



# Дизайн та експлуатаційні характеристики технічних об'єктів

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Третій (освітньо-науковий)
Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	131 Прикладна механіка
Освітня програма	Прикладна механіка
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	очна (денна), вечірня
Рік підготовки	2 курс
Обсяг дисципліни	5 кредити ЄКТС
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен
Розклад занять	За розкладом <a href="http://rozklad.kpi.ua">http://rozklad.kpi.ua</a>
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н., Парненко Валерія Сергіївна, v.parnenko@kpi.ua
Розміщення курсу	<a href="https://campus.kpi.ua">https://campus.kpi.ua</a>

### Програма навчальної дисципліни

#### 1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчання та результати навчання

Навчальна дисципліна «Дизайн та експлуатаційні характеристики технічних об'єктів» є прикладною дисципліною, що вивчає методологію ефективного використання сучасних програм автоматизованого дизайну технічних об'єктів та дослідження їхніх експлуатаційних характеристик. В процесі вивчення цієї дисципліни аспірант оволодіває системним підходом інтеграції таких елементів життєвого циклу виробу проектування та експлуатації.

Метою викладання навчальної дисципліни «Дизайн та експлуатаційні характеристики технічних об'єктів» є одержання знань та практичних навичок використанні сучасних програм автоматизованого дизайну технічних об'єктів та дослідження їхніх експлуатаційних характеристик.

Дисципліна відноситься до циклу професійної та практичної підготовки.

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

Навчальна дисципліна «Дизайн та експлуатаційні характеристики технічних об'єктів» складається з лекційних занять та лабораторно-комп'ютерних практикумів. Вона базується на навчальних дисциплінах «Математика», «Інформатика», «Основи автоматизованого проектування», «Механіка матеріалів і конструкцій», «теплотехніка», «Гідравліка» та є основою для забезпечення системності проектування об'єктів і процесів при виконанні наукових досліджень і розробок аспірантами за освітньо-науковою програмою «ІЗІ - прикладна механіка».

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

*Тема 1 Вступ. Основи дизайну технічних об'єктів та дослідження їхніх експлуатаційних характеристик*

*Тема 2 Основні властивості та параметри середовища моделювання. Основи Autodesk Inventor Nastran*

*Тема 3 Основи аналізів*

*Тема 4 Статичні аналізи*

*Тема 5 Аналіз власної (модальної) частоти*

*Тема 6 Аналіз втрати стійкості*

*Тема 7 Аналіз тимчасових характеристик*

*Тема 8 Аналіз удару*

*Тема 9 Аналіз частотних відповідей*

*Тема 10 Аналіз випадкових відповідей*

*Тема 11 Аналіз на втому*

*Тема 12 Аналіз теплопередачі*

*Тема 13 Явні аналізи*

*Тема 14 Основи методу скінчених елементів*

*Тема 15 Практичні питання*

## **4. Навчальні матеріали та ресурси**

*Основна література:*

1. Gaurav Verma, Matt Weber. Basics of Autodesk Inventor Nastran 2022. CAD/CAM/CAE WORKS, USA, 2021. - 294 с.
2. Дубенець В.Г., Хільчевський В.В., Савченко О.В. Основи методу скінчених елементів: Навчальний посібник. – Чернігів: ЧДТУ, 2007. – 288 с.
3. Овчаренко В.А., Подлесний С.В., Зінченко С.М. Основи методу кінцевих елементів і його застосування в інженерних розрахунках: Навчальний посібник. – Краматорськ: ДДМА, 2008. – 380 с.

*Додаткова література:*

4. Up and Running with Autodesk Inventor Nastran 2023 - Simulation for Designers. Wasim Younis. Independently published (April 18, 2022). 274 p.
5. Autodesk Inventor Nastran 2021.1: Essentials: Autodesk Authorized Publisher Paperback. ASCENT, Center for Technical Knowledge (November 23, 2020). 456 p.
6. Карвацький А. Я. МЕТОД СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ У ЗАДАЧАХ МЕХАНІКИ СУЦІЛЬНИХ СЕРЕДОВИЩ. Лабораторний практикум з навчальної дисципліни. Київ. КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018

5. **Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)**

№ Лекції	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, завдання на СРС з посиланням на літературу)
<i>Тема 1 Вступ. Основи дизайну технічних об'єктів та дослідження їхніх експлуатаційних характеристик</i>	
<b>Лекція 1</b>	Вступ. Категорії завдань, для вирішення яких найчастіше застосовуються САЕ (computer aided engineering) системи. Архітектура і принцип роботи стандартного САЕ-пакета. СРС – Вивчення матеріалу теми 1. Література: [1], [4], [5]
<i>Тема 2 Основні властивості та параметри середовища моделювання. Основи Autodesk Inventor Nastran</i>	
<b>Лекція 2</b>	Функціонал Autodesk Inventor Nastran. Лінійні завдання. Нелінійні завдання. Теплообмін. Моделювання. Види аналізів, здійснюваних в Autodesk Inventor Nastran СРС – Вивчення матеріалу теми 2. Література: [1], [4], [5]
<i>Тема 3 Основи аналізів</i>	
<b>Лекція 3</b>	Аналіз методом кінцевих елементів (FEA). Загальна інформація. Який аналіз застосувати? Загальний огляд типів аналізу: Мультифізика, Порівняння непов'язаних та пов'язаних досліджень, Лінійний аналіз. Література: [1], [2], [3]
<b>Лекція 4</b>	Загальний огляд типів аналізу: Нелінійний аналіз. Тепловий аналіз. Література: [1], [4], [5]
<b>Лекція 5</b>	Загальний огляд типів аналізу: Аналіз течії рідини. Література: [1], [4], [5]
<b>Лекція 6</b>	Загальний огляд типів аналізу: Електростатичний аналіз. Масопередача. Виконання аналізу (огляд). Застосування матеріалу. Застосування обмеження. Застосування навантажень. Запуск аналізу. Література: [1], [4], [5]
<b>Лекція 7</b>	Початок аналізу. Налаштування за замовчуванням. Початок нового дослідження. Редагування параметрів аналізу. Імпорт даних з аналізу стресу. Застосування та редагування матеріалу Література: [1], [4], [5]
<b>Лекція 8</b>	Ідеалізація Література: [1], [4], [5]
<b>Лекція 9</b>	Застосування з'єднань між компонентами збірки: стрижневого з'єднання, кабельного з'єднання, пружинного з'єднання, з'єднання з жорстким корпусом, болтового з'єднання. Поверхня зміщення для створення компонентів оболонки. Пошук тонких. Створення середини. Управління структурними членами. Застосування обмежень. Застосування навантажень. Застосування сили. Література: [1], [4], [5]
<b>Лекція 10</b>	Застосування моментного навантаження. Застосування розподіленого навантаження. Гідростатичне навантаження. Застосування тиску і сили тяжіння. Застосування дистанційної сили. Застосування несучого навантаження. Застосування обертальної сили. Застосування навантаження примусового руху. Застосування початкової умови. Застосування температури тіла. Температура нанесення. Застосування теплової конвекції. Застосування теплового випромінювання. Застосування теплогенерації. Застосування

	теплогового потоку. Застосування навантажень на основі результатів аналізу. Застосування жорсткого руху (явне). Література: [1], [4], [5]
<b>Лекція 11</b>	Застосування автоматичних наборів контактів. Накладення контактів вручну. Визначення параметрів розв'язувача. Сітка. Визначення параметрів сітки. Параметри таблиці сітки. Створення сітки. Налаштування керування сіткою. Адаптивне змішування з використанням параметрів конвергенції. Література: [1], [4], [5]
<b>Лекція 12</b>	Запуск аналізу. Налаштування параметрів графіка. Параметри контуру. Варіанти деформації. Параметри перегляду розділу. Налаштування параметрів перегляду частини. Варіанти вектора. Параметри анімації. Параметри видимості. Використання пробника для перевірки результатів вузла. Варіанти результату. Завантаження результатів. Перемикання форми контуру. Деформована форма. Лінеаризація напруги. Створення файлу анімації результатів. Параметри видимості об'єкта. СРС – Вивчення матеріалу теми 3. Література: [1], [4], [5]
<b>Тема 4 Статичні аналізи</b>	
<b>Лекція 13</b>	Виконання лінійного статичного аналізу. Застосування матеріалу. Застосування ідеалізацій. Застосування обмежень. Застосування сили. Створення сітки. Запуск аналізу. Виконання лінійного статичного аналізу на збірці. Початок лінійного статичного аналізу. Застосування матеріалу. Застосування контактів. Застосування обмеження. Додавання навантажень. Налаштування сітки. Запуск аналізу. Виконання аналізу моделі каркаса. Література: [1], [4], [5]
<b>Лекція 14</b>	Виконання статичного аналізу попереднього напруження. Нелінійний статичний аналіз. Теорія нелінійного аналізу. Роль часу в нелінійному аналізі. Виконання нелінійного статичного аналізу. Нелінійні параметри налаштування. Орієнтація на матеріал. Підвипадки. Параметри розв'язувача Nastran. СРС – Вивчення матеріалу теми 4. Література: [1], [4], [5]
<b>Тема 5 Аналіз власної (модальної) частоти</b>	
<b>Лекція 15</b>	Виконання аналізу власної (модальної) частоти. Параметри модального налаштування. Виконання аналізу власної (модальної) частоти із додатковим навантаженням. Додавання концентрованої маси. СРС – Вивчення матеріалу теми 5. Література: [1], [4], [5]
<b>Тема 6 Аналіз втрати стійкості</b>	
<b>Лекція 16</b>	Виконання лінійного аналізу втрати стійкості. Виконання нелінійного аналізу втрати стійкості СРС – Вивчення матеріалу теми 6. Література: [1], [4], [5]
<b>Тема 7 Аналіз тимчасових характеристик</b>	
<b>Лекція 17</b>	Виконання прямого аналізу перехідних характеристик. Визначення параметрів демпфування. Визначення параметрів динамічного налаштування. Виконання перехідного аналізу модальної реакції. Виконання нелінійного аналізу перехідних характеристик. СРС – Вивчення матеріалу теми 7. Література: [1], [4], [5]
<b>Тема 8 Аналіз удару</b>	

<b>Лекція 18</b>	Виконання аналізу удару. Визначення параметрів удару. Ручний аналіз удару. СРС – Вивчення матеріалу теми 8. Література: [1], [4], [5]
<b>Тема 9 Аналіз частотних відповідей</b>	
<b>Лекція 19</b>	Виконання прямого аналізу частотних відповідей. Виконання аналізу модальних частотних відповідей. СРС – Вивчення матеріалу теми 9. Література: [1], [4], [5]
<b>Тема 10 Аналіз випадкових відповідей</b>	
<b>Лекція 20</b>	Виконання аналізу випадкових відповідей. Виконання аналізу спектру удару/реакції СРС – Вивчення матеріалу теми 10. Література: [1], [4], [5]
<b>Тема 11 Аналіз на втому</b>	
<b>Лекція 21</b>	Виконання багатоосьового аналізу втоми. Параметри втоми. Виконання аналізу вібраційної втоми. СРС – Вивчення матеріалу теми 11. Література: [1], [4], [5]
<b>Тема 12 Аналіз теплопередачі</b>	
<b>Лекція 22</b>	Важливі терміни, пов'язані з тепловим аналізом. Виконання лінійного усталеного аналізу теплопередачі. Виконання нелінійного аналізу теплопередачі в усталеному стані. Виконання аналізу нелінійного перехідного теплопередачі. СРС – Вивчення матеріалу теми 12. Література: [1], [4], [5]
<b>Тема 13 Явні аналізи</b>	
<b>Лекція 23</b>	Виконання явного динамічного аналізу. Застосування ідеалізації Shell. Застосування імпульсного навантаження. Виконання явного квазістатичного аналізу. СРС – Вивчення матеріалу теми 13. Література: [1], [4], [5]
<b>Тема 14 Основи методу скінчених елементів( FEA)</b>	
<b>Лекція 24</b>	Загальний опис методу. Коротке пояснення FEA для задачі аналізу навантаження. Метод скінчених елементів V/S Класичні методи. МКЕ проти методу скінчених різниць (FDM). Необхідність вивчення FEA. Попередження для користувачів пакету FEA. Геометричні розриви. Розрив навантажень. Розрив граничних умов. Розрив матеріалу. Сітка. Використання симетрії. Елементи вищого порядку V/S Refined Mesh. СРС – Вивчення матеріалу теми 14. Література: [2], [3], [6]
<b>Тема 15 Практичні питання</b>	
<b>25, 26, 27</b>	Практичні питання. Література: [6]

## 6. Самостійна робота студента/аспіранта

Самостійна робота передбачена за темами:

**Тема 1** Вступ. Основи дизайну технічних об'єктів та дослідження їхніх експлуатаційних характеристик

**Тема 2** Основні властивості та параметри середовища моделювання. Основи Autodesk Inventor Nastran

*Тема 3 Основи аналізів*

*Тема 4 Статичні аналізи*

*Тема 5 Аналіз власної (модальної) частоти*

*Тема 6 Аналіз втрати стійкості*

*Тема 7 Аналіз тимчасових характеристик*

*Тема 8 Аналіз удару*

*Тема 9 Аналіз частотних відповідей*

*Тема 10 Аналіз випадкових відповідей*

*Тема 11 Аналіз на втому*

*Тема 12 Аналіз теплопередачі*

*Тема 13 Явні аналізи*

*Тема 14 Основи методу скінчених елементів*

## Політика та контроль

### 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

#### Відвідування занять

Відвідування занять не є обов'язковим, фінальний рейтинговий бал студента формується виключно на основі оцінювання результатів навчання.

Проміжна атестація студентів (далі – атестація) є календарним рубіжним контролем. Метою проведення атестації є підвищення якості навчання студентів та моніторинг виконання графіка освітнього процесу студентами.

Критерій		Перша атестація	Друга атестація
Термін атестації		Тиждень 8	Тиждень 14
Умови отримання атестації	Поточний рейтинг	≥ 25 балів	≥ 45 балів

#### Академічна доброчесність

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

#### Норми етичної поведінки

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

#### Процедура оскарження результатів контрольних заходів

Студенти мають можливість підняти будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто згідно із наперед визначеними процедурами.

Студенти мають право оскаржити результати контрольних заходів, але обов'язково аргументовано, пояснивши з яким критерієм не погоджуються відповідно до оціночного.

### 8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль: експрес-опитування, опитування за темою заняття, МКР, тести, тощо.

Семестровий контроль: Екзамен

Умови допуску до семестрового контролю: Рейтинг студента з кредитного модуля розраховується зі 100 балів, з них 60 балів складає стартова шкала. Стартовий рейтинг (протягом семестру) складається з балів, що студент отримує за:

1. Написання модульних контрольних робіт.

Критерії нарахування балів:

1. 2 календарних контролю (модульна контрольна робота): максимум – 30 за кожен

### Обов'язкові умови допуску до екзамену

1. Стартовий рейтинг не менше 36 балів.

Кожний критерій оцінюється за такими параметрами:

- «відмінно», повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації (повне, безпомилкове розв'язування завдання);
- «добре», достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації або незначні неточності (повне розв'язування завдання з незначними неточностями);
- «задовільно», неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками);
- «незадовільно», відповідь не відповідає умовам до «задовільно» – 0 балів.

Рейтинговий бал (RD) з кредитного модуля, формується як сума всіх, отриманих студентом за результатами поточного контролю балів  $r_k$ , а також заохочувальних (штрафних) балів  $r_s$ :

$$RD = \sum_k r_k + \sum_s r_s$$

Якщо наприкінці семестру після проходження всіх контрольних заходів студент отримав не менше 36 рейтингових балів, а також виконав умови допуску до семестрового контролю, він отримує позитивну оцінку.

Сума стартових балів та балів за екзаменаційну доповідь та презентацію переводиться до екзаменаційної оцінки згідно з таблицею:

Бали: Модульна контрольна робота	Оцінка
100...95	Відмінно
94...85	Дуже добре
84...75	Добре
74...65	Задовільно
64...60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
стартовий рейтинг менше 36 балів	Не допущено

У разі, якщо сума рейтингових балів менша ніж 36, але виконані умови допуску до семестрового контролю, студент виконує на останньому за розкладом занятті додаткове завдання.

За бажанням, студент має право виконати додаткове завдання з метою підвищення попередньої оцінки.

Результат додаткового завдання при пропущенні його студентом без поважної причини є нульовим. У разі відсутності у день виконання додаткового завдання студент, що надав довідку про хворобу, може, поза межами аудиторних годин

виконати додаткове завдання.

**9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)**

можливість зарахування сертифікатів проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою;

**Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

**Склав** кандидат технічних наук, ст. викладач

Валерія ПАРНЕНКО

**Ухвалено** кафедрою Конструювання машин (протокол №1 від 30 серпня 2021 року)

**Погоджено** Методичною комісією Механіко-машинобудівного інституту (Протокол № 4 від 19.11.2021р.)