

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Державний університет «Київський авіаційний інститут»
 Аерокосмічний факультет
 Кафедра прикладної механіки та інженерії матеріалів

ПОГОДЖЕНО

Проректор з наукових досліджень
та трансферу технологій

Сergій ГНАТЮК
«__»__ 2025 р.

УЗГОДЖЕНО

Декан АКФ

Святослав ЮЦКЕВИЧ
«__»__ 2025 р.



ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«КИЇВСЬКИЙ АВІАЦІЙНИЙ ІНСТИТУТ»

Система менеджменту якості

РОБОЧА ПРОГРАМА**навчальної дисципліни****«Аналітичні та чисельні методи дослідження механічної інженерії»**

Галузь знань

G Інженерія, виробництво та будівництво

Спеціальність:

G9 Прикладна механіка

Освітньо-наукова програма: Прикладна механіка

Форма навчання	Семестр	Усього (годин/кредиті в ECTS)	Лекції	Практ. заняття	Лабораторні	Самостійна робота	ДЗ / РГР / К	КР / КПр	Форма сем. контролю
Очна	1	90/3	10	20	—	60	—	—	екзамен Іс
Заочна	1	90/3	6	4	—	80	—	—	екзамен Іс

Індекс: НДФ - 1 – G9 / 25 -1.3.1

Індекс: НДФ - 1 – G9з / 25 -1.3.1

СМЯ КАІ РП 1.07.02-01-2025

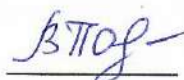
Handwritten signature

 КАІ КАІ КАІ	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Аналітичні та чисельні методи дослідження механічної інженерії»	Шифр документа	СМЯ КАІ РП 1.07.02-01-2025
стор. 2 з 15			

Робочу програму навчальної дисципліни «Аналітичні та чисельні методи дослідження механічної інженерії» розроблено на основі освітньої програми та навчальних планів № НДФ - 1 - G9 / 25, № НДФ - 1 – G9з / 25 підготовки здобувачів вищої освіти освітнього ступеня доктора філософії за спеціальністю G9 «Прикладна механіка», освітньо-наукова програма «Прикладна механіка» та відповідних нормативних документів.

Робочу програму розробили:

кандидат технічних наук,
доцент кафедри прикладної механіки
та інженерії матеріалів



Володимир ПОВГОРОДНИЙ

кандидат технічних наук,
доцент кафедри прикладної механіки
та інженерії матеріалів



Світлана БОГДАН

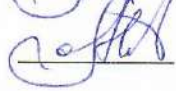
Робочу програму обговорено та схвалено на засіданні випускової кафедри спеціальності G9 «Прикладна механіка» (освітньо-наукова програма «Прикладна механіка») – кафедри прикладної механіки та інженерії матеріалів, протокол № 10 від «27» 05 2025 р.

Завідувач кафедри



Оксана МІКОСЯНЧИК

Гарант освітньо-наукової програми



Оксана МІКОСЯНЧИК

Робочу програму обговорено та схвалено на засіданні науково-методично-редакційної ради Аерокосмічного факультету, протокол № 5 від «29» 05 2025 р.

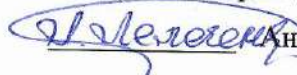
Голова НМРР



Катерина БАЛАЛАСВА

УЗГОДЖЕНО

Завідувач аспірантури та докторантури



Анжела ЛЕЛЕЧЕНКО

« » _____ 2025 р.

Рівень документа – 3б

Плановий термін між ревізіями – 1 рік

Контрольний примірник

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Аналітичні та чисельні методи дослідження механічної інженерії»	Шифр документа	СМЯ КАІ РП 1.07.02-01-2025
		стор. 3 з 15	

ЗМІСТ

	Сторінка
Вступ	4
1. Пояснювальна записка.....	4
1.1. Місце, мета, завдання навчальної дисципліни.....	4
1.2. Результати навчання.....	4
1.3. Компетентності.....	5
1.4. Міждисциплінарні зв'язки	6
2. Програма навчальної дисципліни	6
2.1. Зміст навчальної дисципліни.....	6
2.2. Структурування та інтегровані вимоги.....	7
2.3. Тематичний план	8
2.4. Перелік питань для підготовки до екзамену (ЗФН)	9
3. Навчально-методичні матеріали з дисципліни.....	9
3.1. Методи навчання.....	9
3.2. Рекомендована література (базова і допоміжна).....	10
3.3. Інформаційні ресурси в інтернеті.....	11
4. Рейтингова система оцінювання набутих студентом знань та вмінь	12
Аркуш поширення	

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Аналітичні та чисельні методи дослідження механічної інженерії»	Шифр документа	СМЯ КАІ РП 1.07.02-01-2025
		стор. 4 з 15	

ВСТУП

Робоча програма (РП) навчальної дисципліни «Аналітичні та чисельні методи дослідження механічної інженерії» розробляється на основі «Методичних рекомендацій щодо розроблення робочих програм навчальних дисциплін з підготовки здобувачів ступеня доктора філософії», затверджених наказом ректора від 01.06.2021 № 321/од, та відповідних нормативних документів.

1. ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

1.1. Місце, мета, завдання навчальної дисципліни

Дана дисципліна є теоретичною і практичною основою сукупності знань та вмінь, що формують науковий профіль фахівця в області аналітичних та чисельних методів розрахунку напружено-деформованого стану конструкцій; поглиблюють і розширюють компетентності пов'язані з формуванням новітніх методик та комплексів програм з розрахунків стану конструкцій, навички роботи з комплексами програм ANSYS та SOLID WORKS; опанування методами дослідження стану поверхонь тертя та оцінки властивостей тонких поверхневих шарів матеріалів.

Метою викладання дисципліни є надбання здобувачами необхідних знань щодо аналітичних та чисельних методів досліджень матеріалів триботехнічного призначення, фізико-хімічних методів дослідження поверхонь тертя, розробки та реалізації програми трибологічних досліджень.

Завданнями вивчення навчальної дисципліни є:

- оволодіння основними поняттями про аналітичні методи теорії пружності та термопружності;
- оволодіння основними поняттями про чисельні методи теорії пружності та термопружності
- оволодіння знаннями щодо методів нагрівання зони тертя під час досліджень;
- оволодіння знаннями щодо комплексів програм ANSYS та SOLID WORKS для розрахунку напружено-деформованого стану;
- оволодіння знаннями щодо визначення фізичних і хімічних властивостей поверхонь тертя;
- оволодіння знаннями щодо випробувань матеріалів.

1.2. Результати навчання, які дає можливість досягти навчальна дисципліна

Дана дисципліна дозволяє надати аспірантам теоретичні знання та сформувати у них практичні уміння і навички:

- мати передові концептуальні та методологічні знання з прикладної механіки, трибології та трибологічного матеріалознавства і на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень з відповідного напрямку, отримання нових знань та / або здійснення інновацій **(РН01);**

- формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень (опитувань, спостережень тощо) і математичного та / або комп'ютерного моделювання, наявні літературні дані **(РН03);**

- розробляти та досліджувати концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі процесів і систем, ефективно використовувати їх для отримання нових знань та / або створення інноваційних продуктів у трибології, механічній інженерії та дотичних міждисциплінарних напрямках **(РН04);**

- планувати і виконувати експериментальні та / або теоретичні дослідження з механічної інженерії, трибології та дотичних міждисциплінарних напрямків з використанням сучасних

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Аналітичні та чисельні методи дослідження механічної інженерії»	Шифр документа	СМЯ КАІ РП 1.07.02-01-2025
		стор. 5 з 15	

інструментів, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми, застосовувати сучасні методи наукометрії та лідерство під час реалізації наукових проєктів (PH05);

- застосовувати сучасні інструменти і технології пошуку, оброблення та аналізу інформації, зокрема, статистичні методи аналізу даних великого обсягу та / або складної структури, спеціалізовані бази даних та інформаційні системи (PH06);

- знати та розуміти будову металів та неметалів, методи модифікації їх властивостей, призначати оптимальні матеріали для деталей та вузлів загального призначення і деталей авіаційної техніки з урахуванням їх структури, фізичних, механічних, хімічних та експлуатаційних властивостей, а також економічних факторів (PH11);

- вміти проводити дослідження та застосовувати існуючі технічні засоби і математичні методи щодо оцінки характеристик (PH14);

- володіти експериментальними методами та інструментальними засобами оцінки напружено-деформованого стану модифікованих поверхонь та конструкцій (PH16).

1.3. Компетентності, які дає можливість здобути навчальна дисципліна

У результаті вивчення навчальної дисципліни аспірант повинен набути наступні фахові компетентності:

- здатність розв'язувати комплексні проблеми в галузі професійної та / або дослідницько-інноваційної діяльності у сфері прикладної механіки, машинознавства та трибології, що передбачає глибоке переосмислення наявних та створення нових цілісних знань та / або професійної практики (ІК);

- здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (ЗК01);

- здатність розв'язувати комплексні проблеми у галузі механічної інженерії на основі системного наукового світогляду та загального культурного кругозору із дотриманням принципів професійної етики та академічної доброчесності (ЗК04);

- здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання в галузі механічної інженерії та дотичних до них міждисциплінарних напрямках та суміжних галузей (СК01);

- здатність застосовувати сучасні інформаційні технології, бази даних та інші електронні ресурси, спеціалізоване програмне забезпечення у науковій та навчальній діяльності. (СК03);

- здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми дослідницького характеру відповідно до сучасного наукового дискурсу в області механіки та трибології, моделювати об'єкти досліджень з металевих та композиційних матеріалів, математично обробляти дані, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень (СК05);

- здатність планувати експериментальні дослідження, здійснювати випробування трибоелементів, аналізувати масиви наукових даних, інтерпретувати результати натурних або модельних експериментів, знаходити рішення, які дозволять розв'язати поставлені наукові чи/або прикладні завдання; розробляти теоретичні і практичні рекомендації щодо вибору матеріалів і реалізації режиму роботи трибосистеми (СК09);

- здатність використовувати основні теорії і практики в галузі трибології, знання основних тенденцій та наукових проблем в області механіки руйнування, підвищення зносостійкості і надійності трибовузлів на усіх етапах життєвого циклу деталей та вузлів загального призначення і деталей авіаційної техніки в контексті концепції сталого розвитку (СК10);

- здатність розробляти нові і вдосконалювати наявні зносостійкі системи засобами прикладної механіки та суміжних предметних галузей та знаходити відповідні рішення для забезпечення заданого рівня надійності конструкцій і процесів, в тому числі і за наявності деякої невизначеності (СК11).

1.4. Міждисциплінарні зв'язки: дана дисципліна базується на знаннях таких дисциплін, як «Інформаційне забезпечення наукових досліджень» та є базовою для вивчення дисциплін

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Аналітичні та чисельні методи дослідження механічної інженерії»	Шифр документа	СМЯ КАІ РП 1.07.02-01-2025
			стор. 6 з 15

«Триботехніка та надійність машин», «Інженерія поверхні» та інших обов'язкових та вибіркових дисциплін, проведення науково-дослідної роботи і оформлення дисертації аспірантом.

2. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

2.1. Зміст навчальної дисципліни

Навчальний матеріал дисципліни структурований і є логічно завершеною, самостійною, цілісною частиною навчального плану, засвоєння якої передбачає проведення семестрової контрольної роботи та аналіз результатів її виконання.

2.2. Структурування та інтегровані вимоги

У результаті засвоєння навчального матеріалу «Аналітичні та чисельні методи дослідження механічної інженерії» здобувач повинен:

Знати:

1. актуальні теоретичні та експериментальні напрями наукових досліджень в прикладній механіці та комплексів програм ANSYS та SOLID WORKS;
2. види науково-дослідних робіт, їх особливості;
3. загальні характеристики методів наукових досліджень;
4. план проведення теоретичних та експериментальних досліджень;
5. методологію підготовки та проведення експерименту;
6. методи обробки та представлення результатів теоретичних та експериментальних досліджень.

Вміти:

- самостійно використовувати доступні і конструювати нові методи нагрівання і контролю температури в зоні тертя та визначати термопружний стан елементів конструкцій ;
- самостійно використовувати аналітичні та чисельні методи для визначення характеристик термопружно-деформованого стану елементів конструкцій та подальше визначення коефіцієнтів тертя спряжених поверхонь;
- самостійно визначати фізико-механічні характеристики тонких поверхневих шарів, визначати їх товщину;
- самостійно розв'язувати комплексні завдання пов'язані з вибором необхідного обладнання і вибору методик для проведення заданих трибологічних досліджень;
- самостійно аналізувати отримані дані трибологічних досліджень та оцінки їх обґрунтованості і доказовості.

Тема 1. Теорія пружності. Основні поняття опору матеріалів і теорій пружності та пластичності.

Загальна задача теорії пружності. Задачі опору матеріалів і об'єкт вивчення у теорії пружності. Об'єкти розрахунку в опорі матеріалів і теорії пружності Основні гіпотези (допущення) і принципи теорії пружності. Принцип незалежності дії сил (принцип накладання або принцип суперпозиції). Принцип Сен-Венана (принцип локальності ефекту самозрівноважених навантажень). Класифікація зовнішніх навантажень та розрахункова схема. Основні види деформацій. Теорія повзучості. Умовні та дійсні діаграми розтягу матеріалів. Діаграма розтягу матеріалу. Внутрішні зусилля. Метод перетинів. Механічні напруження. Види деформацій і деформування. Зв'язок напружень та деформацій. Розрахунки на міцність при складному напруженому стані. Переміщення , лінійні та кутові деформації тіла. Об'ємна деформація тіла. Умови сумісності деформацій. Поняття про теорії міцності. Теорія найбільших нормальних напружень (перша теорія міцності). Гіпотеза найбільших лінійних деформацій (друга теорія міцності). Гіпотеза найбільших дотичних напружень (третья теорія міцності). Гіпотеза питомої потенційної енергії формозміни. Енергетична теорія міцності (четверта теорія міцності). Гіпотеза Кулона-Мора (теорія міцності Мора).

Тема 2. Теорія пружності. Міцність конструкцій при напруженнях, що циклічно змінюються за часом. Утомна міцність і її особливості. Метод кінцевих різниць та об'ємів.

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Аналітичні та чисельні методи дослідження механічної інженерії»	Шифр документа	СМЯ КАІ РП 1.07.02-01-2025
			стор. 7 з 15

Механізм втомних руйнувань. Основні характеристики циклу напружень. Межа витривалості. Випробування матеріалів на втому. Вплив конструкційно-технологічних чинників на межу витривалості матеріалу. Вплив концентрації напружень. Вплив розмірів (масштабний чинник). Вплив стану поверхні. Вплив технологічних та експлуатаційних чинників. Напружено-деформований стан. Лінійний напружений стан. Залишкові напруження в металоконструкціях. Природа залишкових напружень. Їх класифікація. Плоский напружений стан. Властивості нормальних і дотичних напружень. Головні напруження. Графічне визначення головних напружень. Потенціальна енергія деформації. Питома потенціальна енергія деформації. Деформування та руйнування твердих тіл з позицій кінетичної теорії міцності. Фізична природа жорсткості. Модуль пружності (модуль Юнга). Міцність крихких матеріалів. Кінетична теорія міцності (переваги та недоліки). Дислокаційна модель повзучості. В'язкість руйнування. Метод кінцевих різниць та об'ємів.

Тема 3. Метод скінчених елементів. Поняття про скінченні елементи. Типи скінчених елементів. Алгоритм методу скінчених елементів. Головні положення та рівняння методу.

Тема 4. Метод граничних елементів. Поняття фундаментального розв'язку диференційного рівняння. Теорема Гауса-Гріна. Теорема Остроградського – Гауса. МГЕ для двовимірних задач теорії потенціалу. Чисельна реалізація МГЕ. Технологія граничних елементів. Застосування МГЕ. Приклад розв'язку задачі для поперечного вигину стрижня. МГЕ для двовимірних задач статичної теорії пружності.

Тема 5. ANSYS. Структура комплексу ANSYS.

Тема 6. Дослідження термопружного стану металокерамічного нагрівального елемента в ANSYS. Поняття про металокерамічні нагрівальні елементи (МКНЕ). Застосування методу скінчених елементів в ANSYS.

Тема 7. Дослідження термопружного стану ротора парової турбіни в ANSYS. Застосування методу скінчених елементів при розрахунку параметрів напружено-деформованого стану ротору парової турбіни.

Тема 8. Дослідження напружено - деформованого стану плати з електрорадіоелементами приладового блоку літака системи повітряних сигналів (ANSYS). Застосування методу скінчених елементів при розрахунку параметрів напружено-деформованого блоку повітряних параметрів літака.

Тема 9. Планування експерименту та аналіз надійності матеріалів. Метод найменших квадратів та інші. Основи планування багатofакторного експерименту та методи і розрахунки - трохи імовірнісного аналізу.

Тема 10. SOLID WORKS. Структура та загальні характеристики програмного комплексу SOLID WORKS з проектування та розрахунків міцності та жорсткості елементів авіаційних та інших конструкцій.

Тема 11. Дослідження напружено - деформованого стану елементів із композиційних матеріалів в SOLID WORKS. Скінчено елементні моделі досліджень. Показники напружено-деформованого стану конструкцій із композиційних матеріалів.

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Аналітичні та чисельні методи дослідження механічної інженерії»	Шифр документа	СМЯ КАІ РП 1.07.02-01-2025
		стор. 8 з 15	

2.3. Тематичний план

№ п/п	Назва теми	Обсяг навчальних занять (год.)							
		Очна форма навчання				Заочна форма навчання			
		Усього	Лекції	Практ. заняття	СР	Усього	Лекції	Практ. заняття	СР
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
«Аналітичні та чисельні методи дослідження механічної інженерії»									
1.1	Теорія пружності. Основні поняття опору матеріалів і теорій пружності та пластичності	1 семестр				1 семестр			
		6	2		4				
1.2	Теорія пружності. Міцність конструкцій при напруженнях, що циклічно змінюються за часом. Утомна міцність і її особливості. Метод кінцевих різниць та об'ємів	10	2	2	6	16	2		14
1.3	Метод скінчених елементів. Метод граничних елементів	10	2	2	6	8			8
1.4	ANSYS	10		2	8	14		2	12
1.5	Дослідження термопружного стану металокерамічного нагрівального елемента в ANSYS	8		2	6	8			8
1.6	Дослідження термопружного стану ротора парової турбіни в ANSYS	10	2	2	6	10	2		8
1.7	Дослідження напружено - деформованого стану плати з електрорадіоелементами приладового блоку літака системи повітряних сигналів (ANSYS)	8		2	6	8			8
1.8	Планування експерименту та аналіз надійності матеріалів	10	2	2	6	8	2		6
1.9	SOLID WORKS	6		2	4	6			6
1.10	Дослідження напружено - деформованого стану елементів із композиційних матеріалів в SOLID WORKS	6		2	4	6			6
1.11	Підсумкова семестрова контрольна робота	6		2	4	6		2	4
Усього за навчальною дисципліною		90	10	20	60	90	6	4	80

2.4. Перелік питань для підготовки до екзамену

Перелік питань та зміст завдань для підготовки до екзамену, розробляються провідними викладачами, затверджуються протоколом засідання кафедри та доводяться до відома аспірантів:

1. Основні поняття теорії пружності. Механічні напруження.
2. Основні гіпотези міцності.
3. Аналітичні методи, що використовуються в теорії пружності.

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Аналітичні та чисельні методи дослідження механічної інженерії»	Шифр документа	СМЯ КАІ РП 1.07.02-01-2025
			стор. 9 з 15

4. Які числові методи використовуються для розрахунку напружено-деформованого стану (НДС) конструкцій?
5. В чому переваги та недоліки чисельних методів розрахунку НДС конструкцій у порівнянні з аналітичними?
6. Як використовується метод скінченних елементів (МСЕ) для розрахунків напружено-деформованого та термопружного станів (алгоритм)?
7. Які характеристики НДС та термопружного стану (ТПС) можливо визначити за допомогою МСЕ?
8. Який алгоритм розрахунку параметрів НДС за допомогою МСЕ?
9. В чому переваги МСЕ, скінченних різниць та скінченних об'ємів в порівнянні з іншими чисельними методами?
10. В чому недоліки МСЕ, скінченних різниць та скінченних об'ємів в порівнянні з іншими чисельними методами?
11. Від яких факторів залежить точність обчислень за допомогою МСЕ?
12. Для розв'язку яких задач використовується МСЕ?
13. В чому переваги та недоліки чисельних методів (зокрема, методу граничних елементів (МГЕ)) розрахунку НДС конструкцій у порівнянні з аналітичними?
14. Алгоритм використання МГЕ для розрахунків НДС та ТПС?
15. Які характеристики НДС та ТПС можливо визначити за допомогою МГЕ?
16. Від яких факторів залежить точність обчислень за допомогою МГЕ?
17. Для розв'язку яких задач використовується МГЕ?
18. Комплекс програм ANSYS. Будова комплексу.
19. Для вирішення яких задач використовується комплекс ANSYS?
20. Що являє собою металокерамічний нагрівальний елемент (МКНЕ)?
21. Галузі використання металокерамічного нагрівального елемента (МКНЕ)?
22. Особливості використання МСЕ для розрахунків НДС та ТПС металокерамічного нагрівального елемента (МКНЕ)?
23. Що таке парова турбіна? Мета її використання.
24. Що таке статор та ротор парової турбіни?
25. Які матеріали використовуються для виготовлення статора та ротора парових турбін?
26. Особливості застосування МСЕ для розрахунку параметрів НДС та ТПС статора та ротора парової турбіни.
27. Особливості застосування МСЕ для розрахунку параметрів НДС блоку повітряних параметрів літака (пакет плат з електронними радіотехнічними елементами).
28. Особливості розрахунку параметрів НДС пакету плат з електронними радіотехнічними елементами.
29. Статистичні методи, що використовуються при плануванні експерименту?
30. Алгоритм методу регресійного аналізу.
31. Надійність. Структурні складові надійності.
32. Основні показники безвідмовності.
33. Комплекс програм SOLID WORKS. Будова комплексу.
34. Поясніть важливість та особливості застосування програмного комплексу SOLID WORKS з проектування та розрахунків міцності та жорсткості елементів авіаційних та інших конструкцій із композиційних матеріалів.
35. Назвіть етапи складання скінчено-елементних моделей та особливості кожного з них при використанні SOLID WORKS.
36. Охарактеризуйте показники дослідження НДС конструкцій із композиційних матеріалів.

3. НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ З ДИСЦИПЛІНИ

3.1. Методи навчання

У процесі викладання дисципліни «Аналітичні та чисельні методи дослідження механічної інженерії» використовуються різні методи та форми викладання і навчання.

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Аналітичні та чисельні методи дослідження механічної інженерії»	Шифр документа	СМЯ КАІ РП 1.07.02-01-2025
		стор. 10 з 15	

За джерелами знань використовуються такі методи навчання: словесні – розповідь, пояснення, лекція; наочні – демонстрація, ілюстрація; практична робота.

За характером логіки пізнання використовуються такі методи: аналітичний, синтетичний, аналітико – синтетичний, індуктивний, дедуктивний.

За рівнем самостійної розумової діяльності використовуються методи: проблемний, частково – пошуковий, дослідницький.

При вивченні дисципліни для аспірантів усіх форм навчання передбачаються такі види занять з дисципліни: проведення лекцій та практичних робіт.

3.2. Рекомендована література

Базова література

3.2.1. Бондар, В. С. Математичне моделювання процесів монотонного та циклічного навантажень [Текст] / В. С. Бондар, Д. Р. Абашев // Проблеми міцності : Міжнародний науково-технічний журнал. – Київ : Інститут проблем міцності імені Г. С. Писаренка НАН України, 2020. – № 3. – С. 36-45.

3.2.2. Вавіленкова, Анастасія Ігорівна Алгоритми та методи обчислень [Текст] : підручник / Анастасія Ігорівна Вавіленкова ; МОН України, Національний авіаційний університет. – Київ : НАУ, 2019. – 228 с.

3.2.3. Вища математика. Числові методи [Текст] : методичні рекомендації до самостійної роботи для студентів технічних спеціальностей / МОН України, Національний авіаційний ун-т ; Ластівка І. О., уклад. – Київ : НАУ, 2020. – 44 с.

3.2.4. Дзісь В.Г., Левчук О.В., Дячинська О.М. Прикладна математика на основі MathCAD: Навчальний посібник. Вінниця: ВНАУ, 2020. 378с.

3.2.5. Метод граничних елементів в задачах гідродинаміки та теплопровідності [Текст] : науково-методичний посібник / Ю. В. Бразалук, О. Г. Гоман, Д. В. Євдокимов, О. О. Кочубей. – Дніпро : Ліра ЛТД, 2019. – 226 с. – ISBN 978-966-981-188-2.

3.2.6. "MATLAB та комп'ютерні обчислення в освіті, науці та інженерії", конференція (2019; Київ). Тези загальноукраїнської конференції "MATLAB та комп'ютерні обчислення в освіті, науці та інженерії", 16-18 травня 2019 р. [Текст] / "MATLAB та комп'ютерні обчислення в освіті, науці та інженерії", конференція (2019; Київ) ; МОН України, Національний авіаційний університет ; Гаєв Є. О., ред. – Київ : НАУ, 2019. – 68 с.

3.2.7. Рудаков К.М., Числові і аналітичні методи аналізу динаміки і міцності машин та стійкості руху : Посібник. – К.: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2022. – 120с.

3.2.8. Чисельні методи: Навчальний посібник. / Волонтир Л.О, Зелінська О.В., Потапова Н.А., Чіков І.А., Вінницький національний аграрний університет. – Вінниця: ВНАУ, 2020 – 322 с.

3.2.9. Шевчук О. Ф., Найко Д.А. Теорія ймовірностей та математична статистика: навч. посіб. Вінниця: ВНАУ, 2020. 382 с.

3.2.10. Almtattar T. Learn SolidWorks 2022. 2nd Edition. – Packt, 2022. – 676 p.

3.2.11. Planchard David C. Engineering Graphics with SolidWorks 2021 – New York: SDC Publication, 2021. – 586 p.

3.2.12. Planchard David C. Engineering Graphics with SolidWorks 2021 – New York: SDC Publication, 2021. – 586 p.

3.2.13. Tran Paul. Solidworks 2020 Basic Tools: Getting Started with Parts, Assemblies and Drawings. SDC Publications, 2020. – 681 p.

3.2.14. Zeid I., Brown N. Mastering SolidWorks: The Design Approach. 3rd edition. – Pearson Education, Inc., 2021. – 560 p.

Допоміжна література

3.2.15. Ворожук В.Я., Вітенько. Т.М. Інжиніринг та 3D моделювання в середовищі Solidworks: навч. посібник. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2023. 164 с.

3.2.16. Математичне й комп'ютерне моделювання конвективного теплообміну в паливних касетах ТВЕЛів за різної форми та упаковки стрижнів [Текст] / К. В. Максименко-Шейко,

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Аналітичні та чисельні методи дослідження механічної інженерії»	Шифр документа	СМЯ КАІ РП 1.07.02-01-2025
		стор. 11 з 15	

Т. І. Шейко, Д. О. Лісін, Т. Б. Дудінов // Проблеми машинобудування: Міжнародний науково-технічний журнал / Національна академія наук України. – Харків : Проблеми машинобудування, 2022. – Т. 25, № 1. – С. 40-54.

3.2.17. Комп'ютерне моделювання розповсюдження гідроаустичного сигналу променевим методом [Текст] / О. В. Свинчук, А. М. Євтушенко, Г. С. Пуха, Т. В. Пироговська // Реєстрація, зберігання і обробка даних : Науково-технічний журнал. – Київ : ІПРІ НАН України, 2022. – Т. 24, № 1. – С. 36-50.

3.3. Інформаційні ресурси в Інтернеті

3.3.1. Ansys' learning resources [Електронний ресурс] <https://www.ansys.com/academic/learning-resources>

3.3.2. Solidworks Training Catalog. [Електронний ресурс] https://my.solidworks.com/training/catalog/list/1?&category=f%2Fdb_record_subtype%2FLessons

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Аналітичні та чисельні методи дослідження механічної інженерії»	Шифр документа	СМЯ КАІ РП 1.07.02-01-2025
		стор. 12 з 15	

4. РЕЙТИНГОВА СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ НАБУТИХ АСПІРАНТОМ ЗНАНЬ ТА ВМІНЬ.

4.1. Оцінювання окремих видів виконаної аспірантом навчальної роботи здійснюється в балах відповідно до табл.4.1.

Таблиця 4.1

	Максимальна кількість балів	
	Очна форма навчання	Заочна форма навчання
Вид навчальної роботи	1 семестр	1 семестр
Виконання завдань на практичних заняттях	46×10=40 (сумарна)	106×2 = 20 (сумарна)
Виконання завдань на знання теоретичного матеріалу	46×5=20 (сумарна)	96×2=18 (сумарна)
<i>Для допуску до виконання семестрової контрольної роботи аспірант має набрати не менше</i>	32	-
<i>Підсумкова семестрова контрольна робота</i>	22	22
Екзамен	12	40
Усього за дисципліною	100	

4.2. Виконані види навчальної роботи зараховуються аспіранту, якщо він отримав за них позитивну рейтингову оцінку (Додаток 1).

4.3. Сума рейтингових оцінок, отриманих аспірантом за окремі види виконаної навчальної роботи, становить поточну рейтингову оцінку, яка заноситься до відомості семестрового контролю.

4.4. Підсумкова семестрова рейтингова оцінка в балах, за національною шкалою та шкалою ECTS (Додаток 2) заноситься до заліково-екзаменаційної відомості, індивідуального плану аспіранта, академічної довідки.

4.5. Підсумкова семестрова рейтингова оцінка заноситься до індивідуального плану аспіранта, наприклад, так: **92/Відм./А, 87/Добре/В, 79/Добре/С, 68/Задов./D, 65/Задов./Е** тощо.

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Аналітичні та чисельні методи дослідження механічної інженерії»	Шифр документа	СМЯ КАІ РП 1.07.02-01-2025
		стор. 13 з 15	

Додаток 1

Відповідність оцінок у балах оцінкам за національною шкалою (рекомендовані значення)

Оцінка в балах													Оцінка за національною шкалою
3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
3	4	5	6	7	8	9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	Відмінно
2,5	3	4	5	6	7-8	8-9	8	9	9-10	10-11	11-12	12-13	Добре
2	2,5	3	4	4-5	6	7	6-7	7-8	8	8-9	9-10	10-11	Задовільно

Оцінка в балах													Оцінка за національною шкалою
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27		
15-16	16-17	17-18	17-19	18-20	19-21	20-22	21-23	22-24	23-25	24-26	25-27		Відмінно
12-14	13-15	14-16	15-16	15-17	16-18	17-19	18-20	18-20	19-22	20-23	20-24		Добре
10-11	10-12	11-13	12-14	12-14	13-15	13-16	14-17	15-17	15-18	16-19	16-19		Задовільно

Оцінка в балах													Оцінка за національною шкалою
28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39		
26-28	26-29	27-30	28-31	29-32	30-33	31-34	32-35	33-36	34-37	34-38	35-39		Відмінно
21-25	22-25	23-26	23-27	24-28	25-29	26-30	27-31	27-32	28-33	29-33	29-34		Добре
17-20	18-21	18-22	19-22	19-23	20-24	20-25	21-26	22-26	22-27	23-28	24-28		Задовільно
Оцінка в балах													Оцінка за національною шкалою
40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51		
36-40	37-41	38-42	39-43	40-44	41-45	42-46	43-47	43-48	44-49	45-50	46-51		Відмінно
30-35	31-36	32-37	32-38	33-39	34-40	35-41	35-42	36-42	37-43	38-44	38-44		Добре
24-29	25-30	25-31	26-31	27-32	27-33	28-34	28-34	29-35	30-36	30-37	31-37		Задовільно
Оцінка в балах													Оцінка за національною шкалою
52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63		
47-52	48-53	49-54	50-55	51-56	51-57	52-58	53-59	54-60	55-61	56-62	57-63		Відмінно
39-46	40-47	41-48	41-49	42-50	43-50	44-51	44-52	45-53	46-54	47-55	47-56		Добре
31-38	32-39	32-40	33-40	34-41	34-42	35-43	36-43	36-44	37-45	37-46	38-46		Задовільно

Оцінка в балах													Оцінка за національною шкалою
64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75		
58-64	59-65	60-66	60-67	61-68	62-69	63-70	64-71	65-72	66-73	67-74	67-74		Відмінно
48-57	49-58	50-59	50-59	51-60	52-61	53-62	53-63	54-64	55-65	56-66	56-67		Добре
38-47	39-48	40-49	40-49	41-50	41-51	42-52	43-52	43-53	44-54	44-55	45-55		Задовільно

Оцінка в балах													Оцінка за національною шкалою
76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87		
68-76	69-77	70-78	71-79	72-80	73-81	74-82	75-83	76-84	77-85	77-86	78-87		Відмінно
57-67	58-68	59-69	59-70	60-71	61-72	62-73	62-74	63-75	64-76	65-76	65-77		Добре
46-56	46-57	47-58	47-58	48-59	49-60	49-61	50-61	50-62	51-63	52-64	52-64		Задовільно

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Аналітичні та чисельні методи дослідження механічної інженерії»	Шифр документа	СМЯ КАІ РП 1.07.02-01-2025
		стор. 14 з 15	

Додаток 2

Відповідність підсумкової семестрової рейтингової оцінки в балах
оцінці за національною шкалою та шкалою ECTS

Оцінка в балах	Оцінка за національною шкалою	Оцінка за шкалою ECTS	
		Оцінка	Пояснення
90-100	Відмінно	A	Відмінно (відмінне виконання лише з незначною кількістю помилок)
82-89	Добре	B	Дуже добре (вище середнього рівня з кількома помилками)
75-81		C	Добре (в загальному вірне виконання з певною кількістю суттєвих помилок)
67-74	Задовільно	D	Задовільно (непогано, але зі значною кількістю недоліків)
60-66		E	Достатньо (виконання задовольняє мінімальним критеріям)
35-59	Незадовільно	FX	Незадовільно (з можливістю повторного складання)
1-34		F	Незадовільно (з обов'язковим повторним курсом)

(Ф 03.02 – 01)

АРКУШ ПОШИРЕННЯ ДОКУМЕНТА

№ прим.	Куди передано (підрозділ)	Дата видачі	П.І.Б. отримувача	Підпис отримувача	Примітки

(Ф 03.02 – 02)

АРКУШ ОЗНАЙОМЛЕННЯ З ДОКУМЕНТОМ

№ пор.	Прізвище ім'я по-батькові	Підпис ознайомленої особи	Дата ознайомлення	Примітки

(Ф 03.02 – 04)

АРКУШ РЕЄСТРАЦІЇ РЕВІЗІЇ

№ пор.	Прізвище ім'я по-батькові	Дата ревізії	Підпис	Висновок щодо адекватності

(Ф 03.02 – 03)

АРКУШ ОБЛІКУ ЗМІН

№ зміни	№ листа (сторінки)				Підпис особи, яка внесла зміну	Дата внесення зміни	Дата введення зміни
	Зміненого	Заміненого	Нового	Анульованого			

(Ф 03.02 – 32)

УЗГОДЖЕННЯ ЗМІН

	Підпис	Ініціали, прізвище	Посада	Дата
Розробник				
Узгоджено				
Узгоджено				
Узгоджено				