

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми



(підпис)

Олег БАРАНОВ

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

«_27_» __06_____ 2025 р.

**СИЛАБУС ОBOB'ЯЗKОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Динаміка механічних систем

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: «Робототехнічні системи та комплекси»

(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 « 27 » 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:

здобувач вищої освіти групи 269


(підпис)

Єлизавета ЗАСІД
(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:

- Динаміка механічних систем
 - Теоретичні основи інженерного аналізу
 - Динамічна стійкість промислових роботів
 - 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 | 2 |
| Мова викладання | Українська |
| Тип дисципліни | Обов'язкова |
| Обсяг дисципліни: кредити ЄКТС/ кількість годин | 4 кредити ЄКТС / 120 годин (64 аудиторних, з яких: лекції –32, практичні –32; СРЗ–56. |
| Види навчальної діяльності | Лекції, практичні заняття, самостійна робота |
| Види контролю | Поточний контроль, модульний контроль, семестровий контроль – іспит |
| Пререквізити | «Конструювання промислових роботів», «Конструювання промислових роботів (КП)» |
| Кореквізити | «Керування технічними об'єктами та процесами», «Проектування гнучких автоматизованих виробництв», «Моделювання та дослідження технічних систем (КП)» |
| Постреквізити | Кваліфікаційна робота |

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 і практичних положень про формулювання, методи чисельного рішення та вирішення за допомогою пакету LS-DYNA задач руху механічних систем.

Завдання – Вивчення основ математичної теорії пружності та пластичності, формулювання математичних задач руху механічних систем, чисельних методів рішення таких задач, підготовки моделей у вигляді вхідного набору даних, керування рішенням та аналізу рішення задач руху в середовищі пакету LS-DYNA.

Компетентності, які набуваються:

Інтегральна компетентність:

Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми галузевого 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).

ЗК7. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

ЗК8. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

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.

Результати навчання:

РН1. Знання та розуміння засад технологічних, фундаментальних та

інженерних наук, що лежать основі галузевого машинобудування відповідної галузі.

РН2. Знання та розуміння механіки і машинобудування та перспектив їхнього розвитку.

РН3. Знати і розуміти процеси галузевого машинобудування, мати навички їх практичного використання.

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

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

РН8. Застосовувати системи автоматизації для виконання досліджень, проектно-конструкторських робіт, технологічної підготовки та інженерного аналізу в машинобудуванні.

РН9. Оволодіти сучасними знаннями, технологіями, інструментами і методами, зокрема через самостійне опрацювання фахової літератури, участь у науково-технічних та освітніх заходах.

РН10. Самостійно ставити та розв'язувати задачі інноваційного характеру, аргументувати і захищати отримані результати та прийняті рішення.

РН11. Зрозуміло і недвозначно презентувати результати досліджень та проектів, доносити власні висновки, аргументи та пояснення державною та іноземною мовами усно і письмово колегам, представникам професійних груп різного рівня іншим стейкхолдерам.

3. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1.

Змістовий модуль 1. Основи механіки суцільного середовища

Тема 1. Вступ до дисципліни.

Зміст та структура дисципліни. Предмет та метод дисципліни. Основні поняття. Зв'язок з іншими науковими та учбовими дисциплінами. Історична довідка. Основні задачі дисципліни.

Системи координат. Вектори та матриці. Перетворення векторів, базисів та матриць. Ортогональність перетворень. Тензори. Перетворення тензорів. Індокси. Ознаки тензорів. Тензорна алгебра. Матрична аналогія тензорів другої валентності. Інваріанти симетричного тензора другої валентності. Диференційний оператор Гамільтона (набла).

Тема 2. Кінематика суцільного середовища.

Системи відліку. Два способи опису руху суцільного середовища - лагранжевий та ейлеровий. Зміна малого відрізка за умов деформування середовища. Тензор деформацій Гріна. Перетворення тензору деформацій при обертанні системи координат. Інфінітезімальний тензор деформацій. Геометричний сенс компонент тензору деформацій. Головні напрямки та головні значення тензора деформацій. Інваріанти тензору деформацій.

Тема 3. Внутрішні сили в суцільному середовищі.

Природний напружений стан. Поняття напруг як інтенсивності внутрішніх сил. Вектор напруг. Тензор напруг Коши. Проекції тензору напруг на напрямок. Вектор напруг на нахилений площинці. Перетворення компонент тензора напруг при обертанні системи координат. Інваріанти тензору напруг. Інтенсивність тензору напруг. Головні напруги та головні напрямки тензора напруг. Найбільші дотичні напруги.

Тема 4. Загальні закони механіки суцільного середовища.

Чотири закони динаміки суцільного середовища в інваріантній тензорній та в індексній формі: закон зміни енергії, закон зміни маси, закон зміни кількості руху, закон зміни моменту кількості руху. Наслідки законів, симетрія тензору напруг.

Початкові умови. Граничні умови. Контактні умови: зчеплення, ковзання, тертя, з невизначеними умовами.

Тема 5. Властивості суцільного середовища.

Закони поведінки суцільного середовища. Пружність, пластичність, в'язкість.

Загальна контактна задача динаміки системи тіл. Підсумкова загальна система диференціальних рівнянь та нерівностей в часткових похідних динаміки суцільного середовища. Характеристика системи: нелінійність, неоднорідність, нестационарність. Необхідність чисельного рішення.

Модульний контроль.

Змістовний модуль №2. Чисельне комп'ютерне моделювання механічних систем

Тема 6. Загальний метод дискретизації та рішення систем диференціальних рівнянь механіки суцільних середовищ.

Метод виважених різниць- загальний метод дискретизації систем ДРЧП, переформулювання в задачу вирішення систем звичайних диференціальних рівнянь (ЗДР). Зв'язок з задачами в узагальнених координатах.

Види апроксимації функцій просторових координат.

Слабке формулювання.

Часткова дискретизація.

Скінчено елементна дискретизація просторових залежностей та похідних.

Скінчено різницева дискретизація залежностей та похідних за часом.

Підсумкова задача рішення великих систем алгебраїчних рівнянь та нерівностей.

Явище чисельної нестійкості рішення дискретних рівнянь динаміки суцільного середовища. Критерії стійкості. Використання штучної в'язкості для стійкості процесу рішення. Аналогія з механічними нестійкістю руху, коливаннями та резонансом.

Безсіткові методи EFG, SPH, SPG.

Сумісний ейлерово - лагранжевий метод скінченних елементів FEM-ALE.

Тема 7. Пакет LS-DYNA.

Огляд пакету LS-DYNA. Призначення. Структура. Основні можливості та властивості. Історичний нарис. Основні теоретичні засади. Електронні книги.

Вхідний набір даних. Ключовий формат. Книга USER MANUAL.

Тема 8. Компоненти пакету

Препроцесори. Основні можливості та способи використання препроцесорів eta/preproc.28 та lsp 4.3. Побудова скінчено - елементної (дротової) моделі. Опис характеристик скінчених елементів. Опис матеріальних властивостей та відповідних параметрів. Опис граничних умов. Опис початкових умов. Опис параметрів збурення. Перевірка моделі. Керування розрахунковим процесом. Визначення баз даних. Формування вхідного набору даних для виконання розрахунків.

Розрахункове ядро пакету. Методи розрахунку. Керування розрахунковим процесом on-line. Протокол розрахункового процесу, повідомлення, переривання, рестарт.

Постпроцесор. Можливості та способи використання. Побудова кольорових картин розподілу функцій НДС. Використання ізоліній. Анімації. Побудова графіків зміни значень функцій за часом. Векторні поля. Постпроцесорна обробка результатів. Збереження та копіювання результатів.

Тема 9. Моделювання руху візка

Опис виконання підготовки вхідного набору даних, виконання рішення та його інтерпретації на прикладі моделювання руху візку.

Тема 10. Огляд рішень та аналіз задач.

Задачі моделювання ROPS трактора, гнуття металу, власних коливань електричного роз'єму, стругання деталі.

Модульний контроль.

5. Індивідуальні завдання

Виконання індивідуального завдання «Чисельний розв'язок диференціального рівняння напруженого стану балки».

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 |
|-------------------------------|---------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| Змістовний модуль 1 | | | |
| Робота на лекціях | 0...1 | 10 | 0...10 |
| Робота на практичних заняттях | 0...1 | 6 | 0...6 |
| Модульний контроль | 0...25 | 1 | 0...25 |
| Змістовний модуль 2 | | | |
| Робота на лекціях | 0...1 | 6 | 0...6 |
| Робота на практичних заняттях | 0...1 | 8 | 0...8 |
| Модульний контроль | 0...25 | 1 | 0...25 |
| Виконання та захист РГР | 0...20 | | 0...20 |
| Всього за семестр | | | 0...100 |

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=5416>

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. Aklonis 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/>