



Силабус освітнього компонента Програма навчальної дисципліни



Програмні засоби моделювання фізичних процесів

Шифр та назва спеціальності
113 – Прикладна математика

Інститут
ННІ Комп'ютерного моделювання, прикладної
фізики та математики

Освітня програма
Комп'ютерне та математичне моделювання

Кафедра
Математичне моделювання та інтелектуальні
обчислення в інженерії (161)

Рівень освіти
Бакалавр

Тип дисципліни
Спеціальна (фахова), обов'язкова

Семестр
7

Мова викладання
Українська

Викладачі, розробники



Мартиненко Геннадій Юрійович
(відповідальний лектор та викладач лабораторного
практикуму)

gennadii.martynenko@khpі.edu.ua

Доктор технічних наук, професор, професор кафедри математичного
моделювання та інтелектуальних обчислень в інженерії НТУ «ХПІ».

Досвід науково-педагогічної роботи – 18 років. Автор понад 180
наукових та навчально-методичних праць.

Лектор та викладач лабораторного практикуму з дисциплін:
«Організація баз даних», «Інтелектуальний аналіз даних»,
«Програмні комплекси проектування та аналізу», «Програмні засоби
моделювання фізичних процесів», «Моделювання об'єктів та процесів в
CAD/CAE системах», «Аналіз динамічних процесів в CAD/CAE системах»,
«Моделювання в CAE системах», «Наближені та чисельні методи
розв'язання нелінійних задач», «Педагогічні та інформаційні технології у
прикладній математиці».

[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, розрахункова робота, консультації. Підсумковий контроль – екзамен.

Компетентності

згідно освітньої програми:

ЗК02: Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;

ЗК05: Здатність проведення досліджень на відповідному рівні;

ФК01: Здатність використовувати й адаптувати математичні теорії, методи та прийоми для доведення математичних тверджень і теорем;

ФК03: Здатність обирати та застосовувати математичні методи для розв'язання прикладних задач, моделювання, аналізу, проектування, керування, прогнозування, прийняття рішень;

ФК07: Здатність експлуатувати та обслуговувати програмне забезпечення автоматизованих та інформаційних систем різного призначення;

ФК09: Здатність до проведення математичного і комп'ютерного моделювання, аналізу та обробки даних, обчислювального експерименту, розв'язання формалізованих задач за допомогою спеціалізованих програмних засобів;

ФК13: Здатність зрозуміти постановку завдання, сформульовану мовою певної предметної галузі, здійснювати пошук та збір необхідних вихідних даних;

ФК14: Здатність сформулювати математичну постановку задачі, спираючись на постановку мовою предметної галузі, та обирати метод її розв'язання, що забезпечує потрібні точність і надійність результату;

ФКС2: Здатність створювати та аналізувати математичні моделі, що відтворюють поведінку складних динамічних систем, елементів конструкцій;

ФКС3: Здатність до розробки та експлуатації складних програмних засобів, зокрема для CAD/CAE моделювання.

Результати навчання

згідно освітньої програми:

РН01: Демонструвати знання й розуміння основних концепцій, принципів, теорій прикладної математики і використовувати їх на практиці;

РН03: Формалізувати задачі, сформульовані мовою певної предметної галузі; формулювати їх математичну постановку та обирати раціональний метод вирішення; розв'язувати отримані задачі аналітичними та чисельними методами, оцінювати точність та достовірність отриманих результатів;

РН06: Володіти основними методами розробки дискретних і неперервних математичних моделей об'єктів та процесів, аналітичного дослідження цих моделей на предмет існування та єдиності їх розв'язку;

РН07: Вміти проводити практичні дослідження та знаходити розв'язок некоректних задач;

РН08: Поєднувати методи математичного та комп'ютерного моделювання з неформальними процедурами експертного аналізу для пошуку оптимальних рішень;

РН12: Розв'язувати окремі інженерні задачі та/або задачі, що виникають принаймні в одній предметній галузі: в соціології, економіці, екології та медицині;

РН13: Використовувати в практичній роботі спеціалізовані програмні продукти та програмні системи комп'ютерної математики;

РНС2: Вміти створювати та аналізувати математичні моделі, що відтворюють поведінку складних динамічних систем, елементів конструкцій;

РНС3: Вміти розробляти та експлуатувати складні програмні засоби, зокрема для CAD/CAE моделювання.

Обсяг дисципліни

Загальний обсяг дисципліни 5 кредитів / 150 год.: 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 8, 9. Математичний аналіз; СП 2. Аналітична геометрія; СП 4. Лінійна алгебра;
СП 3. Алгоритмізація та програмування; СП 8. Теоретична та аналітична механіка;
СП 12. Обчислювальні методи; СП 18, 21. Теоретичні основи моделювання фізичних процесів;
СП 20. Програмні засоби моделювання фізичних процесів; СП 23. Теорія динамічних процесів.

Особливості дисципліни, методи та технології навчання

В рамках курсу «Програмні засоби моделювання фізичних процесів» (7 семестр) 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

МОДУЛЬ 1. Лекційні заняття (Лк) 2,5 кредити / 32 год. «ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ РОЗВ'ЯХАННЯ ЗАДАЧ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ, ТЕРМОПРУЖНОСТІ, СТІЙКОСТІ ТА ДИНАМІКИ В ПРОГРАМНОМУ КОМПЛЕКСІ ANSYS MECHANICAL APDL»

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

Немає.

Теми лабораторних робіт

МОДУЛЬ 2. Лабораторні заняття (Лб) 2,5 кредити / 32 год. «КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЙ ТА ПРОВЕДЕННЯ ЛІНІЙНИХ І НЕЛІНІЙНИХ ІНЖЕНЕРНИХ АНАЛІЗІВ В ANSYS MECHANICAL APDL» (на одному занятті за 2 год. розглядається по 1 темі)

Тема 1. Розв'язання задач теплопровідності та термпружності 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 термпружності 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 термдеформацій

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 вимушених 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 вимушених 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 вимушених 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 вимушених 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). Аналіз нестационарних вимушених коливань конструкції в ПК ANSYS Mechanical APDL при різних модельних навантаженнях. Оцінка динамічної відгуку.

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 – 12 год.
2. Основні поняття, рівняння та методи теорії стійкості дискретних систем – 12 год.
3. Основні відомості про пластичність матеріалів, поняття, рівняння та методи теорії пластичності – 12 год.
4. Забезпечення аудиторних занять (опрацювання лекційного матеріалу та оформлення звітів за результатами лабораторних робіт) – 16 год.
5. Забезпечення індивідуальних завдань (виконання індивідуальних розрахункових завдань та їх оформлення) – 24 год.
6. Забезпечення семестрового контролю (підготовка до модульного контролю) – 10 год.

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. Чернігів: 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., Візняк 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 оболонки. 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., Галагура 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

Змістовий модуль 1 (Лк) – 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).

Змістовий модуль 2 (Лб) – 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

Дата погодження, підпис
29.08.2023

Завідувач кафедри
Олексій ВОДКА

Дата погодження, підпис
29.08.2023

Гарант ОП
Геннадій ЛЬВОВ