



Силабус освітнього компонента Програма навчальної дисципліни



Аналіз динамічних процесів в CAD/CAE системах

Шифр та назва спеціальності
122 – Комп'ютерні науки

Інститут
ННІ Комп'ютерного моделювання, прикладної
фізики та математики

Освітня програма
Комп'ютерні науки. Моделювання,
проектування та комп'ютерна графіка

Кафедра
Математичне моделювання та інтелектуальні
обчислення в інженерії (161)

Рівень освіти
Бакалавр

Тип дисципліни
Профільований пакет2, Вибіркова

Семестр
7

Мова викладання
Українська

Викладачі, розробники



Мартиненко Геннадій Юрійович

gennadii.martynenko@khnpi.edu.ua

Доктор технічних наук, професор

Фахівець в галузі моделювання складних систем з використанням баз даних, інтелектуального аналізу даних, програмних комплексів CAD/CAE, моделювання об'єктів, що мають нелінійну поведінку. Автор понад 180 наукових та навчально-методичних праць

[Детальніше про викладача на сайті кафедри](#)

Загальна інформація

Анотація

Дисципліна спрямована на формування знань, вмінь та навичок, необхідних для практичного використання сучасних багатоцільових пакетів проектування та аналізу, а саме CAD/CAE-системи скінченноелементного аналізу процесів ANSYS Mechanical APDL, з метою вирішення наукових та прикладних завдань в галузі професійної та дослідницько-інноваційної діяльності, оволодіння сучасними світовими тенденціями розвитку методів комп'ютерного проектування об'єктів, а саме конструкцій або їх елементів, та спеціалізованого скінченноелементного аналізу процесів в конструкціях в лінійній та особливо нелінійній постановках, а саме теплопровідності та термопружності, стійкості, власних та вимушених стаціонарних і нестаціонарних коливань, статичної, квазістатичної та динамічної міцності з урахуванням геометричних і фізичних нелінійностей, в обсязі достатньому для застосування в практичній професійній діяльності. Розглянуто усі етапи кожного аналізу конструкцій, а саме теоретичні засади та алгоритми виконання аналізів теплопровідності та термопружності, стійкості, власних та вимушених стаціонарних і нестаціонарних коливань, статичної, квазістатичної та динамічної міцності з урахуванням геометричних і фізичних нелінійностей, включаючи геометричне та скінченноелементне моделювання з використанням різних видів постановок задач та відповідних їм типів скінченних елементів, побудову розрахункової моделі з граничними умовами та

навантаженнями різних типів та врахуванням різних видів симетрії, виведення результатів розрахунку, оцінку якості скінченноелементної моделі та результатів із застосуванням різних критеріїв.

Мета та цілі дисципліни

Метою викладання дисципліни є: вивчення студентами та формування у них знань за існуючими сучасними підходами про способи, методи та методики теоретичного аналізування та практичного застосування комп'ютерних CAD/CAE-систем інженерного проектування та аналізу для побудови фізичних моделей об'єктів, вибору теоретичних основ з огляду на технічне завдання і постановку задачі та методу розв'язування і відповідного модулю аналізу, побудови геометричних моделей конструкцій або їх елементів, формування скінченноелементних розрахункових моделей, вибору алгоритмів розв'язання та відповідних розв'язувачів, проведення розрахункових досліджень, оцінки достовірності та аналізу результатів розрахункових досліджень при розв'язанні конструкційних задач теплопровідності та термопружності, стійкості, власних та вимушених стаціонарних і нестаціонарних коливань, статичної, квазістатичної та динамічної міцності з урахуванням геометричних і фізичних нелінійностей при різних конфігураціях навантажень та граничних умов.

Цілями викладання дисципліни є: надання студентам поглиблених знань про способи та програмні засоби розв'язання лінійних та нелінійних задач теплопровідності та термопружності, стійкості, власних та вимушених стаціонарних і нестаціонарних коливань, статичної, квазістатичної та динамічної міцності з урахуванням геометричних і фізичних нелінійностей; навчання роботі зі спеціалізованим програмним комплексом проектування та скінченноелементного аналізу процесів ANSYS Mechanical APDL; опанування процесу розв'язання задач, який складається з побудови фізичних моделей реальних об'єктів, геометричного моделювання, створення розрахункових моделей, задання налаштувань розв'язання та самого розв'язання, виведення розв'язку у графічному та текстовому вигляді, оцінки точності чисельних результатів та їх аналізу з перевіркою умов працездатності в залежності від типу аналізу. При розв'язанні більшості таких задач основну трудомісткість займає визначення параметрів, що характеризують стан об'єкту в залежності від постановки задачі та виконаного аналізу, тому підвищена увага приділяється розв'язанню задач в лінійній та особливо нелінійній постановках на основі методу скінчених елементів. При цьому розглядаються методи пониження розмірності задач за допомогою використання різних типів скінчених елементів, а також за рахунок застосування зосереджених факторів, урахування площинної та осьової симетрії систем та навантажень тощо. Перераховані методи та прийоми дослідження параметрів конструкцій та механічних систем демонструються на розв'язанні конкретних задач, що часто зустрічаються на практиці, з використанням інтерактивного режиму роботи програми та команд на мові параметричного проектування програми ANSYS (Ansys Parametric Design Language – APDL).

Формат занять

Лекції, лабораторні роботи, консультації. Підсумковий контроль – екзамен.

Компетентності

ЗК1: Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу;

ЗК2: Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;

ЗК11.: Здатність приймати обґрунтовані рішення;

СК3: Здатність до логічного мислення, побудови логічних висновків, використання формальних мов і моделей алгоритмічних обчислень, проектування, розроблення й аналізу алгоритмів, оцінювання їх ефективності та складності, розв'язності та нерозв'язності алгоритмічних проблем для адекватного моделювання предметних областей і створення програмних та інформаційних систем;

СК4: Здатність використовувати сучасні методи математичного моделювання об'єктів, процесів і явищ, розробляти моделі й алгоритми чисельного розв'язування задач математичного моделювання, враховувати похибки наближеного чисельного розв'язування професійних задач;

СК7: Здатність застосовувати теоретичні та практичні основи методології та технології моделювання для дослідження характеристик і поведінки складних об'єктів і систем, проводити обчислювальні експерименти з обробкою й аналізом результатів;

СК18: Здатність інтегрувати методи геометричного моделювання, комп'ютерної візуалізації та передові обчислювальні підходи для представлення і візуалізації складних технічних об'єктів, процесів і систем, разом із розробкою інноваційних алгоритмів для створення високоякісної комп'ютерної анімації та реалізацією сучасних технологій рендерінгу.

Результати навчання

ПР2: Використовувати сучасний математичний апарат неперервного та дискретного аналізу, лінійної алгебри, аналітичної геометрії, в професійній діяльності для розв'язання задач теоретичного та прикладного характеру в процесі проектування та реалізації об'єктів інформатизації;

ПР6: Використовувати методи чисельного диференціювання та інтегрування функцій, розв'язання звичайних диференціальних та інтегральних рівнянь, особливостей чисельних методів та можливостей їх адаптації до інженерних задач, мати навички програмної реалізації чисельних методів;

ПР8: Використовувати методологію системного аналізу об'єктів, процесів і систем для задач аналізу, прогнозування, управління та проектування динамічних процесів в макроекономічних, технічних, технологічних і фінансових об'єктах;

ПР19: Застосовувати знання та навички в галузі комп'ютерної графіки та візуалізації, геометричного моделювання та обчислювальних технологій для детального моделювання складних технічних об'єктів, процесів і систем та розробки передових алгоритмів, які дозволяють створювати високоякісну комп'ютерну анімацію та здійснювати рендерінг.

Обсяг дисципліни

Загальний обсяг дисципліни 150 год. (5 кредитів ECTS): лекції – 32 год., лабораторні роботи – 32 год., самостійна робота – 86 год.

Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)

Вивчення курсу базується на відомостях (поняття, постановки, підходи та методи програмування, математичного аналізу, моделювання, теорії теплопровідності, механіки деформівного твердого тіла, теорії коливань та математичного опису динамічних процесів в системах та конструкціях), що розглядаються в дисциплінах навчального плану:

ЗП 7. Математичний аналіз;	ЗП 8. Спеціальні глави вищої математики;
СП 2. Аналітична геометрія;	СП 3. Лінійна алгебра;
СП 4. Алгоритмізація та програмування;	СП 14. Обчислювальні методи;
ВП 2.1. Математичні методи моделювання та обробки даних;	
ВП 2.5. Моделювання фізичних процесів;	
ВП 2.8 Динамічні процеси та прогнозування часових рядів;	
ВП 2.7. Моделювання об'єктів та процесів в CAD/CAE системах.	

Особливості дисципліни, методи та технології навчання

В рамках курсу «Аналіз динамічних процесів в CAD/CAE системах» лекції проводяться інтерактивно з використанням мультимедійних технологій. На лабораторних заняттях застосовується практично-орієнтований підхід до навчання, виконуються загальні та індивідуальні завдання, що дозволяє отримати знання та навички у застосування програмних засобів та застосунків для моделювання квазістатичних та динамічних лінійних та нелінійних фізичних процесів з метою оцінки теплового та міцнісного стану об'єктів. При проведенні лабораторного практикуму використовується програмне забезпечення, що є вільноліцензованим для навчання (Free Student Software), зокрема студентська версія пакету ANSYS Mechanical APDL, що розташована у вільному доступі на сайті компанії ANSYS, Inc. для завантаження.

Програма навчальної дисципліни

Теми лекційних занять

Тема 1. Розв'язання задач теплопровідності та термопружності в програмному комплексі ANSYS Mechanical APDL:

1. Особливості розв'язання задач теплопровідності. 2. Основні закони теплопровідності (теоретичні основи, загальні положення, поняття та рівняння). 3. Тепловий аналіз в програмному комплексі (ПК) ANSYS Mechanical APDL.

Тема 2. Розв'язання задач теплопровідності та термопружності в програмному комплексі ANSYS Mechanical APDL:

1. Розв'язання задач термопружності (теоретичні основи, загальні положення, поняття та рівняння). 2. Термоміцнісний аналіз в ПК ANSYS Mechanical APDL (Thermal and Static Structural Analyses).

Тема 3. Моделювання динамічних процесів в програмному комплексі ANSYS Mechanical APDL:

1. Розв'язання задачі про власні коливання конструкцій (теоретичні основи, загальні положення, поняття та рівняння). 2. Модальний аналіз конструкцій в ПК ANSYS Mechanical APDL (Modal Analysis).

Тема 4. Моделювання динамічних процесів в програмному комплексі ANSYS Mechanical APDL:

1. Особливості методики і алгоритму визначення характеристик власних коливань з урахуванням попереднього напруженого стану від дії статичних навантажень в ПК ANSYS Mechanical APDL (PreStress Modal Analysis).

Тема 5. Моделювання динамічних процесів в програмному комплексі ANSYS Mechanical APDL:

1. Розв'язання задачі про стійкість конструкцій (теоретичні основи, загальні положення, поняття та рівняння). 2. Аналіз конструкційної стійкості в ПК ANSYS Mechanical APDL (Buckling Analysis).

Тема 6. Моделювання динамічних процесів в програмному комплексі ANSYS Mechanical APDL:

1. Розв'язання задачі про вимушені коливання конструкції для визначення динамічної міцності (теоретичні основи, загальні положення, поняття та рівняння). 2. Типи аналізу динаміки конструкцій в ПК ANSYS Mechanical APDL в залежності від виду динамічного навантаження. 3. Вимушені стаціонарні коливання конструкцій. 4. Методика визначення відгуку конструкції на дію гармонічного навантаження в ПК ANSYS Mechanical APDL за допомогою повного методу (Full Harmonic Response Analysis).

Тема 7. Моделювання динамічних процесів в програмному комплексі ANSYS Mechanical APDL:

1. Методика визначення відгуку конструкції на дію гармонічного навантаження в ПК ANSYS Mechanical APDL за допомогою багатокрокового методу суперпозиції, тобто методу розкладання за формами власних коливань (Mode Superposition Harmonic Response Analysis).

Тема 8. Моделювання динамічних процесів в програмному комплексі ANSYS Mechanical APDL:

1. Види полігармонічного динамічного навантаження на конструкції. 2. Спектральний аналіз конструкцій в ПК ANSYS Mechanical APDL (Spectrum Analysis). 3. Чотири типи спектрального аналізу в ПК ANSYS Mechanical APDL. 4. Методика проведення однофакторного спектрального аналізу (Single-Point Response Spectrum – SPRS).

Тема 9. Моделювання динамічних процесів в програмному комплексі ANSYS Mechanical APDL:

1. Вимушені нестационарні коливання конструкцій. Аналіз перехідних динамічних процесів в ПК ANSYS Mechanical APDL (Transient Dynamic Analysis). 2. Методи аналізу нестационарних динамічних процесів в конструкціях.

Тема 10. Моделювання динамічних процесів в програмному комплексі ANSYS Mechanical APDL:

1. Рівняння, алгоритм розв'язання та методика проведення розрахунку перехідних динамічних процесів в ПК ANSYS Mechanical APDL за допомогою повного методу (Full Transient Dynamic Analysis).

Тема 11. Моделювання процесів в програмному комплексі ANSYS Mechanical APDL з урахуванням різних конструктивних нелінійностей:

1. Нелінійні задачі аналізу поведінки конструкцій (теоретичні основи, загальні положення, поняття та рівняння). 2. Види конструктивних нелінійностей. 3. Розв'язання нелінійних задач в ПК ANSYS Mechanical APDL (загальні положення та методи). 4. Види геометричних нелінійностей: Stress-Strain; Stress Stiffening; Spin Softening. 5. Методики розв'язання різних геометрично-нелінійних задач в ПК ANSYS Mechanical APDL.

Тема 12. Моделювання процесів в програмному комплексі ANSYS Mechanical APDL з урахуванням різних конструктивних нелінійностей:

1. Механічні властивості матеріалів при одноосному розтягненні та стисненні. 2. Фізичні нелінійності та умовні діаграми розтягнення-стиснення різних матеріалів. 3. Види схематизації діаграм розтягнення-стиснення матеріалів. 4. Моделювання нелінійної поведінки матеріалів, критерії та закони необхідні для коректного аналізу пластичної поведінки матеріалів.

Тема 13. Моделювання процесів в програмному комплексі ANSYS Mechanical APDL з урахуванням різних конструктивних нелінійностей:

1. Класифікація та завдання фізико-механічних властивостей матеріалів. 2. Залежності між напруженнями і деформаціями в межах та за межами пружності, умови виникнення пластичних деформацій. 3. Моделі нелінійної пластичної поведінки матеріалів в ПК ANSYS Mechanical APDL.

Тема 14. Моделювання процесів в програмному комплексі ANSYS Mechanical APDL з урахуванням різних конструктивних нелінійностей:

1. Моделювання різної нелінійної поведінки матеріалів в ПК ANSYS Mechanical APDL з використанням моделей за допомогою інтерактивного меню та команд APDL. 2. Табличне задання властивостей матеріалів в ПК ANSYS Mechanical APDL. 3. Застосовність скінченних елементів до нелінійного аналізу.

Тема 15. Моделювання процесів в програмному комплексі ANSYS Mechanical APDL з урахуванням різних конструктивних нелінійностей:

1. Методика проведення нелінійного статичного аналізу в ПК ANSYS Mechanical APDL (Nonlinear Static Analysis). 2. Методика проведення нелінійного динамічного аналізу в ПК ANSYS Mechanical APDL (Nonlinear Transient Analysis). 3. Врахування контактної взаємодії між елементами конструкції (Contact).

Тема 16. Моделювання процесів в програмному комплексі ANSYS Mechanical APDL з урахуванням різних конструктивних нелінійностей:

1. Резюме з моделювання лінійних та нелінійних статичних та динамічних фізичних процесів в конструкціях та їх елементах за допомогою програмного комплексу ANSYS Mechanical APDL.

Теми практичних занять

Не передбачено навчальним планом.

Теми лабораторних робіт

Тема 1. Розв'язання задач теплопровідності та термопружності в програмному комплексі ANSYS Mechanical APDL:

1. Розв'язання задачі стаціонарної теплопровідності для об'ємної конструкції. 2. Термічний аналіз в ПК ANSYS Mechanical APDL. 3. Визначення розподілу температур та інших характеристик. 4. Оцінка точності визначення поля температур за допомогою вбудованих методів.

Тема 2. Розв'язання задач теплопровідності та термопружності в програмному комплексі ANSYS Mechanical APDL:

1. Розв'язання задачі стаціонарної теплопровідності та задачі термопружності в плоскій постановці за допомогою послідовних або зв'язаного аналізів. 2. Визначення параметрів напружено-деформованого стану (НДС) в ПК ANSYS Mechanical APDL з урахуванням термонапружень і термодеомацій

Тема 3. Моделювання динамічних процесів в програмному комплексі ANSYS Mechanical APDL:

1. Розв'язання задачі про власні коливання для визначення форм і частот власних коливань об'ємної (тривимірної) та оболонкової конструкцій. 2. Модальний аналіз в ПК ANSYS Mechanical APDL без врахування і з врахуванням попереднього напруженого стану від дії статичних навантажень

Тема 4. Моделювання динамічних процесів в програмному комплексі ANSYS Mechanical APDL:

1. Розв'язання задачі про власні коливання для визначення форм і частот власних коливань вісесиметричної тонкостінної конструкції в трьох різних постановках. 2. Модальний аналіз в ПК ANSYS Mechanical APDL з врахуванням попереднього напруженого стану від відцентрових сил.

Тема 5. Моделювання динамічних процесів в програмному комплексі ANSYS Mechanical APDL:

1. Розв'язання задачі про стійкість конструкцій для визначення критичних значень навантажень та форм втрати стійкості об'ємної (тривимірної) та оболонкової конструкцій. 2. Аналіз стійкості в ПК ANSYS Mechanical APDL.

Тема 6. Моделювання динамічних процесів в програмному комплексі ANSYS Mechanical APDL:

1. Розв'язання задачі про вимушені стаціонарні коливання для визначення параметрів відгуку на гармонічне навантаження балково-масової просторової конструкції (амплітудно-частотна характеристика – АЧХ, розподіл амплітуд переміщень і напружень та фазових кутів).
2. Динамічний гармонічний аналіз вимувених коливань конструкції в ПК ANSYS Mechanical APDL за допомогою повного методу.
3. Розв'язання задачі динамічної міцності.

Тема 7. Моделювання динамічних процесів в програмному комплексі ANSYS Mechanical APDL:

1. Розв'язання задачі про вимушені стаціонарні коливання для визначення параметрів відгуку на гармонічне навантаження оболонкової конструкції (амплітудно-частотна характеристика, розподіл амплітуд переміщень і напружень та фазових кутів).
2. Гармонічний аналіз вимувених коливань конструкції в ПК ANSYS Mechanical APDL за допомогою методу суперпозиції.
3. Розв'язання задачі динамічної міцності.

Тема 8. Моделювання динамічних процесів в програмному комплексі ANSYS Mechanical APDL:

1. Розв'язання задачі про вимушені стаціонарні коливання для визначення параметрів відгуку на полігармонічне навантаження оболонкової конструкції (НДС, що відповідає найбільш небезпечному моменту часу).
2. Однофакторний спектральний аналіз вимувених коливань конструкції в ПК ANSYS Mechanical APDL.
3. Оцінка динамічної міцності.

Тема 9. Моделювання динамічних процесів в програмному комплексі ANSYS Mechanical APDL:

1. Розв'язання задачі про вимушені нестационарні коливання для визначення параметрів відгуку на довільне навантаження оболонкової конструкції (залежності параметрів НДС від часу та розподіл параметрів НДС в деякий момент часу).
2. Аналіз нестационарних вимувених коливань конструкції в ПК ANSYS Mechanical APDL.
3. Оцінка динамічної міцності.

Тема 10. Моделювання динамічних процесів в програмному комплексі ANSYS Mechanical APDL:

1. Розв'язання задачі про вимушені нестационарні коливання для визначення параметрів відгуку на довільне навантаження балково-масової конструкції (залежності параметрів НДС від часу та розподіл параметрів НДС в деякий момент часу).
2. Аналіз нестационарних вимувених коливань конструкції в ПК ANSYS Mechanical APDL при різних модельних навантаженнях.
3. Оцінка динамічної міцності.

Тема 11. Моделювання процесів в програмному комплексі ANSYS Mechanical APDL з урахуванням різних конструктивних нелінійностей:

1. Нелінійні задачі аналізу поведінки конструкцій (теоретичні основи, загальні положення).
2. Розв'язання статичної нелінійної задачі.
3. Статичний аналіз оболонкової конструкції в ПК ANSYS Mechanical APDL без урахування та з урахуванням геометричних нелінійностей.
4. Порівняння і аналіз результатів розрахунків.

Тема 12. Моделювання процесів в програмному комплексі ANSYS Mechanical APDL з урахуванням різних конструктивних нелінійностей:

1. Розв'язання статичної нелінійної задачі.
2. Статичний аналіз об'ємної (тривимірної) конструкції в ПК ANSYS Mechanical APDL з урахуванням фізичних нелінійностей.
3. Моделювання нелінійної поведінки матеріалів.
4. Визначення залишкової пластичної деформації.
5. Розв'язання задачі міцності при квазістатичному циклічному навантаженні.

Тема 13. Моделювання процесів в програмному комплексі ANSYS Mechanical APDL з урахуванням різних конструктивних нелінійностей:

1. Розв'язання статичної нелінійної задачі.
2. Статичний аналіз об'ємної (тривимірної) конструкції в вісесиметричній постановці в ПК ANSYS Mechanical APDL без та з урахуванням фізичних нелінійностей.
3. Схематизація діаграми розтягнення діаграмою з лінійним зміцненням.
4. Визначення залишкової пластичної деформації.

Тема 14. Моделювання процесів в програмному комплексі ANSYS Mechanical APDL з урахуванням різних конструктивних нелінійностей:

1. Розв'язання динамічної нелінійної задачі.
2. Аналіз перехідних процесів об'ємної (тривимірної) конструкції в ПК ANSYS Mechanical APDL з урахуванням контактної взаємодії.
3. Визначення залишкових деформацій та напружень.

Тема 15. Презентація та захист індивідуального розрахункового завдання, присвяченого дослідженню лінійної та нелінійної статичної або динамічної поведінки балкових або оболонкових елементів конструкцій, із застосуванням ПК ANSYS Mechanical APDL:

Модульний контроль №1.

Тема 16. Презентація та захист індивідуального розрахункового завдання, присвяченого дослідженню лінійної та нелінійної статичної або динамічної поведінки об'ємних елементів конструкцій в ПК ANSYS Mechanical APDL:

Модульний контроль №2.

Самостійна робота

1. Основні поняття, рівняння та методи теорії лінійних та нелінійних вільних та вимушених коливань дискретних систем
2. Основні поняття, рівняння та методи теорії стійкості дискретних систем
3. Основні відомості про пластичність матеріалів, поняття, рівняння та методи теорії пластичності
4. Забезпечення аудиторних занять (опрацювання лекційного матеріалу та оформлення звітів за результатами лабораторних робіт)
5. Забезпечення індивідуальних завдань (виконання індивідуальних розрахункових завдань та їх оформлення)
6. Забезпечення семестрового контролю (підготовка до модульного контролю)

Література та навчальні матеріали

Основна література

1. Мартиненко Г.Ю., Розова Л.В. Комп'ютерне моделювання елементів конструкцій та визначення їх міцності при статичних навантаженнях: навч. посіб. Харків: НТУ «ХПІ», ТОВ «Естет Принт», 2021. 242 с. (<http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/54247>)
2. Гришанова І.А., Згуровська Л.П., Киричук Ю.В. Розв'язок задач проектування приладів та систем з використанням ANSYS і MATHCAD: підручник. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2022. 180 с. (<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/50333>)
3. Загоруйко А.В. Програмний комплекс ANSYS в інженерних задачах: навч. посіб. Суми: Вид-во СумДУ, 2008. 201 с. (<https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/123456789/1766/1/ANSys.doc>)
4. Дубенець В.Г., Хільчевський В.В., Савченко О.В. Основи методу скінченних елементів: навч. посіб. Чернівці: ЧДТУ, 2007. 288 с. (<http://ir.stu.cn.ua/jspui/bitstream/>)
5. Прокопенко Ю.В., Татарчук Д.Д., Казміренко В.А. Обчислювальна математика: навч. посіб. К.: ІВЦ "Видавництво «Політехніка»", 2003. 120 с. (<http://kist.ntu.edu.ua/textPhD/matem.pdf>)
6. Thompson M., Thompson J. ANSYS Mechanical APDL for Finite Element Analysis. 1st Edition. Butterworth-Heinemann, 2017. 466 p.
7. Al-Khafaji H., Dawood A.-K.A., Habeeb L.J. Introduction to Simulation with ANSYS Mechanical APDL (1st ed.). LAP LAMBERT Academic Publishing, 2016. (<https://www.perlego.com/book/3446045/introduction-to-simulation-with-ansys-mechanical-apdl-pdf>)
8. ANSYS Help. Documentation, tutorials, and videos for Ansys products. Mechanical APDL User's Guide Documentation. ANSYS, Inc., 2023. (<https://ansyshelp.ansys.com/>)

Додаткова література

1. Гільчук А.В., Халатов А.А., Доник Т.В. Теорія теплопровідності: підручник. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 131 с. (<https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/48701/1/Teoriia.pdf>)
2. Симоновський В.І. Теорія коливань : навч. посіб. Суми: Сумський державний університет, 2012. 71 с. (<https://essuir.sumdu.edu.ua/retrieve/59234/>)
3. Устенко О.В., Візник Р.І., Ловська А.О., Рибін А.В. Основи теорії коливань та стійкості рухомого складу: навч. посіб. Харків: УкрДУЗТ, 2021. 129 с. (<http://lib.kart.edu.ua/bitstream/>)
4. Азаренков М.О., Гірка В.О., Лапшин В.І., Муратов В.І. Теорія коливань та хвиль. Харків, 2005. 154 с. (<https://vdoc.pub/download/-27j8e5btmgm0>)
5. Воробйов В.В., Воробйова Л.Д., Киба С.П. Основи прикладної теорії коливань: підручник. Кременчук, 2020. 156 с. (http://document.kdu.edu.ua/metod/2020_2201.pdf)
6. Павленко І.В. Теорія пластин і оболонок. Суми: Видавництво СумДУ, 2010. 67 с. (https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789_484/1/Pavlenko1%5b1%5d.pdf)
7. Чихладзе Е.Д., Веревічева М.А., Галагуря Є.І. та ін. Основи лінійної теорії пружності, пластичності та повзучості: навч. посібник / Харків: УкрДАЗТ, 2010. 149 с. (<http://lib.kart.edu.ua/bitstream/>)
8. Ansys Student - Free Software Download. ANSYS, Inc., 2023. (<https://www.ansys.com/academic/students>)

Система оцінювання

Критерії оцінювання успішності студента та розподіл балів

Теоретична частина – максимум 50 балів: комп'ютерний тест (40 випадкових коротких запитань з 4 варіантами відповідей, з яких 1 вірна – 1,25 бали за кожну правильну відповідь) або екзамен (1 теоретичне розгорнуте питання та практичне завдання на розв'язання інженерної задачі з моделювання процесів в конструкції – максимум 30 балів за правильну відповідь на питання та максимум 20 балів за правильно розв'язану та проаналізовану задачу).

Практична частина – максимум 50 балів: 14 лабораторних робіт за варіантами (максимум 3 бали за кожну виконану та здану лабораторну роботу) та 2 індивідуальних розрахункових завдання (максимум 4 бали за кожне виконане та захищене розрахункове завдання).

Загалом – максимум 100 балів.

Шкала оцінювання

Сума балів	Національна оцінка	ECTS
90–100	Відмінно	A
82–89	Добре	B
75–81	Добре	C
64–74	Задовільно	D
60–63	Задовільно	E
35–59	Незадовільно (потрібне додаткове вивчення)	FX
1–34	Незадовільно (потрібне повторне вивчення)	F

Норми академічної етики і політика курсу

Студент повинен дотримуватися «Кодексу етики академічних взаємовідносин та доброчесності НТУ «ХПІ»: виявляти дисциплінованість, вихованість, доброзичливість, чесність, відповідальність. Конфліктні ситуації повинні відкрито обговорюватися в навчальних групах з викладачем, а при неможливості вирішення конфлікту – доводитися до відома співробітників дирекції інституту. Нормативно-правове забезпечення впровадження принципів академічної доброчесності НТУ «ХПІ» розміщено на сайті: <http://blogs.kpi.kharkov.ua/v2/nv/akademichna-dobrochesnist/>

Погодження

Силабус погоджено

29.08.2023

Завідувач кафедри
Олексій ВОДКА

29.08.2023

Гарант ОП
Оксана ТАТАРІНОВА