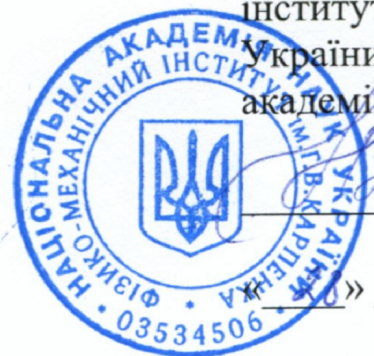




ЗАТВЕРДЖЕНО

Директор Фізико-механічного  
інституту ім. Г.В. Карпенка НАН  
України  
академік НАН України

Зіновій Назарчук

«жовтня» 2022 р.

М.П.

## Силабус

для вивчення дисципліни «Метод скінченних елементів у механіці  
руйнування» для аспірантів, спеціальність 113 «Прикладна математика»  
Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України.

**1. Іваницький Ярослав Лаврентійович, завідувач лабораторією, д.т.н., проф.**

Контактний телефон: (032) 2296544; E-mail: [ivanytskii@gmail.com](mailto:ivanytskii@gmail.com)

*Наукові інтереси:* механіка деформівного твердого тіла; механіка руйнування.

**Чепіль Ольга Ярославівна, кандидат технічних наук, науковий співробітник**

Контактний телефон: (032)2296374; E-mail: [oljach0409@gmail.com](mailto:oljach0409@gmail.com)

*Наукові інтереси:* механіка деформівного твердого тіла; метод скінченних елементів; механіка руйнування.

**2. Назва, код дисципліни та кількість кредитів.**

«Метод скінченних елементів у механіці руйнування» спеціальність 113  
«Прикладна математика», код: 113, кількість кредитів – 2.

**3. Місце проведення навчальної дисципліни та час.**

ФМІ НАН України (ГК, кім. 67, 35); відповідно до розкладу.

**4. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою).**

Дисципліна «Метод скінченних елементів у механіці руйнування» має міждисциплінарний характер. При її вивченні використовуються теоретичні концепції таких областей знань, як прикладна механіка та матеріалознавство, прикладна математика та інформаційні технології CAD/CAE систем, за допомогою яких обчислюються деформації конструкції, механічні напруження структурних компонентів, сили реакцій опорних елементів, функціональна стабільність елементів конструкції для її життєвого циклу. За структурно-логічною схемою програми підготовки доктора філософії дисципліна тісно пов'язана з іншими дисциплінами професійної підготовки та вибірковими дисциплінами. Аспірант отримає необхідні теоретичні знання та практичні навички для практичного застосування: – основних положень і висновків теорії прикладної механіки та математичного моделювання; – сучасних методів проектування та чисельних розрахунків машин і конструкцій; – використання інформаційних технологій і CAD/CAE систем у вирішенні конкретних технічних завдань. Отримані практичні навички та засвоєні теоретичні знання під час вивчення навчальної дисципліни «Метод скінченних елементів у механіці руйнування» можна використовувати у подальшому під час опанування навчальних дисциплін з вибірових дисциплін освітньо-наукової програми «Прикладна математика» та безпосередньо при виконанні досліджень, передбачених тематикою дисертаційної роботи. Необхідні навички: 1) цілеспрямоване застосування базових знань в області прикладної математики та природничих наук в професійній діяльності; 2) уміння застосовувати сучасні інформаційні системи та методи розрахунку для оцінювання міцності та довговічності конструктивних елементів.

## **5. Програма навчальної дисципліни.**

### **5.1 Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання.**

**Мета дисципліни.** Метою навчальної дисципліни «Метод скінченних елементів у механіці руйнування» є формування у аспірантів компетенцій та професійної здатності майбутньої самостійності фахової діяльності по практичному застосуванню сучасних методів та комп'ютерних технологій в чисельних розрахунках машин і конструкцій, з урахуванням нелінійного характеру деформування, накопичення пошкоджень матеріалів та деградації металів, інформаційних систем та технологій для дослідження динаміки, міцності та надійності машин і конструкцій. Результатом навчання є практичне застосування математичних методів та автоматизованих програмних засобів для розв'язання задач науково-інженерного характеру на основі сучасних інформаційних CALS-технологій з використанням

персональних комп'ютерів та програмного забезпечення задач прикладної механіки в універсальних CAD/CAM/CAE/PDM системах для геометричного моделювання та скінченно елементного аналізу машинобудівних конструкцій і машин та їх структурних елементів.

**Предмет дисципліни.** Вивчення дисципліни передбачає оволодіння наступними питаннями:

1. Застосування державних та галузевих стандартів при моделюванні та обчисленні конструкційних елементів.
2. Вивчення міжнародних форматів обміну технічною інформацією (STEP) та форматів обміну даних для геометричних моделей об'єктів дослідження (Parasolid, JGES).
3. Математичні моделі, обчислювальні методи та імітаційне моделювання фізичних процесів в прикладній математиці.
4. Проекційно-сіткові методи скінченних різниць та скінченних елементів та їх застосування в розв'язках задач прикладної механіки
5. Формулювання крайових та початково-крайових задач механіки суцільного середовища
6. Головні, натуральні та початкові граничні умови.
7. Чисельний експеримент. Вхідні та вихідні дані для розв'язків задач прикладної математики із застосуванням проекційно-сіткових методів.
8. Функціональне забезпечення комерційного програмного коду для проведення чисельних розв'язків задач конструкційної міцності та динаміки.
9. Застосування інформаційних технологій та алгоритмів чисельних розрахунків на міцність, жорсткість, стійкість конструкцій та функціональну надійність машин при термосилових навантаженнях різної фізичної природи в учбових версіях систем високого рівня ANSYS WB.
10. Валідація та верифікація даних імітаційного моделювання фізичних процесів в розв'язках задач прикладної математики.

**Програмні результати навчання:** За результатами вивчення навчальної дисципліни аспіранти мають опанувати визначення, основні принципи і методи проектування і розрахунку машин та конструкцій, 3D адитивних технологій, здобути практичні навички з використання єдиного інформаційного середовища проектування та інженерного аналізу і виготовлення елементів конструкцій складних технічних систем та їх експлуатації з використанням CALS-технологій, проекційно-сіткових методів для розв'язання прикладних задач, застосування CAD/CAE систем високого рівня для автоматизації виконання інженерних робіт, державних та галузевих стандартів при проектуванні та оцінці несучої спроможності конструкцій.

**Знання:**

1. Основи прикладної математики;
2. Чисельні та аналітичні методи розрахунку міцності, жорсткості, стійкості та довговічності елементів конструкцій і машин;
3. Основні види термосилових і кінематичних навантажень конструкцій і машин та їх просторово-часові особливості;
4. Фізико-механічні властивості матеріалів;
5. Вимоги галузевих стандартів, що пред'являються при розробці виробів.

**Уміння :**

7. Аналізувати і розробляти структурні та кінематичні схеми роботи механізмів і машин;
8. Розробляти розрахункові схеми конструкцій для оцінки несучої здатності типових виробів;
9. Ідентифікувати фізико-механічні властивості матеріалів конструкцій для їх імітаційних моделей;
10. Вибирати раціональний вид апроксимації жорсткісних та інерційно-масових характеристик в імітаційній моделі конструкції;
11. Виконувати чисельні розрахунки на міцність, жорсткість, стійкість елементів конструкцій із застосуванням інформаційних технологій.

**6. Зміст навчальної дисципліни**

Програмні результати навчання, контрольні заходи та терміни виконання оголошуються аспірантам на першому занятті.

**Тема 1.** Геометричне моделювання в системі ANSYS WB. Управління проектом.

**Тема 2.** Створення ескізу-sketcher і головні завдання в системі ANSYS WB. Робоче середовище.

**Тема 3.** Створення деталі - part design.

**Тема 4.** Збірка деталей - assembly design

**Тема 5.** Створення стінок на твердотільній моделі - sheet metal production.

**Тема 6.** Створення елементів каркасної конструкції - wireframe and surface.

**Тема 7.** Інженерний аналіз композитних конструкцій в системі ANSYS.

**Тема 8.** Побудова інтерфейсу системи ANSYS WB.

**Тема 9.** ANSYS WB / ANSYS ADPL. Інструментальна підтримка функцій генератора сітки скінченних елементів.

**Тема 10.** CAE системи. Інженерний аналіз конструкцій в системі

ANSYS APDL.

**Тема 11.** Інженерний аналіз конструкцій в системі ANSYS WB.  
Постпроцесорна обробка даних результатів розрахунків

**Тема 12.** Інженерний аналіз імітаційних моделей конструкцій в системі ansys wb.

**Тема 13.** Інженерний аналіз конструкцій в системі ANSYS WB.  
Динамічний аналіз

**Тема 14.** Інженерний аналіз механічних конструкцій в системі ANSYS WB.

**Тема 15.** Інженерний аналіз характеристик довговічності елементів конструкцій механічних систем в програмі ANSYS WB.

**Тема 16.** Інженерний аналіз конструкцій в програмах ANSYS WB.  
Задачі термопружності

**Тема 17.** Інженерний аналіз пружно-пластичного стану конструкцій в системі ANSYS APDL.

**Тема 18.** Інженерний аналіз коливань в системі ANSYS WB.

**Тема 19.** Інженерний аналіз процесу навантаження конструкцій в системі ANSYS WB.

**Тема 20.** Твердотільне імітаційне моделювання динаміки руху контактуючих елементів конструкцій в підсистемі rigid dynamics системи ansys wb.

**Тема 21.** Інженерний аналіз конструкцій при динамічних навантаженнях в системі ANSYS AUTODYN.

**Тема 22.** Особливості аналізу конструкцій в системі ANSYS WB при дії сейсмічного навантаження.

**Тема 23.** Інженерний аналіз фермових конструкцій в системі ANSYS WB.

## **7. Навчальні матеріали та ресурси**

### **Базова література:**

1. Маланчук В.О., Крищук М.Г., Копчак А.В. Імітаційне комп'ютерне моделювання в щелепно-лицевій хірургії. – К.: Видавничий дім «Асканія», 2013.- 231с

2. CAD/CAM/CAE/PDM системи та інформаційні CALS-технології для автоматизованих інженерних розрахунків у машинобудуванні / О.С.Цибенко, М.Г Крищук. Методичні вказівки до вивчення дисциплін «Сучасні технології проектування» та «Системи автоматизованих інженерних розрахунків» НТУУ «КПІ», 2008.–90с

3. Крищук М.Г., Трубін А.В., Тертишна Н., Єщенко В.О. Робота в програмному продукті CATIA. Загальні відомості. Методичні вказівки до

виконання комп'ютерного практикуму з дисципліни «Інформаційні технології та системи авіабудування» та «Сучасні системи проектування» – К.: НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського», 2017. – Частина 1. – 78 с. [Електронний ресурс]: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/20081>

4. Проектування виробів в системі САПР. Створення ескізів в модулі "Sketcher": Методичні вказівки до виконання комп'ютерного практикуму з дисципліни «Інформаційні технології та системи авіабудування» та «Сучасні системи проектування»/ М. Г. Крищук, А. В. Трубін, Н. Ф. Тертишна, В. О. Єщенко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського, ДП "КБ "Південне" ім. М. К. Янгеля". – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – Частина 2. – 102 с. [Електронний ресурс]: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/20082>

5. Проектування моделей деталей засобами програмного продукту САПР. Методичні вказівки до виконання комп'ютерного практикуму з дисципліни «Інформаційні технології та системи авіабудування» та «Сучасні системи проектування» / М. Г. Крищук, А. В. Трубін, Н. Ф. Тертишна, В. О. Єщенко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського, ДП "КБ "Південне" ім. М. К. Янгеля". – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – Частина 3. – 112 с. [Електронний ресурс]: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/20083>

6. Скінченно-елементна дискретизація моделей деталей засобами програмного продукту САПР / М. Г. Крищук, А. В. Трубін, Н. Ф. Тертишна, В. О. Єщенко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського, ДП "КБ "Південне" ім. М. К. Янгеля". – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – Частина 4. – 93 с. [Електронний ресурс]: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/20084>

7. Оптимізація вузлів і деталей верстатів та машин за допомогою модуля "Анализ напряжений" Autodesk Inventor: Навч. посібник / В.М. Гейчук, К.М. Рудаков. – К.: НТУУ "КПІ", 2016. – 176 с. [Електронний ресурс]: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/15414>

#### **Додаткова література :**

1. Теорія коливань і стійкості руху. Підручник / Василенко М.В., Алексейчук О.М.- К.: Вища школа, 1993 – 655с
2. Опір матеріалів Підручник / Писаренко Г.С., Квітка О.Л., Уманський Е.С. - К.: Вища школа, 2008.- 655с
3. Теорія пружності . Частина 1. Підручник / Бабенко А.Є., Бобир М.І., Бойко С.Л., Боронко О.О.- Основа, 2009.- 244с

#### **8. Контроль знань**

В основі методів контролю знань використовують поточне індивідуальне опитування та екзаменаційну оцінку.

Екзамен включає відповіді на шість питань: три питання з

екзаменаційного білету та три додаткових питання. Оцінка відповідей на питання: – з екзаменаційного білету 25%; – додаткові 7%. Оцінка за індивідуальне опитування – до 4%.

### Шкала оцінювання: національна та ECTS

| Сума балів<br>за навчальну<br>діяльність | Оцінка<br>ECTS | Оцінка за національною<br>шкалою                                    |
|------------------------------------------|----------------|---------------------------------------------------------------------|
| 90–100                                   | +A, A, -A      | відмінно                                                            |
| 82–89                                    | +B, B, -B      | добре                                                               |
| 74–81                                    | +C, C, -C      | задовільно                                                          |
| 64–73                                    | +D, D, -D      |                                                                     |
| 60–63                                    | E              | незадовільно з можливістю<br>повторного<br>складання іспиту         |
| 35–59                                    | FX             | незадовільно з обов'язковим<br>повторним<br>вивченням<br>дисципліни |
| 0–34                                     | F              |                                                                     |

**ПОГОДЖЕНО**

Завідувачка випускової кафедри



Д.Т.Н., СТ.Н.С.

**Оксана ГЕМБАРА**