник: Нарижний О.Г., доцент, канд.. техн.. наук, доцент  
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь і вчене звання)

  
(підпис)

Силабус навчальної дисципліни розглянуто на засіданні кафедри № 202  
Теоретичної механіки, машинознавства та роботомеханічних систем)  
(назва кафедри)

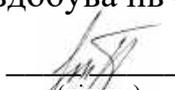
Протокол № 10 від « 26 » 06 2025 р.

Завідувач кафедри д.т.н, професор  
(науковий ступінь і вчене звання)

  
(підпис)

Олег БАРАНОВ  
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Погоджено з представником здобувачів освіти:

студент групи 267   
(підпис)

Олександр ПАПАКА  
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

## 1. Загальна інформація про викладача



ПІБ: Нарижний Олександр Георгійович

---

Посада: доцент кафедри

---

Науковий ступінь: канд. техн. наук

---

Вчене звання: доцент

---

Перелік дисциплін, які викладає:

- Теоретичні основи інженерного аналізу
  - Динамічна стійкість промислових роботів
  - Динаміка механічних систем
  - Прикладна механіка
- 

Напрями наукових досліджень:

- Чисельне комп'ютерне моделювання динаміки гетерогенних механічних систем
- 

Контактна інформація:

- o.naryzhniy@khai.edu
-

## 2. Опис навчальної дисципліни

Форма здобуття освіти	Денна
Семестр	1
Мова викладання	Українська
Тип дисципліни	Обов'язкова
Обсяг дисципліни: кредити ЄКТС/ кількість годин	6 кредитів ЄКТС / 180 годин (80 аудиторних, з яких: лекції –32, практичні –48; СРЗ–100).
Види навчальної діяльності	Лекції, практичні заняття, самостійна робота
Види контролю	Поточний контроль, модульний контроль, семестровий контроль – іспит
Пререквізити	–
Кореквізити	«Проектування сучасних машин (CAD)», «Проектування сучасних машин (CAD) (КП)»,
Постреквізити	«Комп'ютерна механіка», «Інженерний аналіз конструкцій (CAD, CAE)», «Сучасні методи моделювання проведення випробувань»

### **3. Мета та завдання навчальної дисципліни, переліки компетентностей та очікуваних результатів навчання**

**Мета** – Вивчення навчальної дисципліни полягає в формуванні системи знань, способів діяльності та творчих здібностей з основних теоретичних положень про закономірності та особливості механічного руху суцільного середовища для теоретичного аналізу механічного руху та стану інженерних систем та конструкцій.

**Завдання** – Вивчення основ тензорного аналізу, теорії деформацій, теорії напруг та основних законів механіки суцільних середовищ а також засвоєння методів та вмінь, які б дозволяли на практиці реалізувати ці знання для ефективного проектування, виготовлення та експлуатації зразків техніки та технологічного обладнання.

#### **Компетентності, які набуваються:**

##### ***Інтегральна компетентність:***

Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми машинобудування, що передбачають дослідження та/або здійснення інновацій та характеризуються невизначеністю умов та вимог.

##### ***Загальні компетентності (ЗК)***

##### ***Після закінчення цієї програми здобувач освіти буде здатен:***

ЗК1. Здатність застосовувати інформаційні та комунікаційні технології.

ЗК2. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК3. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК4. Здатність бути критичним та самокритичним.

ЗК5. Здатність до адаптації та дії в новій ситуації.

ЗК6. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

ЗК8. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

ЗК9. Здатність працювати в команді.

##### ***Спеціальні (фахові) компетентності***

СК1. Здатність створювати, удосконалювати та застосовувати кількісні математичні, наукові й технічні методи та програмні засоби, застосовувати системний підхід для розв'язання інженерних задач галузевого машинобудування, зокрема, в умовах технічної невизначеності.

СК2. Критичне осмислення передових д ля галузевого машинобудування наукових фактів, концепцій, теорій, принципів та здатність їх застосувати для розв'язання складних задач галузевого машинобудування і забезпечення сталого розвитку.

СК3. Здатність створювати нові техніку і технології в галузі механічної інженерії.

СК4. Усвідомлення перспективних завдань сучасного виробництва, спрямованих на задоволення потреб споживачів, володіння тенденціями інноваційного розвитку технологій галузі.

СК5. Здатність розробляти і реалізувати плани й проекти в сфері галузевого машинобудування та дотичних видів діяльності, здійснювати відповідну підприємницьку діяльність.

***Результати навчання:***

РН1. Знання та розуміння засад технологічних, фундаментальних та інженерних наук, що лежать основі галузевого машинобудування відповідної галузі.

РН4) Здійснювати інженерні розрахунки для вирішення складних задач і практичних проблем у галузевому машинобудуванні.

РН5) Аналізувати інженерні об'єкти, процеси та методи.

РН6) Відшуковувати потрібну наукову і технічну інформацію в доступних джерелах, зокрема, іноземною мовою, аналізувати і оцінювати її.

### **3. Зміст навчальної дисципліни**

#### **Модуль 1.**

**Змістовний модуль 1. Математичні основи. Тензори та їх властивості.**

##### **Тема 1. Вступ до дисципліни.**

Системи координат. Перетворення координат. Метричний тензор. Ортогональні координати. Ортонормовані векторні базиси. Перетворення ортонормованого базиса. Перетворення компонент довільного вектора.

##### **Тема 2. Полілінійні форми та тензори.**

Полілінійні форми та їхні властивості. Загальне визначення тензора. Алгебраїчні операції над тензорами: складання тензорів, множення тензора на число, добуток тензорів, згортка тензорів, згортка добутку тензорів. Ознака тензорності. Перестановка індексів тензора. Аналогія між тензорами та матрицями. Симетричні та кососиметричні тензори. Симетрування та альтернування тензорів.

##### **Тема 3. Властивості симетричних тензорів.**

Квадратичні форми та симетричні тензори. Геометрична інтерпретація симетричного тензора. Тензор Леві- Чивіті. Головні значення та головні напрямки симетричних тензорів другої валентності.

##### **Тема 4. Властивості тензорів другої валентності.**

Цілі ступені тензорів другої валентності. Теорема Гамільтона- Келі. Властивості власних векторів та власних значень тензора другої валентності.

##### **Тема 5. Диференціювання та інтегрування тензорів.**

Тензорне поле. Диференціювання тензорного поля за просторовими координатами. Диференціальний оператор Гамільтона «набла». Дивергенція поля. Ротор поля. Диференціювання тензорного поля за часом. Інтегрування тензорного поля. Формула Гаусса- Остроградського.

#### **Модульний контроль**

**Змістовний модуль 2. Теорія деформацій. Теорія напруг. Закони механіки суцільних середовищ.**

##### **Тема 6. Теорія деформацій.**

Вектор переміщень. Деформування в координатах Лагранжа. Відносне подовження. Тензор скінчених деформацій Гріна. Геометричні властивості тензора деформацій Гріна. Тензор малих деформацій. Градієнт швидкості переміщень. Тензор швидкостей деформацій. Тензор обертання. Головні деформації. Головні напрямки тензора деформацій. Еліпсоїд деформацій. Інваріанти тензора деформацій

##### **Тема 7. Теорія напруг.**

Поняття про механічні напруги. Напруги на похилій площинці. Рівності Коши. Індексні позначення. Нормальні та дотичні напруги. Правило знаків. Диференціальні рівняння руху та рівноваги середовища. Закон парності дотичних напруг. Симетрія тензора напруг. Головні напруги. Інваріанти напруженого стану. Головні площинки. Види напруженого стану.

Екстремальні значення дотичних напруг. Круги Мора. Шаровий тензор та девіатор напруг.

Плоский напружений стан.

### **Тема 8. Загальні закони механіки суцільних середовищ**

Рівняння суцільності. Лагранжевий та ейлеровий підходи. Матеріальна похідна. Конвективна похідна. Загальна зміна інтеграла. Швидкість в поверхневому шарі. Теорема Гаусса- Остроградського. Маса частинки. Рівняння суцільності в індексній формі. Рівняння суцільності в інваріантній формі.

Рівняння руху. Вектор кількості руху частинки. Закон зміни кількості руху. Головний вектор об'ємно- розподілених зовнішніх сил. Локальний закон руху в індексній формі. Локальний закон руху в інваріантній формі.

Закон балансу енергії деформівного тіла. Перший закон термодинаміки. Природний термодинамічний стан. Закон збереження механічної енергії. Адіабатичний процес. Потужність об'ємних та поверхневих сил. Похідна за часом от кінетичної енергії. Швидкість зміни внутрішньої енергії. Закон зміни механічної енергії деформівного тіла. Закон зміни енергії для довільного термодинамічного процесу. Потік тепла.

Огляд курсу

### **Модульний контроль**

#### **5. Індивідуальні завдання**

Виконання домашнього завдання «Тензорні розрахунки».

#### **6. Методи навчання**

Проведення аудиторних лекцій, практичних занять, індивідуальні консультації (при необхідності), самостійна робота студентів за матеріалами, конспектування, виконання та захист індивідуального завдання..

#### **7. Методи контролю**

Проведення **поточного контролю** (вибіркове опитування на заняттях, тестовий контроль, розв'язання аналітичних задач й ситуацій), **письмового модульного контролю**, підсумкового контролю у вигляді іспиту (комплексне завдання).

#### **8. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі освіти**

Таблиця 8.1 – Розподіл балів, які отримують здобувачі освіти

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
<b>Змістовний модуль 1</b>			
Робота на лекціях	0...1	7	0...7
Робота на практичних заняттях та захист практичних робіт	0...1	14	0...14
Модульний контроль			0...22

<b>Змістовний модуль 2</b>			
Робота на лекціях	0...1	9	0...9
Робота на практичних заняттях та захист практичних робіт	0...1	8	0...8
Модульний контроль			0...20
<b>Змістовний модуль 3</b>			
Виконання та захист індивідуального завдання			0...20
<b>Всього за семестр</b>			<b>0...100</b>

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування та за наявності допуску до іспиту. При складанні семестрового іспиту/заліку студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту складається з двох теоретичних питань (максимальна кількість балів 30 за кожне питання) та практичного рішення задачі (максимальна кількість балів 40).

#### **Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру**

**Задовільно (60-74).** Мати мінімум знань та умінь, необхідний для подальшого навчання та роботи за фахом. Справлятися з поточними завданнями та відпрацювати всі практичні роботи, володіти необхідними знаннями для усунення помилок, що виникли при їх виконанні, а також здати модульне тестування.

**Добре (75-89).** Твердо знати мінімум, виконати всі практичні завдання в обумовлений викладачем строк, здати дві модульні роботи у вигляді тестів. Показати систематичний характер знань по дисципліні.

**Відмінно (90-100).** Здати всі контрольні точки з оцінкою «відмінно», та правильно виконати всі практичні завдання. Досконально знати всі теми та уміти застосовувати їх. Мати всебічне, систематичне та глибоке знання матеріалу та вміти вільно виконувати завдання, проявляти творчі здібності в розумінні, викладанні та використанні матеріалів дисципліни.

Таблиця 8.2 – Шкали оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит, диференційований залік	Залік
90 – 100	Відмінно	Зараховано
75 – 89	Добре	
60 – 74	Задовільно	
0 – 59	Незадовільно	Не зараховано

## **9. Політика навчального курсу**

**Відвідування занять.** Регуляція пропусків. Інтерактивний характер курсу передбачає обов'язкове відвідування практичних занять. Здобувачі освіти, які за певних обставин не можуть відвідувати практичні заняття регулярно,

повинні протягом тижня узгодити із викладачем графік індивідуального відпрацювання пропущених занять. Окремі пропущені заняття мають бути відпрацьовані на найближчій консультації протягом тижня після їх пропуску. Відпрацювання занять здійснюється усно у формі співбесіди за питаннями, визначеними планом заняття. В окремих випадках дозволяється письмове відпрацювання пропущених занять шляхом виконання індивідуального письмового завдання.

**Дотримання вимог академічної доброчесності** здобувачами освіти під час вивчення навчальної дисципліни. Під час вивчення навчальної дисципліни здобувачі освіти мають дотримуватися загальноприйнятих морально-етичних норм і правил поведінки, вимог академічної доброчесності, передбачених Положенням про академічну доброчесність Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут» (<https://khai.edu/assets/files/polozhennya/polozhennya-proakademichnu-dobrochesnist.pdf>). Очікується, що роботи здобувачів освіти будуть їх оригінальними дослідженнями або міркуваннями. Відсутність посилань на використані джерела, фабрикування джерел, списування, втручання в роботу інших здобувачів освіти становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій роботі здобувача освіти є підставою для її незарахування викладачем незалежно від масштабів плагіату чи обману.

**Вирішення конфліктів.** Порядок і процедури врегулювання конфліктів, пов'язаних із корупційними діями, зіткненням інтересів, різними формами дискримінації, сексуальними домаганнями, міжособистісними стосунками та іншими ситуаціями, що можуть виникнути під час навчання, а також правила етичної поведінки регламентуються Кодексом етичної поведінки в Національному аерокосмічному університеті «Харківський авіаційний інститут» (<https://khai.edu/ua/university/normativna-baza/ustanovchidokumenti/kodeks-etichnoi-povedinki/>).

## **10. Методичне забезпечення**

Методичні матеріали проведення лекцій, практичних та виконання індивідуального завдання за робочим планом учбового курсу – <https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=2683>

## **11. Рекомендована література**

### **Базова**

1. Будак В.Д. Механіка суцільних середовищ [Текст] : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / В. Д. Будак, Я. О. Жук; Миколаїв. нац. ун-т ім. В. О. Сухомлинського, Ін-т механіки ім. С. П. Тимошенка НАН України. - Миколаїв: Іліон, 2011. - 160 с.
2. Дудик М.В., Діхтяренко Ю.В. Сучасні методи теорії пружності. Навчальний посібник. – Умань, 2015 – 108 с.
3. Карвацький А. Я. Метод скінченних елементів у задачах механіки суцільних середовищ. Програмна реалізація та візуалізація результатів [Текст]: навч. посіб. / А. Я. Карвацький — К. : НТУУ «КПІ» ВПІ ВПК «Політехніка», 2015. — 392 с

### **Допоміжна**

1. Карвацький А. Я. Механіка суцільних середовищ. Розв'язання задач [Текст]: навч. посіб. / А. Я. Карвацький — К.: НТУУ «КПІ» Вид-во «Політехніка», 2016. — 392 с.
2. Mase G.E. Theory and problem of continuum mechanics.-MacGrow-Hill book company, 1970.-320 p.
3. Akiwis M.A., Goldberg V.V. Tensor calculus with applications, New Jersey: World scientific, 2003.- 364 p.

### **12. Інформаційні ресурси**

1. Бібліотека ім. В.І. Вернадського. URL: <http://www.nbu.gov.ua/>
2. Бібліотека ім. В.Г. Короленко. URL: <http://korolenko.kharkov.com/>
3. Бібліотека ХНТУСГ. URL: <https://library.khntusg.com.ua/>
4. Електронна бібліотека. URL: <http://lib.meta.ua/>