

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МАТЕМАТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ПРОГРАМНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан математичного факультету


С.І. Гоменюк
(ініціали та прізвище)

« 09 » 20

ОСНОВИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЄКТУВАННЯ СКЛАДНИХ
ОБ'ЄКТІВ І СИСТЕМ

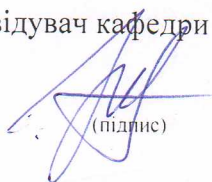
РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
підготовки бакалавра
очної (денної) форми здобуття освіти
спеціальності 121 Інженерія програмного забезпечення
освітньої програми Програмна інженерія

Укладач Гребенюк Сергій Миколайович, д.т.н., професор, завідувач кафедри фундаментальної та прикладної математики.

Обговорено та ухвалено
на засіданні кафедри програмної інженерії

Протокол № 1 від 01.09.2022 р.

Завідувач кафедри



А.О. Лісняк
(ініціали, прізвище)

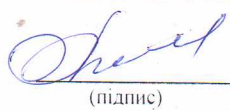
Ухвалено науково-методичною радою
математичного факультету

Протокол № 1 від 01.09.2022 р.

Голова науково-методичної ради
математичного факультету


О.С. Пшенична
(ініціали, прізвище)

Погоджено
з навчально-методичним відділом


О.В. Лісницька
(ініціали, прізвище)

2022 рік

1. Опис навчальної дисципліни

1	2	3	
Галузь знань, спеціальність, освітня програма рівень вищої освіти	Нормативні показники для планування і розподілу дисципліни на змістові модулі	Характеристика навчальної дисципліни	
		очна (денна) форма здобуття освіти	заочна (дистанційна) форма здобуття освіти
Галузь знань 12 – «Інформаційні технології»	Кількість кредитів – 5	Цикл дисциплін вибору вищого навчального закладу	
		Цикл дисциплін професійної підготовки	
Спеціальність: 121 – «Інженерія програмного забезпечення»	Загальна кількість годин – 150	Семестр:	
		6 -й	-
Освітньо-професійна програма «Програмна інженерія»	Змістових модулів – 8	Лекції	
		24 год.	-
Рівень вищої освіти: бакалаврський	Кількість поточних контрольних заходів – 16	Лабораторні	
		24 год.	-
		Самостійна робота	
		102 год.	-
		Вид підсумкового семестрового контролю: екзамен	

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою вивчення навчальної дисципліни «Основи автоматизованого проектування складних об'єктів і систем» є оволодіння основними поняттями архітектури сучасних систем автоматизованого проектування та систем інженерного аналізу.

Основними **завданнями** вивчення дисципліни «Основи автоматизованого проектування складних об'єктів і систем» є:

- ознайомлення з сучасними підходами до розробки САПР та їх супроводження;
- засвоєння головних принципів моделювання складних технічних об'єктів;
- опанування основних підходів до геометричного моделювання складних об'єктів;
- вивчення основних методів розрахунку та аналізу у сучасних САПР;
- набуття знань про порядок роботи у сучасній системі інженерного аналізу ANSYS та FreeCAD.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен набути таких результатів навчання (знання, уміння тощо) та компетентностей:

Заплановані робочою програмою результати навчання та компетентності	Методи і контрольні заходи
1	2
<p>ІК. Здатність розв'язувати складні спеціалізовані завдання або практичні проблеми інженерії програмного забезпечення, що характеризуються комплексністю та невизначеністю умов, із застосуванням теорій та методів інформаційних технологій.</p>	<p>Методи: лекція-візуалізація, майстер-класи, пояснення, дискусія, ілюстрація, робота з літературою, дослідницький метод, відповіді на запитання, лабораторні роботи, відеоконференції, відеозаписи лекцій.</p> <p>Контрольні заходи: захист лабораторної роботи, опитування, тестування, оцінювання звіту.</p>
<p>КС 11. Здатність до аналізу, синтезу і оптимізації інформаційних систем та технологій з використанням математичних моделей і методів.</p>	<p>Методи: лекція-візуалізація, майстер-класи, пояснення, дискусія, ілюстрація, робота з літературою, дослідницький метод, відповіді на запитання, лабораторні роботи, відеоконференції, відеозаписи лекцій.</p> <p>Контрольні заходи: захист лабораторної роботи, опитування, тестування, оцінювання звіту.</p>
<p>КЗ 1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.</p>	
<p>КС 3. Здатність розробляти архітектури, модулі та компоненти програмних систем.</p>	
<p>КС 7. Володіння знаннями про інформаційні моделі даних, здатність створювати програмне забезпечення для зберігання, видобування та опрацювання даних.</p>	
<p>КС 8. Здатність застосовувати фундаментальні і міждисциплінарні знання для успішного розв'язання завдань інженерії програмного забезпечення.</p>	
<p>КС 14. Здатність до алгоритмічного та логічного мислення.</p>	
<p>ПР 1. Аналізувати, цілеспрямовано шукати і вибирати необхідні для вирішення професійних завдань інформаційно-довідникові ресурси і знання з урахуванням сучасних досягнень науки і техніки.</p> <p>ПР 7. Знати і застосовувати на практиці фундаментальні концепції, парадигми і основні принципи функціонування мовних, інструментальних і обчислювальних засобів інженерії програмного забезпечення.</p> <p>ПР 13. Знати і застосовувати методи розробки алгоритмів, конструювання програмного забезпечення та структур даних і знань.</p>	<p>Методи: лекція-візуалізація, майстер-класи, пояснення, дискусія, ілюстрація, робота з літературою, дослідницький метод, відповіді на запитання, лабораторні роботи, відеоконференції, відеозаписи лекцій.</p> <p>Контрольні заходи: захист лабораторної роботи, опитування, тестування, оцінювання звіту.</p>

Всі, зазначені вище методи навчання і контрольні заходи, спрямованні на набуття інтегральної компетентності: Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми в області інформаційних систем та технологій, або в процесі навчання, що характеризуються комплексністю та невизначеністю умов, які потребують застосування теорій та методів інформаційних технологій. (ІК).

Міждисциплінарні зв'язки. Основою для курсу «Основи автоматизованого проєктування складних об'єктів і систем» є знання отримані під час вивчення курсів «Об'єктно-орієнтоване програмування», «Алгоритми та структури даних», «Основи програмування». Знання отримані після опанування даного курсу можуть бути використані при розв'язанні складних спеціалізованих задач та практичних проблем у певній галузі професійної діяльності або навчанні.

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Поняття САПР. Основи роботи в ANSYS.

Поняття про системи автоматизованого проєктування. Види систем автоматизованого проєктування. Системи інженерного аналізу. Елементи керування. Графічний інтерфейс. Компоненти ANSYS.

Змістовий модуль 2. Геометричне моделювання в САПР.

Вибір координатної системи. Побудова геометричних моделей. Побудова ключових точок. Моделювання за допомогою примітивів. Операції над геометричними об'єктами. Методи геометричного моделювання 2D- та 3D-об'єктів.

Змістовий модуль 3. Препроцесор САПР. Побудова дискретних моделей.

Препроцесорна підготовка. Вибір типу розрахунку. Формування вихідних даних. Методи побудови дискретних геометричних моделей для 2D- та 3D-об'єктів складної форми. Способи побудови скінченно-елементної сітки. Засоби побудови сіток.

Змістовий модуль 4. Процесор САПР. Метод скінченних елементів.

Поняття про метод скінченних елементів. Бібліотеки скінченних елементів. Вибір тип скінченного елемента та завдання його опцій. Визначення констант скінченного елемента. Визначення фізичних властивостей. Атрибути елементів. Матриця жорсткості скінченного елемента.

Змістовий модуль 5. Методи розрахунку систем розв'язувальних рівнянь у САПР.

Процесор розв'язання. Вибір типу аналізу. Моделювання умов закріплення. Моделювання зовнішніх навантажень. Параметри процесора розв'язання. Оптимізація процесу розв'язання. Алгоритм розв'язання в залежності від типу аналізу. Методи розв'язання розріджених та стрічкових систем лінійних рівнянь великої розмірності.

Змістовий модуль 6. Методи представлення великих масивів числових даних.

Постпроцесорна обробка. Підходи до графічного представлення результатів наукових обчислень. Напівтониові зображення. Візуалізація компонентів механічного стану складних технічних об'єктів. Системи координат. Введення ліній рівня. Створення анімації. 3D моделювання у FreeCAD.

Змістовий модуль 7. САПР аналізу двовимірних конструкцій.

Поняття про будівельні конструкції. Етапи розрахунку будівельних конструкцій. Поняття про розрахункову схему. Поняття про балку, пластину, оболонку. Особливості геометричного моделювання балок, пластин, оболонок. Типові задачі для балок, пластин, оболонок. Розрахунок при статичних навантаженнях. Згин прямокутних пластин. Згин круглих пластин. Задачі міцності. Основи роботи у FreeCAD. Вибір типу розрахунку. Формування вихідних даних.

Змістовий модуль 8. САПР аналізу просторових конструкцій.

Поняття про просторові конструкції. Етапи розрахунку просторових конструкцій. Типові задачі для просторових об'єктів. Побудова розрахункових схем. Розрахунок при статичних навантаженнях. Розрахунок просторових конструкцій у FreeCAD та ANSYS.

4. Структура навчальної дисципліни

Змістовий модуль	Усього годин	Аудиторні (контактні) години						Самостійна робота, год		Система накопичення балів			
		Усього годин		Лекційні заняття, год		Лабораторні заняття, год		о/д ф.	з/дист ф.	Теор. зав-ня, к-ть балів	Практ. зав-ня, к-ть балів	Усього балів	
				о/д ф.	з/дист ф.	о/д ф.	з/дист ф.						
1	2	3		4	5	6	7	8	9	10	11	12	
		о/дф.	з/дист ф.										
1	15	8		4		4		7		3	4	7	
2	15	8		4		4		7		3	4	7	
3	15	8		4		4		7		4	4	8	
4	15	8		4		4		7		4	4	8	
5	15	4		2		2		11		3	3	6	
6	15	4		2		2		11		3	3	6	
7	15	4		2		2		11		4	5	9	
8	15	4		2		2		11		4	5	9	
Усього за змістові модулі	120	48		24		24		72		30	30	60	
Підсумковий семестровий контроль екзамен	30							30		22	18	40	
Загалом				150							100		

5. Теми лекційних занять

№ змістового модуля	Назва теми	Кількість годин	
		о/д ф.	з/дист ф.
1	Поняття САПР. Класифікація САПР.	2	
1	Основні вимоги до САПР.	2	
2	Геометричне моделювання 2D-об'єктів.	2	
2	Геометричне моделювання 3D-об'єктів.	2	
3	Побудова препроцесора САПР.	2	
3	Побудова дискретних моделей 2D- та 3D-об'єктів.	2	
4	Структура процесора САПР.	2	
4	Процесори САПР на основі методу скінченних елементів.	2	
5	Побудова та розв'язання системи розв'язувальних рівнянь МСЕ.	2	
6	Методи візуального представлення великих масивів числових даних.	2	
7	Використання САПР для аналізу двовимірних конструкцій.	2	
8	Використання САПР для аналізу просторових конструкцій.	2	
	Всього	24	

6. Теми лабораторних занять

№ змістового модуля	Назва теми	Кількість годин	
		о/д ф.	з/дист ф.
1	<i>Лабораторна робота № 1.</i> Основи роботи в ANSYS Workbench.	4	
2	<i>Лабораторна робота № 2.</i> Геометричне моделювання в програмі ANSYS.	4	
3	<i>Лабораторна робота № 3.</i> Визначення фізичних констант у програмі ANSYS.	4	
4	<i>Лабораторна робота № 4.</i> Створення сітки скінченних елементів. Процесор Solution.	4	
5	<i>Лабораторна робота № 5.</i> Розрахунок конструкцій при статичних навантаженнях.	2	
6	<i>Лабораторна робота № 6.</i> Геометричне моделювання в програмі FreeCAD.	2	
7	<i>Лабораторна робота № 7.</i> Написання сценаріїв засобами програми FreeCAD.	2	
8	<i>Лабораторна робота № 8.</i> Геометричне моделювання засобами бібліотеки PythonOCC.	2	
	Всього	24	

7. Самостійна робота

№ змістового модуля	Назва теми	Кількість годин	
		о/д ф.	з/дист ф.
1	Поняття САПР. Основи роботи в ANSYS.	7	
2	Геометричне моделювання в САПР.	7	
3	Препроцесор САПР. Побудова дискретних моделей.	7	
4	Процесор САПР. Метод скінченних елементів.	7	
5	Методи розрахунку систем розв'язувальних рівнянь у САПР.	11	
6	Методи представлення великих масивів числових даних.	11	
7	САПР аналізу двовимірних конструкцій.	11	
8	САПР аналізу просторових конструкцій.	11	
	Всього	72	

8. Види і зміст поточних контрольних заходів

№ змістового модуля	Вид поточного контрольного заходу	Зміст поточного контрольного заходу	Критерії оцінювання	Усього балів
1	2	3	4	5
1	<i>Теоретичне опитування при захисті лабораторної роботи 1</i>	Питання для підготовки: <ul style="list-style-type: none"> - Що таке система автоматизованого проєктування? - Види систем автоматизованого проєктування? - Що таке системи інженерного аналізу? - Охарактеризуйте основні вимоги до САПР? - Назвіть основні компоненти ANSYS. 	<i>Теоретичне опитування при захисті лабораторної роботи 1 ***</i>	3
	<i>Звіт про виконання і захист лабораторної роботи 1</i>	Завдання: <ul style="list-style-type: none"> - Запустити програму ANSYS. - Ознайомитись з елементами графічного інтерфейсу. - Переглянути всі пункти ANSYS Workbench. - За результатами виконання лабораторної роботи скласти звіт. Вимоги до виконання та оформлення *	<i>Звіт про виконання і захист лабораторної роботи 1 ***</i>	4
Усього за ЗМ 1 контр. заходів	2			7
2	<i>Теоретичне опитування при захисті лабораторної роботи 2</i>	Питання для підготовки: <ul style="list-style-type: none"> - Які два підходи до моделювання складних геометричних моделей вам відомі? - Які засоби геометричного моделювання існують для моделювання поверхонь? - Які засоби геометричного моделювання існують для моделювання об'ємних тіл? - Які логічні операції з геометричними об'єктами вам відомі? - Які операції виконуються з геометричними об'єктами в пункті меню Extrude? 	<i>Теоретичне опитування при захисті лабораторної роботи 2 ***</i>	3
	<i>Звіт про виконання і захист лабораторної роботи 2</i>	Завдання: <ul style="list-style-type: none"> - Створити геометричну модель прямокутної пластини з такими параметрами: довжина – 0,5 м; ширина – 0,2 м; 	<i>Звіт про виконання і захист лабораторної роботи 2 ***</i>	4

1	2	3	4	5
		<p>товщина – 0,01 м.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Створити геометричну модель круглої пластини з центральним круглим отвором з такими параметрами: зовнішній радіус – 0,4 м; внутрішній радіус – 0,2 м; товщина – 0,01 м. - Створити геометричну модель сфери з центральним отвором. Радіус сфери – 0,5 м, радіус отвору – 0,2 м. <p>Вимоги до виконання та оформлення *</p>		
Усього за ЗМ 2 контр. заходів	2			7
3	<i>Теоретичне опитування при захисті лабораторної роботи 3</i>	<p>Питання для підготовки:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Що таке фізична модель матеріалу в ANSYS? - Які типи задач можуть вирішуватись в ANSYS? - Який матеріал називається пружним ізотропним матеріалом? Наведіть приклади таких матеріалів. - Які константи задають ізотропний пружний матеріал? - Який фізичний зміст модулю Юнга та коефіцієнта Пуассона? 	<i>Теоретичне опитування при захисті лабораторної роботи 3 ***</i>	4
	<i>Звіт про виконання і захист лабораторної роботи 3</i>	<p>Завдання:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Для 1-го завдання 2-ї лабораторної роботи визначити фізичні константи для сталі. - Для 2-го завдання 2-ї лабораторної роботи визначити фізичні константи для титана. - Для 3-го завдання 2-ї лабораторної роботи визначити фізичні константи для міді. - Для 4-го завдання 2-ї лабораторної роботи визначити фізичні константи для алюмінію. <p>Вимоги до виконання та оформлення *</p>	<i>Звіт про виконання і захист лабораторної роботи 3 ***</i>	4
Усього за ЗМ 3 контр. заходів	2			8

1	2	3	4	5
4	<p><i>Теоретичне опитування при захисті лабораторної роботи 4</i></p>	<p>Питання для підготовки:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Опишіть процес розв'язання задачі в ANSYS. - Як відбувається побудова скінченно-елементної сітки в ANSYS? - Яким чином задаються зовнішні навантаження та граничні умови? - У чому суть процесу моделювання? - Як визначається адекватність моделі? Чим вона характеризується? 	<p><i>Теоретичне опитування при захисті лабораторної роботи 4 ***</i></p>	4
	<p><i>Звіт про виконання і захист лабораторної роботи 4</i></p>	<p>Завдання:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Для кожної з геометричних моделей лабораторної роботи №2 згенерувати сітку скінченних елементів. <p>Вимоги до виконання та оформлення *</p>	<p><i>Звіт про виконання і захист лабораторної роботи 4 ***</i></p>	4
Усього за ЗМ 4 контр. заходів	2			8
5	<p><i>Теоретичне опитування при захисті лабораторної роботи 5</i></p>	<p>Питання для підготовки:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Опишіть етапи розв'язання задачі із використанням систем САПР. - У чому особливість систем класу CAE (Computer Aided Engineering)? - Призначення препроцесора. - Основні функції процесора. - Основні функції постпроцесора. 	<p><i>Теоретичне опитування при захисті лабораторної роботи 5 ***</i></p>	3
	<p><i>Звіт про виконання і захист лабораторної роботи 5</i></p>	<p>Завдання:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Розв'язати задачу згину кільцевої пластини під дією поперечного тиску інтенсивності q (схема опертя згідно варіанта). Параметри пластини: товщина $h = 18 \cdot 10^{-3}$ м, радіус зовнішнього контуру $R_a = 0,4$ м, радіус внутрішнього контуру $R_b = 0,2$ м. Матеріал пластини Structural Steel (Young`s Modulus $E = 2 \cdot 10^{11}$ Па, Poisson`s Ratio $\nu = 0,3$). Вивести на екран переміщення точок пластини (Total Deformation). Граничні умови задаються 	<p><i>Звіт про виконання і захист лабораторної роботи 5 ***</i></p>	3

1	2	3	4	5
		згідно номеру варіанту. Вимоги до виконання та оформлення *		
Усього за ЗМ 5 контр. заходів	2			6
6	<i>Теоретичне опитування при захисті лабораторної роботи 6</i>	Питання для підготовки: - Які вільні програми та бібліотеки існують для створення CAD\CAE систем. - У чому полягає принцип побудови інтерфейсу системи FreeCAD? - Які модулі доступні для моделювання у системі FreeCAD? - Охарактеризуйте необхідні дії, які потрібно виконати при геометричному моделюванні? - Які основні операції над об'єктами доступні у модулі Part системи FreeCAD	<i>Теоретичне опитування при захисті лабораторної роботи 6 ***</i>	3
	<i>Звіт про виконання і захист лабораторної роботи 6</i>	Завдання: - Виконати геометричне моделювання об'єктів з другої лабораторної роботи (завдання 1 – 3) у модулі Part. Вимоги до виконання та оформлення *	<i>Звіт про виконання і захист лабораторної роботи 6 ***</i>	3
Усього за ЗМ 6 контр. заходів	2			6
7	<i>Теоретичне опитування при захисті лабораторної роботи 7</i>	Питання для підготовки: - Дайте означення скриптової мови програмування. - Яке призначення модулів App та Gui? - Методи модуля Part. - Методи модуля Draft. - Команди операцій над моделями.	<i>Теоретичне опитування при захисті лабораторної роботи 7 ***</i>	4
	<i>Звіт про виконання і захист лабораторної роботи 7</i>	Завдання: - Створити сценарій на Python геометричної моделі колінчастого валу.	<i>Звіт про виконання і захист лабораторної роботи 7 ***</i>	5

1	2	3	4	5
		Вимоги до виконання та оформлення *		
Усього за ЗМ 7 контр. заходів	2			9
8	<i>Теоретичне опитування при захисті лабораторної роботи 8</i>	Питання для підготовки: <ul style="list-style-type: none"> - Опишіть основні класи бібліотеки PythonOCC. - Дайте визначення поняття геометричний примітив. - Які основні логічні операції над графічними примітивами доступні у бібліотеці? - Які підходи до відображення створених моделей реалізовано у бібліотеці PythonOCC? - Які існують бібліотеки геометричного моделювання? 	<i>Теоретичне опитування при захисті лабораторної роботи 8 ***</i>	4
	<i>Звіт про виконання і захист лабораторної роботи 8</i>	Завдання: <ul style="list-style-type: none"> - Створити засобами бібліотеки PythonOCC геометричну модель колінчастого валу. Вимоги до виконання та оформлення *	<i>Звіт про виконання і захист лабораторної роботи 8 ***</i>	5
Усього за ЗМ 8 контр. заходів	2			9
Усього за змістові модулі контр. заходів	20			60

* До кожної лабораторної роботи потрібно скласти **звіт про їх виконання**, який пояснює всі етапи виконання роботи. Звіт складається в електронному вигляді за вимогами, які висувуються до оформлення курсових і кваліфікаційних робіт для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра та магістра математичного факультету. і розміщуються на платформі Moodle. Якість оформлення звіту враховується при оцінюванні роботи. Реалізація алгоритму метода, що передбачає застосування програмного коду на мові високого рівня. Файл відповідної реалізації долучається до звіту.

Захист лабораторної роботи є обов'язковим і потребує пояснення всіх етапів виконання завдання.

*** Оцінювання звіту про виконання лабораторної роботи і усного теоретичного опитування при захисті цього завдання здійснюється за формулою

$$s = m \cdot \frac{v}{100}, \quad (1)$$

де s – підсумковий бал за вид контролю, m – максимальний бал за вид контролю, v - відсоток виконання.

Критерії визначення v (%):

- 90-100%: контрольний захід здійснено без помилок; це відповідає виявленню студентом всебічного системного і глибокого знання програмного матеріалу; засвоєнню ним основної і додаткової літератури; чіткому володінню понятійним апаратом, методами, методиками та інструментами, передбаченими програмою дисципліни; вмінню використовувати їх для вирішення як типових, так і нетипових практичних ситуацій; виявленню творчих здібностей в розумінні, викладі та використанні навчально-програмного матеріалу;
- 60-89%: контрольний захід здійснено без суттєвих помилок; відповідає виявленню знань основного програмного матеріалу; засвоєнню інформації в межах лекційного курсу; володінню необхідними методами, методиками та інструментами, передбаченими програмою; вмінню використовувати їх для вирішення типових ситуацій, припускаючи окремих незначних помилок;
- 0-59%: більше 30% контрольний захід здійснено невірно; відповідає виявленню значних прогалин у знаннях основного програмного матеріалу; не досить упевненому володінню окремими поняттями, методиками та інструментами, про що свідчать принципові помилки під час їх використання.

9. Підсумковий семестровий контроль

Форма	Види підсумкових контрольних заходів	Зміст підсумкового контрольного заходу	Критерії оцінювання	Усього балів
1	2	3	4	5
Підсумковий контроль	Екзамен	Складається з двох теоретичних й одного практичного завдання. Всі теоретичні питання містяться в стовпчику 3 розділу 7 даної робочої програми. Практичне завдання є спрощеним варіантом завдань лабораторних та індивідуальних завдань. У разі дистанційної форми навчання екзамен проходить у тестовій формі через платформу Moodle. Разом усі питання охоплюють весь матеріал дисципліни.	Підсумковий контрольний захід проводиться у письмовому виді. Завдання формуються із різних змістових модулів. Максимальна кількість балів за підсумковий контрольний захід становить 20 балів.	20
	Практичне завдання – індивідуальне завдання	Індивідуальна робота полягає у розробці програмної реалізації розрахунку напружено-деформованого стану конструкції, згідно номеру варіанту, наводиться у Moodle. Індивідуальна робота оформляється у вигляді звіту, що складає з теоретичної частини й практичної. До звіту додається скрін-шоти виконання програми. Вимоги до виконання та оформлення ⁽³⁾	Завдання оцінюється максимум у 20 балів. Оцінка за кожне завдання обчислюється за формулою (1)	20
Усього за підсумковий семестровий контроль				40

⁽³⁾ До індивідуального завдання потрібно скласти **звіт про виконання**, який пояснює всі етапи виконання роботи. Звіт складається в електронному вигляді за вимогами, які висуваються до оформлення курсових і кваліфікаційних робіт для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра та магістра математичного

факультету. і розміщуються на платформі Moodle. Якість оформлення звіту враховується при оцінюванні роботи. Звіт повинен містити програмний код для кожного завдання. Файли з програмними кодами долучається до звіту.

Захист кожного завдання є обов'язковим і потребує пояснення всіх етапів розв'язання завдання.

Індивідуальне завдання здається не пізніше передостаннього тижня навчального семестру, протягом якого вивчається дисципліна. Розв'язки повинні містити усі необхідні обґрунтування з посиланням на відповідні формули, теореми та властивості. У разі незарахування індивідуального завдання студент може його доопрацювати до останнього навчального тижня. Захист індивідуальних завдань проводиться на заліковому тижні.

10. Рекомендована література

Основна:

1. Бреславський Д. В., Коритко Ю. М., Татарінова О. А. Проектування та розробка скінченноелементного програмного забезпечення. Харків: Вид-во «Підручник НТУ "ХП"», 2017. 232 с.
2. Гребенюк С. М., Гоменюк С. І., Клименко М. І. Напружено-деформований стан просторових конструкцій на основі гомогенізації волокнистих композитів. Херсон: Гельветика, 2019. 350 с.
3. Чопоров С.В., Кудін О.В., Панасенко Є.В., Грищак Д.Д., Ігнатченко М.С. Математичне забезпечення інженерного аналізу об'єктів аерокосмічної техніки на базі хмарних технологій. Херсон: Гельветика, 2020. 300 с.
4. Чопоров С.В. Математичне моделювання та аналіз форм об'єктів у САПР машинобудування. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.12 «Системи автоматизації проектувальних робіт». Запоріжжя, 2019. 352 с.
5. Huei-Huang Lee. Finite Elements Simulations with ANSYS Workbench 12. Taiwan: SDC Publications, 2010. 592 p.
6. Zienkiewicz O.C., Taylor R.L., Fox D.D. The Finite Element Method for Solid and Structural Mechanics. Oxford: Elsevier, 2014. 657 p.

Додаткова:

1. Дегтярьов О.В., Грищак В.З., Акімов Д.В., Гоменюк С.І., Гребенюк С.М., Дегтяренко П.Г., Д'яченко Н.М., Клименко Д.В., Клименко М.І., Кудін О.В., Ларіонов І.Ф., Сіренко В.М., Чопоров С.В. Математичні моделі та прогнозування руйнівних навантажень в ракетно-космічних системах. Запоріжжя: Видавничий дім «Гельветика», 2020. 260 с.
2. Grebenyuk S.M., Klymenko M.I. Finite element modeling of the stress-strain state of a composite material with a viscoelastic matrix / Mathematical and computer modelling of engineering systems: Collective monograph. Riga: Baltija Publishing. 2020. P. 19-34.
3. Mats G. Larson, Fredrik Bengzon. The Finite Element Method: Theory, Implementation, and Applications. Berlin: Springer Heidelberg, 2012. 385 p.
4. Zienkiewicz O.C., Taylor R.L., Nithiarasu P. The Finite Element Method for Fluid Dynamics Seventh Edition. Butterworth-Heinemann: Elsevier, 2014. 544 p.

Наукові публікації автора курсу за тематикою дисципліни за 2019-2022 рр.

1. Гребенюк С. М., Гоменюк С. І., Клименко М. І. Напружено-деформований стан просторових конструкцій на основі гомогенізації волокнистих композитів. Херсон: Гельветика, 2019. 350 с.
2. Дегтярьов О.В., Грищак В.З., Акімов Д.В., Гоменюк С.І., Гребенюк С.М., Дегтяренко П.Г., Д'яченко Н.М., Клименко Д.В., Клименко М.І., Кудін О.В., Ларіонов І.Ф., Сіренко В.М., Чопоров С.В. Математичні моделі та прогнозування руйнівних навантажень в ракетно-космічних системах. Запоріжжя: Видавничий дім «Гельветика», 2020. 260 с.
3. Grebenyuk S.M., Klymenko M.I. Finite element modeling of the stress-strain state of a composite material with a viscoelastic matrix / Mathematical and computer modelling of engineering systems: Collective monograph. Riga: Baltija Publishing. 2020. Pp. 19-34.
4. Choporov S., Homeniuk S., Grebenyuk S., Kudin O. Construction of a method for the triangulation of functionally-represented inhomogeneous domains. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Mathematics and Cybernetics – Applied Aspects. 2019. № 4(100). P. 21–27.
5. Комп'ютерна програма «Шаблонно об'єктно-орієнтована бібліотека класів, що реалізують побудову локальних матриць жорсткості, маси та демпфування скінченного елемента 'FE'»

(«FE»): Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 100689. А. О. Лісняк, С. М. Гребенюк, О. Г. Спиця, О. В. Кудін, О. М. Олійник. Дата реєстрації 18.11.2020.

Інформаційні ресурси

1. ANSYS FREE STUDENT SOFTWARE DOWNLOADS. URL: <https://www.ansys.com/academic/free-student-products>
2. CAD Software | 2D And 3D Computer-Aided Design – Autodesk. URL: <https://www.autodesk.com/solutions/cad-software>
3. Чопоров С.В. Математичне моделювання та аналіз форм об'єктів у САПР машинобудування. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.12 «Системи автоматизації проектувальних робіт». Запоріжжя, 2019. 352 с. URL: <https://nure.ua/wp-content/uploads/2018/Dissertation/dis-choporov-internet.pdf>
4. Система електронного забезпечення навчання ЗНУ [Внутрішній ресурс]. URL: <https://moodle.znu.edu.ua/course/view.php?id=5774>
5. ANSYS FREE STUDENT SOFTWARE DOWNLOADS. URL: <https://www.ansys.com/academic/free-student-products>
6. Бібліотека TWIRPX. Електронні ресурси з інформатики та обчислювальної техніки. URL: https://www.twirpx.com/files/#files_informatics
7. Бібліотека TWIRPX. Електронні ресурси з математики. URL: https://www.twirpx.com/files/#files_mathematics
8. Наукова бібліотека Запорізького національного університету. URL: <http://library.znu.edu.ua/>
9. Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського. URL: <http://www.nbuv.gov.ua/>