



## 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**  
6

**Мова викладання**  
Українська

## Викладачі, розробники



**Мартиненко Геннадій Юрійович**  
(відповідальний лектор та викладач лабораторного практикуму)

[gennadii.martynenko@khpі.edu.ua](mailto: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, а саме міцності в лінійній постановці при статичних навантаженнях, в обсязі достатньому для застосування в практичній професійній діяльності. Розглянуто усі етапи статичного міцнісного аналізу конструкцій, а саме: геометричне та скінченноелементне моделювання, використання різних видів постановок задач та відповідних їм типів скінченних елементів, побудова розрахункової моделі з граничними умовами та навантаженнями різних типів, врахування різних видів симетрії для зниження розмірності задачі та коректного розв'язання, вибір різних типів розв'язувачів заснованих на прямих та ітераційних алгоритмах, виведення результатів розрахунку переміщень, деформацій та напружень у векторному вигляді або у вигляді ізоповерхонь з різними налаштуваннями, оцінка якості скінченноелементної моделі з точки зору прийнятної похибки чисельних результатів за допомогою вбудованих в пакет засобів, оцінка результатів статичного конструкційного аналізу та розв'язання задачі статичної міцності з 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 задач статичної міцності при різних конфігураціях навантажень та граничних умов.

Цілями викладання дисципліни є: надання студентам поглиблених знань про способи та програмні засоби розв'язання механічних задач статичної міцності; 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 міцності. При розв'язанні більшості таких задач основну трудомісткість займає визначення напружено-деформованого стану, тому підвищена увага приділяється розв'язанню задач в лінійній постановці 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 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 потрібну 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; формувати 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 4 кредити / 120 год.: лекції – 32 год., лабораторні роботи – 32 год., самостійна робота – 56 год.

## Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)

Вивчення курсу базується на відомостях (поняття, постановки, підходи та методи програмування, математичного аналізу, моделювання та механіки деформівного твердого тіла), що розглядаються в дисциплінах навчального плану:

ЗП 8. Математичний аналіз;	ЗП 9. Математичний аналіз;
СП 2. Аналітична геометрія;	СП 3. Алгоритмізація та програмування;
СП 4. Лінійна алгебра;	СП 8. Теоретична та аналітична механіка;
СП 12. Обчислювальні методи;	СП 18. Теоретичні основи моделювання фізичних процесів.

## Особливості дисципліни, методи та технології навчання

В рамках курсу «Програмні засоби моделювання фізичних процесів» (6 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 лінійних фізичних процесів з метою

оцінки міцності 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 кредити / 32 год. «ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ МОДЕЛЮВАННЯ ОБ'ЄКТІВ І КВАЗИСТАТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ У ПРОГРАМНОМУ КОМПЛЕКСІ ANSYS MECHANICAL APDL»**

**Тема 1. Загальна характеристика програмного комплексу ANSYS Mechanical APDL:**

1. Введення в програмні комплекси (ПК) моделювання і розв'язання задач динаміки та міцності конструкцій. 2. Основна термінологія програмних комплексів. 3. Призначення та основні функціональні можливості ПК ANSYS Mechanical APDL.

**Тема 2. Загальна характеристика програмного комплексу ANSYS Mechanical APDL:**

1. Організація програмного комплексу ANSYS Mechanical APDL. 2. Попередня підготовка і порядок входу в різні режими пакета ANSYS Mechanical APDL. 3. Організація графічного інтерфейсу користувача в ПК ANSYS Mechanical APDL, призначення вікон. 4. Етапи аналізу і головне меню (MAIN Menu).

**Тема 3. Препроцесінг. Побудова геометрії конструкцій у комп'ютерній системі ANSYS Mechanical APDL:**

1. Попередня підготовка. 2. Препроцесінг в ПК ANSYS Mechanical APDL. 3. Побудова моделі конструкції.

**Тема 4. Препроцесінг. Побудова геометрії конструкцій у комп'ютерній системі ANSYS Mechanical APDL:**

1. Побудова геометричної моделі в ПК ANSYS Mechanical APDL. 2. Моделювання «зверху-вниз» (поняття геометричного примітива, їхні типи, побудова). 3. Моделювання «знизу-вгору» (особливості побудови базових геометричних примітивів - точок, кривих, поверхонь та об'ємів).

**Тема 5. Препроцесінг. Побудова геометрії конструкцій у комп'ютерній системі ANSYS Mechanical APDL:**

1. Побудова геометрії за допомогою операцій булевої алгебри в ПК ANSYS Mechanical APDL.

**Тема 6. Препроцесінг. Побудова геометрії конструкцій у комп'ютерній системі ANSYS Mechanical APDL:**

1. Побудова геометрії конструкції в ПК ANSYS Mechanical APDL за допомогою операцій витягування, обертання, переміщення, копіювання, відбиття та масштабування. 2. Редагування геометрії. 3. Імпорт моделі з інших CAD-систем.

**Тема 7. Побудова достовірної скінченноелементної моделі конструкції в ANSYS Mechanical APDL та аналіз статичної міцності:**

1. Типова послідовність дій при побудові скінченноелементних моделей реальних конструкцій. 2. Загальні положення теорії пружності. Ідея та область застосування методу скінченних елементів (МСЕ). 3. Статичний аналіз в ПК ANSYS Mechanical APDL (Static Structural Analysis) та задача статичної міцності.

**Тема 8. Побудова достовірної скінченноелементної моделі конструкції в ANSYS Mechanical APDL та аналіз статичної міцності:**

1. Бібліотека скінчених елементів (CE) ПК ANSYS Mechanical APDL. 2. Скінченноелементне моделювання в ПК ANSYS Mechanical APDL стрижневих і балкових конструкцій та двовимірної задачі теорії пружності (плоский напружений стан, плоска деформація, вісесиметрична постановка).

**Тема 9. Побудова достовірної скінченноелементної моделі конструкції в ANSYS Mechanical APDL та аналіз статичної міцності:**

1. Скінченноелементне моделювання пластин й оболонок та об'ємних тіл в ПК ANSYS Mechanical APDL. 2. Послідовність дії при побудові скінченноелементної сітки в ПК ANSYS Mechanical APDL.

**Тема 10. Побудова достовірної скінченноелементної моделі конструкції в ANSYS Mechanical APDL та аналіз статичної міцності:**

1. Вибір об'єктів, компоненти, складання в ПК ANSYS Mechanical APDL. 2. Скінченноелементна розбивка за допомогою графічного інтерфейсу користувача. 3. Меню-пульт розбивки на CE.

4. Команди, що керують опціями розбивки геометричної моделі на СЕ. 5. Методика побудови скінченноелементної сітки. 6. Присвоєння атрибутів геометричним примітивам. 7. Установка режиму контролю за розбивкою на СЕ. 8. Команди для розбивки і контролю за розбивкою на СЕ. 9. Команди перенумерації та злиття об'єктів.

**Тема 11. Побудова достовірної скінченноелементної моделі конструкції в ANSYS Mechanical APDL та аналіз статичної міцності:**

1. Методика та методи побудови скінченноелементної сітки в ПК ANSYS Mechanical APDL. 2. Побудова довільної (free) сітки. 3. Побудова упорядкованої (mapped) сітки. 4. Побудова сітки методом екструзії.

**Тема 12. Побудова достовірної скінченноелементної моделі конструкції в ANSYS Mechanical APDL та аналіз статичної міцності:**

1. Методика та методи побудови скінченноелементної сітки в ПК ANSYS Mechanical APDL. 2. Безпосереднє створення скінченноелементної моделі. 3. Модифікація сітки. 4. Імпорт скінченноелементної моделі з іншої CAE-системи.

**Тема 13. Побудова достовірної скінченноелементної моделі конструкції в ANSYS Mechanical APDL та аналіз статичної міцності:**

1. Задання граничних умов та статичних навантажень в ПК ANSYS Mechanical APDL. 2. Вибір типу аналізу та його опцій в ПК ANSYS Mechanical APDL.

**Тема 14. Побудова достовірної скінченноелементної моделі конструкції в ANSYS Mechanical APDL та аналіз статичної міцності:**

1. Чисельні методи розв'язання задач МСЕ та розв'язувачі в ПК ANSYS Mechanical APDL, засновані на цих методах. 2. Вибір, застосування та налаштування розв'язувачів для різних видів скінченноелементних моделей. 3. Розв'язання задачі статички (запуск на рахунок).

**Тема 15. Побудова достовірної скінченноелементної моделі конструкції в ANSYS Mechanical APDL та аналіз статичної міцності:**

1. Постпроцесінг в ПК ANSYS Mechanical APDL. 2. Загальний постпроцесор та постпроцесор історії навантаження. 3. Виведення та збереження результатів розрахунку в текстовому та графічному форматах, способи та налаштування.

**Тема 16. Побудова достовірної скінченноелементної моделі конструкції в ANSYS Mechanical APDL та аналіз статичної міцності:**

1. Оцінка вірогідності результатів, а також похибки чисельного розрахунку, що обумовлена сітковою дискретизацією, за допомогою вбудованих в ПК ANSYS Mechanical APDL засобів. 2. Аналіз результатів статичного розрахунку.

## **Теми практичних занять**

Немає.

## **Теми лабораторних робіт**

**МОДУЛЬ 2. Лабораторні заняття (ЛБ) 2 кредити / 32 год. «КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЙ ТА АНАЛІЗ ЇХ МІЦНОСТІ ПРИ СТАТИЧНИХ НАВАНТАЖЕННЯХ В ANSYS MECHANICAL APDL» (на одному занятті за 2 год. розглядається по 1 темі)**

**Тема 1. Загальна характеристика програмного комплексу ANSYS Mechanical APDL:**

1. Моделювання стрижневої конструкції за допомогою методу висхідного моделювання (зверху-вниз) в ПК ANSYS Mechanical APDL. 2. Використання геометричних примітивів типу точка, лінія.

**Тема 2. Загальна характеристика програмного комплексу ANSYS Mechanical APDL:**

1. Моделювання перерізу стандартного профіля за допомогою методу висхідного моделювання в ПК ANSYS Mechanical APDL. 2. Створення поверхні по замкнутому контуру.

**Тема 3. Препроцесінг. Побудова геометрії конструкцій у комп'ютерній системі ANSYS Mechanical APDL:**

1. Твердотільне моделювання плоских профілів в ПК ANSYS Mechanical APDL за допомогою методу низхідного моделювання (знизу-вгору). 2. Застосуванням плоских примітивів та булевих операцій.

**Тема 4. Препроцесінг. Побудова геометрії конструкцій у комп'ютерній системі ANSYS Mechanical APDL:**



1. Твердотільне моделювання об'ємних елементів конструкцій в ПК ANSYS Mechanical APDL за допомогою методу низхідного моделювання. 2. Застосування об'ємних примітивів та булевих операцій.

**Тема 5. Препроцесінг. Побудова геометрії конструкцій у комп'ютерній системі ANSYS Mechanical APDL:**

1. Твердотільне моделювання об'ємних конструкцій в ПК ANSYS Mechanical APDL із застосуванням об'ємних примітивів, булевих операцій і операцій копіювання, відбиття.

**Тема 6. Препроцесінг. Побудова геометрії конструкцій у комп'ютерній системі ANSYS Mechanical APDL:**

1. Твердотільне моделювання об'ємних конструкцій в ПК ANSYS Mechanical APDL із застосуванням об'ємних примітивів, булевих операцій та операцій обертання, масштабування, переміщення, копіювання і відображення.

**Тема 7. Побудова достовірної скінченноелементної моделі конструкції в ANSYS Mechanical APDL та аналіз статичної міцності:**

1. Безпосереднє створення скінченноелементної моделі в ПК ANSYS Mechanical APDL.

2. Розв'язання задачі про плоский вигин балок. 3. Побудова епюр перерізувальних сил, згинальних моментів та напружень.

**Тема 8. Побудова достовірної скінченноелементної моделі конструкції в ANSYS Mechanical APDL та аналіз статичної міцності:**

1. Побудова вільної плоскої скінченноелементної сітки в ПК ANSYS Mechanical APDL. 2. Статичний аналіз – розв'язання плоскої задачі (плоский напружений стан) для кронштейну. 3. Визначення та відображення параметрів напружено-деформованого стану (НДС), перевірка умов міцності.

**Тема 9. Побудова достовірної скінченноелементної моделі конструкції в ANSYS Mechanical APDL та аналіз статичної міцності:**

1. Побудова вільної скінченноелементної сітки в ПК ANSYS Mechanical APDL з використанням лінійних і квадратичних плоских SE. 2. Статичний аналіз – розв'язання плоскої задачі (плоский напружений стан) для пластини з отвором. 3. Визначення та відображення параметрів НДС, перевірка умов міцності.

**Тема 10. Побудова достовірної скінченноелементної моделі конструкції в ANSYS Mechanical APDL та аналіз статичної міцності:**

1. Розбивка об'ємної (тривимірної) моделі на неспільні області, постановка умов спільності деформацій та умов симетрії. 2. Побудова об'ємної впорядкованої скінченно-елементної сітки стандартно та із застосуванням методу екструзії плоских SE. 3. Застосування SE поверхневих ефектів для задання односпрямованого розподіленого навантаження. 4. Статичний аналіз в загальній постановці для об'ємних елементів конструкцій. 5. Визначення та відображення параметрів НДС, перевірка умов міцності.

**Тема 11. Побудова достовірної скінченноелементної моделі конструкції в ANSYS Mechanical APDL та аналіз статичної міцності:**

1. Побудова впорядкованої скінченноелементної сітки фрагмента балково-оболонкової конструкції. 2. Прикладання гідростатичного тиску. 3. Статичний аналіз в загальній постановці елементів конструкцій, що можуть бути змодельовані як для балково-оболонкові. 4. Визначення та відображення параметрів НДС, перевірка умов міцності.

**Тема 12. Побудова достовірної скінченноелементної моделі конструкції в ANSYS Mechanical APDL та аналіз статичної міцності:**

1. Моделювання твердотільних та оболонкових вісесиметричних конструкцій з вісесиметричними граничними умовами та навантаженнями. 2. Побудова довільної та впорядкованої скінченноелементної сітки. 3. Статичний аналіз – розв'язання задачі в вісесиметричній постановці. 4. Визначення та відображення параметрів НДС, перевірка умов міцності.

**Тема 13. Побудова достовірної скінченноелементної моделі конструкції в ANSYS Mechanical APDL та аналіз статичної міцності:**

1. Побудова скінченноелементної сітки об'ємної (тривимірної) криволінійної стрижневої конструкції методом екструзії. 2. Статичний аналіз в загальній постановці об'ємних елементів конструкцій при декількох варіантах конфігурації навантаження – розв'язання задачі при покроковому додатку статичного навантаження. 3. Визначення та відображення параметрів НДС, перевірка умов міцності.

**Тема 14. Побудова достовірної скінченноелементної моделі конструкції в ANSYS Mechanical APDL та аналіз статичної міцності:**

1. Побудова в ПК ANSYS Mechanical APDL «грубої» та точної впорядкованої скінченноелементної сітки. 2. Статичний аналіз в загальній постановці об'ємних елементів конструкцій при різних варіантах сіткового розбиття різними SE. 3. Оцінка похибки чисельних результатів різними методами.

**Тема 15. Побудова достовірної скінченноелементної моделі конструкції в ANSYS Mechanical APDL та аналіз статичної міцності:**

*Модульний контроль №1.*

Презентація та захист індивідуального розрахункового завдання, присвяченого дослідженню міцності балкових або оболонкових елементів конструкцій, із застосуванням ПК ANSYS Mechanical APDL.

**Тема 16. Побудова достовірної скінченноелементної моделі конструкції в ANSYS Mechanical APDL та аналіз статичної міцності:**

*Модульний контроль №2.*

Презентація та захист індивідуального розрахункового завдання, присвяченого дослідженню міцності об'ємних елементів конструкцій, із застосуванням ПК ANSYS Mechanical APDL.

## Самостійна робота

1. Самостійне вивчення тем та питань, які не викладаються на лекційних заняттях, за наданими методичними вказівками: основні співвідношення теорії пружності між напруженнями і деформаціями використовувати при розв'язанні задач різних класів; використання стрижневих, балкових, плоских та об'ємних скінчених елементів з різними функціями форм – 6 год.
2. Забезпечення аудиторних занять (опрацювання лекційного матеріалу та оформлення звітів за результатами лабораторних робіт) – 16 год.
3. Забезпечення індивідуальних завдань (виконання індивідуальних розрахункових завдань та їх оформлення) – 24 год.
4. 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. Загорулько 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 скінчених елементів: навч. посіб. Чернівці: ЧДТУ, 2007. 288 с. (<http://ir.stu.cn.ua/jspui/bitstream/123456789/11250/1/%D0%94%D1%83%D0%B1%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%86%D1%8C%D0%92%D0%93.%D0%9E%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B8%20%D0%9C%D0%A1%D0%95.pdf>)
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. 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. Бабенко А.Є., Бобир М.І., Бойко С.Л., Боронко О.О. Теорія пружності. Ч. 1 [Електронний ресурс]: підручник. Київ: Основа, 2009. 244 с. (<https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/15853/1/N-book.pdf>)
2. Карвацький А.Я. Механіка суцільних середовищ [Електронний ресурс]: навч. посіб. К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2016. 290 с. (<https://core.ac.uk/download/pdf/81629729.pdf>)
3. 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/123456789/2241/1/%D0%9D%D0%9F.pdf>)

4. Тарасевич Ю.Я. Теорія пружності: конспект лекцій. Частина 1 Напружено-деформований стан у точці тіла. Плоска задача теорії пружності в декартових координатах. Суми: Вид-во СумДУ, 2010. 116 с. (<https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/493/1/Teoriya.pdf>)

5. Zienkiewicz O.C., Taylor R.L. and Zhu J.Z. The Finite Element Method: Its Basis and Fundamentals. Butterworth-Heinemann, Sixth edition, 2013. 802 p.

6. Suli E. Lecture Notes on Finite Element Methods for Partial Differential Equations. Mathematical Institute University of Oxford, 2020. 106 p. (<https://people.maths.ox.ac.uk/suli/fem.pdf>)

7. 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 (2 теоретичні розгорнутих питання та практичне завдання на розв'язання задачі статичної міцності конструкції – максимум 15 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