

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**

Комп'ютерна механіка

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 « 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:

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:

- Комп'ютерна механіка
- Сучасні методи моделювання проведення випробувань
- Теоретичні основи інженерного аналізу
- Динаміка механічних систем

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 (80 аудиторних, з яких: лекції –32, практичні –48; СРЗ–40.
Види навчальної діяльності	Лекції, практичні заняття, самостійна робота
Види контролю	Поточний контроль, модульний контроль, семестровий контроль – іспит
Пререквізити	«Теоретичні основи інженерного аналізу», «Проектування сучасних машин (CAD)», «Проектування сучасних машин (CAD) (КП)»,
Кореквізити	«Комп'ютерна механіка» (КП), «Інженерний аналіз конструкцій (CAD, CAE)», «Сучасні методи моделювання проведення випробувань»
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 задач механічного стану пружних тонкошарових елементів конструкцій.

Завдання – Вивчення основ теорії згину пружних пластин та вісесиметричних оболонок, а також методу скінченних елементів для чисельного рішення задач визначення механічного стану тонкошарових елементів конструкцій.

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 використовувати 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 і 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.

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:

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.

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

3. Зміст навчальної дисципліни

МОДУЛЬ 1

Змістовий модуль 1. Технічна теорія пластин та осесиметричних оболонок

Тема 1. Вступ до дисципліни.

Предмет курсу. Розповсюдженість тонкостінних конструкцій в ракето-, літако-, судо-, авто- будіванні, в будівництві та інше. Переваги тонкостінних конструкцій. Особливості та недоліки.

Зміст та структура курсу.

Зв'язок з іншими учбовими та науковими дисциплінами.

Основні рівняння теорії пружності. Рівняння рівноваги. Закон парності дотичних напруг. Рівняння рівноваги на границі (граничні умови в напругах). Рівняння деформацій. Умови нерозривності. Фізичний закон (закон Гука). Граничні умови в переміщеннях. Загальна характеристика рівнянь.

Пластини. Основні поняття та означення. Тонка пластина. Середина поверхня. Контур пластини. Прогин пластини.

Основні припущення. Гіпотеза прямих нормалей (гіпотеза Кірхгофа-Лява) та її наслідки. Гіпотеза про нерозтяження серединної площини та наслідки її. Гіпотеза про відсутність тиски шарів пластини.

Залежність переміщень точок от прогину пластини. Залежність деформацій от прогину. Залежність напруг от прогину. Протиріччя між функціями напруг та граничними умовами. Уточнення (модифікація) функцій напруг.

Тема2. Особливості внутрішніх зусиль та їх зв'язок з напругами

Погонна сила розтягу. Погонний момент згину. Погонна дотична сила. Погонний крутний момент. Циліндрична жорсткість пластини. Залежність внутрішніх зусиль от функції прогину.

Вираз напруг пластини через внутрішні сили та моменти.

Тема3. Диференційне рівняння зігнутої серединної поверхні пластини (рівняння Софі-Жермен)

Виведення диференційного рівняння відносно функції прогину.

Різновиди граничних умов для диференційного рівняння. Жорстке защемлення. Шарнірне спирання. Вільний край.

Вивід рівняння руху за методом кінетостатики.

Вивід рівняння руху балки.

Тема 4. Защемлена за контуром еліптична пластина, навантажена однорідною силою та кругла пластина

Опис пластини та її навантаження. Граничні умови. Визначення констант інтегрування рівняння. Рішення ДР. Аналіз рішення: прогин, моменти згину, моменти крутіння, поперечні сили.

Диференційне рівняння прогину пластини в полярній системі координат. Математичні вирази для поперечних сил, моментів кручення та згину в полярній системі координат.

Приведені поперечні сили в полярній системі координат.

Диференційне рівняння згину пластини. Моменти згину. Крутні моменти. Поперечні та приведені поперечні сили.

Рішення неоднорідного диференційного рівняння згину.

Випадок шарнірно-спертої рівномірно навантаженої пластинки.

Випадок жорстко защемленої на зовнішньому контурі рівномірно навантаженої пластинки.

Тема 5. Прямокутна пластина з вільним навантаженням та шарнірним спиранням. Рішення Нав'є та Леві

Рішення Нав'є. Опис пластини та її навантаження. Форма рішення для прогину у вигляді подвійного тригонометричного ряду. Граничні умови. Подання рішення у вигляді ряду. Подання навантаження у вигляді ряду. Визначення коефіцієнтів в рішенні.

Різновид пластини із рівномірно розгалуженим навантаженням. Аналіз рішення. Внутрішні розподілені моменти, внутрішні сили.

Різновид пластини із зосередженою силою. Використання функції Дірака. Рішення у вигляді подвійного ряду. Внутрішні сили та моменти.

Рішення Леві. Обмеженість рішення Нав'є. Особливості спирання пластини. Форма рішення. Особливості процедури рішення. Визначення констант. Аналіз рішення. Зауваження..

Тема 6. Елементи теорії тонкошарових оболонок.

Поняття оболонки.. Приклади. Відмінність от пластин. Система координат. Внутрішні сили та моменти. Осесиметричні оболонки, Класифікація оболонок. Приклади.

Напружено- деформований стан (НДС) безмоментної осесиметричної оболонки. Припущення щодо НДС. Умова рівноваги для елемента оболонки. Рівняння Лапласа. Умова міцності.

Нестійкість деформування оболонки

Напруги у сферичному балоні. Умова міцності.

Напруги у циліндричному балоні.

Напруги у сферичному сегменті, наповненому вагомою рідиною.

Напруги у куполі, який має вид сферичного сегменту.

Тема 7. Особливості НДС оболонок, обумовлені зломом утворюючої та кільцями розпору

Приклади (днище, звуження). Схема НДС поблизу зламу утворюючої. Виникнення стискаючих напруг, небезпека нестійкості.

Роль кілець розпору. Приклад розрахунку на міцність циліндричного резервуару із сферичним днищем та кільцями розпору.

Тема 8. Особливості НДС тонкої циліндричної моментної оболонки (Л.2

Аналіз НДС смужки за схемою балки із обмеженням деформації. Виведення диференційного рівняння згину оболонки за умов дії внутрішнього тиску. Рішення диференційного рівняння. Визначення констант. Визначення функцій НДС. Приклад-визначення зони впливу зовнішнього моменту, діючого на торці труби, на НДС труби (кінцевий ефект).

НДС оболонки при дії стискаючого коаксіального навантаження.

Вплив тонкого кільця на НДС оболонки.

Модульний контроль.

Змістовий модуль 2. Чисельні рішення рівнянь пластин та оболонок

Тема 9. Загальний підхід до побудови характеристик скінченного елемента

Опис властивостей скінченного елемента . Деформації, Напруги. Еквівалентні вузлові сили. Критерії збіжності.

Тема 10. Аналіз двовимірних задач теорії пружності в переміщеннях з використанням трикутних елементів

Загальні математичні співвідношення. Трикутні елементи. Базисна функція. Матриця жорсткості. Вектор правих частин. Процедура ансамблювання. Фронтальний алгоритм. Приклад.

Тема 11. Рішення рівняння руху деформованого середовища

Перетворення до вигляду системи звичайних диференціальних рівнянь. Алгоритм рішення рівняння руху з використанням тришарової скінченно-елементної схеми. Вище чисельної нестійкості рішення. Чисельна стійкість рішення тришарових схем.

Тема 12. Скінченний елемент вигину пластин

Формулювання задачі про згинання пластин у переміщеннях в матричній формі. Умова безперервності функції форми. Прямокутний елемент із вузлами в кутових точках.

Тема 13. Аналіз технологічного процесу згинання металевого листа

Схема технологічної системи. Скінченно-елементна модель технологічної системи. Результати моделювання та аналіз процесу.

Тема 14. Оболонки як сукупність плоских елементів

Жорсткість плоского елемента у локальній системі координат. Перехід до глобальних координат та складання ансамблю елементів. Локальні напрямні косинуси. Прямокутні елементи. Довільно орієнтовані у просторі трикутні елементи

Модульний контроль.

5. Індивідуальні завдання

Немає домашнього завдання.

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	9	0...9
Робота на практичних заняттях	0...2	8	0...16
Модульний контроль	0...25	1	0...25
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0...1	7	0...7
Робота на практичних заняттях	0...2	14	0...28
Модульний контроль	0...22	1	0...15
Виконання та захист РГР			
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=5415>.

Рекомендована література

Базова

1. Коливання стержнів, пластин та оболонок [Електронний ресурс] : підручн. для студ. спец. 131 «Прикладна механіка» / А. Є. Бабенко, О. О. Боронко, Я. І. Лавренко, С. І. Трубачев ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 252 с.
2. Григоренко, Я. М. Основи теорії пластин та оболонок з елементами магнітопружності : підручник / Я. М. Григоренко, Л. В. Мольченко. – К.: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2009. –403 с.
3. Теорія пластин і оболонок: конспект лекцій / укладач І.В. Павленко.– Суми: Видавництво СумДУ, 2010.– 67 с.

Допоміжна

1. Timoshenko S., Woinowsky- Krieger S. Theory of plates and shells.- McGraw-Hill Education (India), 2010/-580 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/>