

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЇ МАТЕМАТИКИ І МЕХАНІКИ**

«ЗАТВЕРДЖУЮ»



Директор ІПММ НАН України
академік НАН України

 Ігор СКРИПНІК

«25» бересня 2024 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Комп'ютерна математика і механіка

**підготовки здобувачів ступеня вищої освіти
третьої (освітньо-науковий)
доктора філософії**

галузь знань 11 Математика та статистика

спеціальність 113 Прикладна математика

Черкаси – 2024 р.

Робоча навчальна програма навчальної дисципліни «Комп'ютерна математика і механіка» для здобувачів наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 113 Прикладна математика

Розробник:

Кононов Юрій Микитович, завідувач відділом теорії керуючих систем, доктор фізико-математичних наук, професор ІПММ НАН України

Робочу програму схвалено на засіданні відділу теорії керуючих систем

Протокол № 3 від 23.09.2024 року.

Завідувач відділу теорії керуючих с



Кононов Ю.М.

Схвалено Науково-методичною радою Інституту прикладної математики і механіки НАН України

Протокол № 4 від 26.09.2024 року.

Голова науково-методичної ради



Несмєлова О.В.

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни
Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни
Кількість кредитів - 4	Галузь знань: 11 Математика та статистика	Вибіркова
Загальна кількість годин –120	Спеціальність: 113 Прикладна математика	Рік підготовки:
		1-2
		Семестр
		2-3
		Лекції
Тижневих годин: аудиторних – 1,5 самостійної роботи – 1,7	Освітньо-кваліфікаційний рівень: доктор філософії	28 год.
		Практичні
		28 год.
		Самостійна робота
		64 год.
		Вид контролю: іспит

2. Мета, завдання та очікувані результати навчальної дисципліни.

Метою навчальної дисципліни «Комп'ютерна математика і механіка» (КМіМ) є ознайомлення з сучасними загально математичними і спеціалізованими пакетами для аналітичних та чисельних розрахунків складних математичних і механічних задач з високим ступенем їх точності і візуалізації.

“Комп'ютерна математика і механіка ” (КМіМ) – це теоретичний та практичний курс методологічно зв'язаний із загальними та спеціальними курсами з математики, механіки і інформатики. Він пов'язан з новим актуальним науковим і прикладним напрямком, який виник на стику математики й інформатики (комп'ютерна математика) і механіки й інформатики (комп'ютерна механіка) .

КМіМ – це сукупність теоретичних, методичних, апаратних та програмних засобів, що забезпечують ефективне виконання за допомогою сучасних комп'ютерів усіх видів математичних аналітичних та чисельних обчислень з високим ступенем їх точності і візуалізації, а також проведення чисельних досліджень задач механіки суцільних середовищ. Курс містить у собі загальноматематичні пакети аналітичних та чисельних розрахунків (Maple, MATLAB, Mathematica і Mathcad), а також огляд та призначення спеціалізованих пакетів (ANSYS, LS-DYNA, NASTRAN, COSMOS/M, ABACUS, FlexPDE, Working Model 2D, Working Model 3D та ін.).

При викладанні дисципліни слід звернути увагу на застосування методів та апарату, що відносяться до загального курсу математичного аналізу, вищої та лінійної алгебри, диференціальних рівнянь, теоретичної механіки, механіки суцільних середовищ та інформатики.

Вивчення даної дисципліни значною мірою сприяє формуванню у аспірантів наукового світогляду.

Далі для зручності запису загально математичних пакетів Maple, Mathematica, Matlab і Mathcad будемо скорочувати до Систем Комп'ютерної Математики і записувати як СКМ, а Спеціалізовані Пакети Механіки ANSYS, LS-DYNA, NASTRAN, COSMOS/M, ABACUS, FlexPDE, Working Model 2D, Working Model 3D та ін. будемо записувати як СПМ.

Завдання навчальної дисципліни:

формування основних понять, можливостей та призначень СКМ і СПМ;

- ознайомлення з СКМ і СПМ;
- уміння підібрати СКМ або СПМ для розв'язання складних прикладних математичних задач та задач механіки, що виникають у науці, техніці, промисловості та економіці;
- інтеграція СКМ між собою та з іншими програмними системами і мовами;
- світовий досвід використання СКМ і СПМ та тенденцію їх розвитку;
- необхідні апаратні та програмні засоби для СКМ і СПМ.

Очікувані результати навчальної дисципліни

Загальні компетентності:

1. **ЗК1.** Аналіз і синтез. Здатність до аналізу та синтезу на основі логічних аргументів та перевірених фактів; навички управління інформацією (уміння знаходити та аналізувати інформацію з різних джерел).
2. **ЗК2.** Дослідницька здатність. Компетентності ініціювати та виконувати (індивідуально або в науковій групі) наукові дослідження, що приводять до отримання нових знань; здатність застосовувати знання на практиці.
3. **ЗК3.** Гнучкість мислення. Набуття гнучкого способу мислення, який дає можливість зрозуміти й розв'язати проблеми та задачі, зберігаючи при цьому критичне відношення до усталених наукових концепцій.
4. **ЗК8.** Популяризаційні навички. Вміння спілкуватися із нефахівцями; здатність провести усну презентацію та написати зрозумілу статтю за результатами проведених досліджень, а також щодо сучасних концепцій у прикладній математиці для нефахівців у цій галузі; здатність спілкуватися з експертами з інших галузей.

Фахові компетентності:

1. **ФК2.** Здатність застосовувати сучасну методологію, загальні та спеціальні методи наукового дослідження за спеціальністю та обраною спеціалізацією.
2. **ФК5.** Уміння будувати адекватні математичні моделі, досліджувати побудовані моделі та визначати можливості їх застосування.
3. **ФК8.** Здатність здійснювати дослідження прикладних математичних задач з використанням спеціальних математичних пакетів та аналізувати отримані дані.
4. **ФК12.** Поглиблені знання з теорії оптимального керування, якісної теорії лінійних керованих систем та основ геометричної теорії нелінійних систем. Здатність застосовувати методи теорії керування до розв'язання задач оптимізації та синтезу законів керування для математичних моделей динамічних процесів у природничих та технічних науках.

Програмні результати навчання:

1. **ПРН4.** Вміти будувати та досліджувати математичні моделі фізичних, соціально-економічних, технічних, біологічних тощо процесів, систем, процесів, формалізувати проблеми, описані природною мовою, за допомогою математичних методів, застосовувати загальні підходи до математичного моделювання конкретних процесів.

2. **ПРН6.** Вміти пояснювати складні математичні концепції мовою, зрозумілою для нефахівців у галузі математики, представляти результати наукових досліджень на наукових та популяризаційних заходах.
3. **ПРН9.** Вміти організувати неперервний власний саморозвиток і самовдосконалення, набуття гнучкого способу мислення при творчому дослідженні, в тому числі прикладних математичних проблем.
4. **ПРН11.** Мати ґрунтовні знання з математичної теорії керування, вміти застосовувати їх для розв'язання прикладних задач.

За результатами вивчення навчальної дисципліни здобувач доктора філософії повинен:

знати:

- основні поняття комп'ютерної алгебри та історію її розвитку;
- можливості та призначення СКМ і СПМ;
- можливості аналітичних та чисельних розв'язань в СКМ складних задач математичного аналізу, лінійній алгебри, звичайних диференціальних рівнянь та рівнянь у частинних похідних;
- графічні можливості СКМ;
- інтеграцію СКМ між собою та з іншими програмними системами і мовами;
- математичні основи скінчено елементного аналізу;
- можливості розв'язання задач теоретичної механіки, теорії пружності, теоретичної гідродинаміки та ін. в СКМ і СПМ;
- світовий досвід використання СКМ і СПМ та тенденцію їх розвитку;
- необхідні апаратні та програмні засоби для застосування СКМ і СПМ.

вміти:

- проводити в СКМ символічні операції з формулами, перетворення типів, операції оцінювання, підстановки, факторизації та спрощення виразів;
- проводити в СКМ аналітичних та чисельних розв'язань складних задач математичного аналізу, лінійній алгебри, звичайних диференціальних рівнянь та рівнянь у частинних похідних;
- користуватися анімацією та графічними можливостями СКМ і СПМ;
- користуватися скінчено елементним аналізом при розв'язанні задач в СПМ;
- розв'язувати задачі теоретичної механіки, теорії пружності, теоретичної гідродинаміки та механіки суцільних середовищ в СКМ і СПМ;
- самостійно підібрати СКМ або СПМ для розв'язання складних прикладних математичних задач, що виникають у науці, техніці, промисловості та економіці;
- провести обчислення та обґрунтувати отримані результати в СКМ і СПМ і видати їх з високим ступенем візуалізації.

3. Програма навчальної дисципліни

Тема 1. Сучасна концепція розв'язання складних математичних задач та задач механіки, яка заснована на використанні загально математичних та спеціалізованих пакетів (Maple, Mathematica, Matlab, Mathcad, ANSYS, LS-DYNA, NASTRAN, COSMOS/M, ABACUS, FlexPDE, Working Model 2D, Working Model 3D).

Тема 2. Системи комп'ютерної математики (СКМ) Maple, Mathematica, Matlab і Mathcad.

Тема 3. Інтеграція СКМ між собою та з іншими програмами (C, C++, Fortran, LaTeX та ін.).

Тема 4. Символьні (аналітичні) операції в СКМ (операції з формулами, перетворення типів, операції оцінювання, підстановки, факторизація та спрощення виразів).

Тема 5. Математичний аналіз в СКМ Ч.1. (Межі, суми, добутки (Limit, Sum, Product. Диференціювання та інтегрування (Diff, Int, оператор D. Аналіз функцій. Пошук екстремумів функції, точки безперервності і розриву функції (extrema, minimize, maximize, iscont, discont, singular).

Тема 6. Математичний аналіз в СКМ Ч.2. (Ряд Тейлора (taylor, mtaylor). Ряд Лорана (laurent). Інтерполяція, екстраполяція та апроксимація. Сплайнова інтерполяція, екстраполяція та апроксимація. Склад пакету numaprox. Паде-апроксимація (pade, chebpade). Найкраща мінімаксна апроксимація (minimax, remez)).

Тема 7. Математичний аналіз в СКМ Ч.3. (Векторні обчислення (VectorCalculus). Функції теорії поля (градієнт, ротор, потік і дивергенція). Інтегральні перетворення (Фур'є, Лапласа, Ханкеля, Гільберта, Мелліна)).

Тема 8. Вища алгебра в СКМ Ч.1 (Рішення рівнянь і нерівностей (solve, fsolve, rsolve. Функція RootOf. Рекурентні рівняння (rsolve). Цілочисельне рішення (isolve, msolve)).

Тема 9. Вища та лінійна алгебра в СКМ Ч.2 (Основні операції з поліномами. Обчислення коренів полінома. Пакет для роботи з поліномами PolynomialTools. Пакет наближення кривих CurveFitting. Пакет linalg. Пакет Linear Algebra і алгоритми NAG. Рішення систем лнійних рівнянь методами LU -, QR- декомпозиції і декомпозиції Халесскі).

Тема 10. Аналітичне та чисельне розв'язання звичайних диференційних рівнянь і рівнянь у частинних похідних в СКМ. Засоби візуалізації обчислень (функції DEplot, DEplot3D, PDEplot).

Тема 11. Кінцево-елементний аналіз. Огляд пакетів кінцево-елементного аналізу.

Тема 12. Можливості і призначення спеціалізованих пакетів (Working Model, ANSYS, LS-DYNA, NASTRAN, COSMOS/M, ABACUS)

Тема 13. Програмний комплекс ANSYS (Типи кінцевих елементів. Кінцеві елементи для плоских задач. Складові частини комплексу і їх

призначення. Пакетний режим (Commands). Інтерактивний режим (GUI). Препроцесорна підготовка. Постпроцесорна обробка).

Тема 14. Програмний комплекс FlexPDE (Запуск. Редагування і виконання дескрипторних файлів. Створення дескрипторних файлів. Підготовка дескрипторного файлу. Структура дескрипторних файлів).

4. Структура навчальної дисципліни

Назва теми	Кількість годин			
	Усього	у тому числі		
		Лекції	Практичні Заняття	Самостійна Робота
1	2	3	4	5
1. Сучасна концепція розв'язання складних математичних задач та задач механіки, яка заснована на використанні загально математичних та спеціалізованих пакетів (Maple, Mathematica, Matlab, Mathcad, ANSYS, LS-DYNA, NASTRAN, COSMOS/M, ABACUS, FlexPDE, Working Model 2D, Working Model 3D)	8	2	2	4
2. Системи комп'ютерної математики (СКМ) Maple, Mathematica, Matlab і Mathcad	8	2	2	4
3. Інтеграція СКМ між собою та з іншими програмами (C, C++, Fortran, LaTeX та ін.)	8	2	2	4
4. Символьні (аналітичні) операції в СКМ (операції з формулами, перетворення типів, операції оцінювання, підстановки, факторизація та спрощення виразів)	8	2	2	4
5. Математичний аналіз в СКМ Ч.1. (Межі, суми, добутки (Limit, Sum, Product. Диференціювання та інтегрування (Diff, Int, оператор D. Аналіз функцій. Пошук екстремумів функції, точки безперервності і розриву функції (extrema, minimize, maximize, iscont, scont, singular)	8	2	2	4
6. Математичний аналіз в СКМ Ч.2. (Ряд Тейлора (taylor, mtaylor). Ряд Лорана (laurent). Інтерполяція, екстраполяція та апроксимація.	8	2	2	4

Сплайнова інтерполяція, екстраполяція та апроксимація. Склад пакету numaprox. Паде-апроксимація (pade, chebpade). Найкраща мінімаксна апроксимація (minimax, remez))				
7. Математичний аналіз в СКМ Ч.3. (Векторні обчислення (VectorCalculus). Функції теорії поля (градієнт, ротор, потік і дивергенція). Інтегральні перетворення (Фур'є, Лапласа, Ханкеля, Гільберта, Мелліна))	8	2	2	4
8. Вища алгебра в СКМ Ч.1 (Рішення рівнянь і нерівностей (solve, fsolve, rsolve. Функція RootOf. Рекурентні рівняння (rsolve). Цілочисельне рішення (isolve, msolve))	8	2	2	4
9. Вища та лінійна алгебра в СКМ Ч.2 (Основні операції з поліномами. Обчислення коренів полінома. Пакет для роботи з поліномами PolynomialTools. Пакет наближення кривих CurveFitting. Пакет linalg. Пакет Linear Algebra і алгоритми NAG. Рішення систем лнійних рівнянь методами LU -, QR- декомпозиції і декомпозиції Халесскі)	8	2	2	4
10. Аналітичне та чисельне розв'язання звичайних диференційних рівнянь і рівнянь у частинних похідних в СКМ. Засоби візуалізації обчислень (функції DEplot, DEplot3D, PDEplot)	8	2	2	4
11. Приклади розв'язання фізико-технічних задач, а також задач теоретичної механіки, гідродинаміки і теорії пружності на основі сучасних математичних пакетів	10	2	2	6
12. Можливості і призначення спеціалізованих пакетів (ANSYS, LS-DYNA, NASTRAN, COSMOS/M, ABACUS, FlexPDE, Working Model 2D, Working Model 3D та ін.	10	2	2	6
13. Програмний комплекс ANSYS (Типи кінцевих елементів. Кінцеві елементи для плоских задач. Складові частини комплексу і їх призначення. Пакетний режим (Commands). Інтерактивний режим (GUI). Препроцесорна підготовка. Постпроцесорна обробка)	10	2	2	6
14. Програмний комплекс FlexPDE	10	2	2	6

(Запуск. Редагування і виконання дескрипторних файлів. Створення дескрипторних файлів. Підготовка дескрипторного файлу. Структура дескрипторних файлів)				
Усього годин	120	28	28	64

5. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Загально математичні та спеціалізовані пакети (Maple, Mathematica, Matlab, Mathcad, ANSYS, LS-DYNA, NASTRAN, COSMOS/M, ABACUS, FlexPDE, Working Model 2D, Working Model 3D)	2
2	Системи комп'ютерної математики (СКМ) Maple, Mathematica, Matlab і Mathcad	2
3	Інтеграція СКМ між собою та з іншими програмами (C, C++, Fortran, LaTeX та ін.)	2
4	Символьні (аналітичні) операції в СКМ (операції з формулами, перетворення типів, операції оцінювання, підстановки, факторизація та спрощення виразів)	2
5	Математичний аналіз в СКМ Ч.1. (Межі, суми, добутки (Limit, Sum, Product. Диференціювання та інтегрування (Diff, Int, оператор D. Аналіз функцій. Пошук екстремумів функції, точки безперервності і розриву функції (extrema, minimize, maximize, iscont, discont, singular)	2
6	Математичний аналіз в СКМ Ч.2. (Ряд Тейлора (taylor, mtaylor). Ряд Лорана (laurent). Інтерполяція, екстраполяція та апроксимація. Сплайнова інтерполяція, екстраполяція та апроксимація. Склад пакету numaprox. Паде-апроксимація (pade, chebpade). Найкраща мінімаксна апроксимація (minimax, remez))	2
7	Математичний аналіз в СКМ Ч.3. (Векторні обчислення (VectorCalculus). Функції теорії поля (градієнт, ротор, потік і дивергенція). Інтегральні перетворення (Фур'є, Лапласа, Ханкеля, Гільберта, Мелліна))	2
8	Вища алгебра в СКМ Ч.1 (Рішення рівнянь і нерівностей (solve, fsolve, rsolve. Функція RootOf. Рекурентні рівняння (rsolve). Цілочисельне рішення (isolve, msolve))	2
9	Вища та лінійна алгебра в СКМ Ч.2 (Основні операції з поліномами. Обчислення коренів полінома. Пакет для роботи з поліномами PolynomialTools. Пакет наближення кривих CurveFitting. Пакет linalg. Пакет Linear Algebra і алгоритми NAG. Рішення систем лнійних рівнянь методами LU -, QR-декомпозиції і декомпозиції Халесскі)	2
10	Аналітичне та чисельне розв'язання звичайних диференціальних рівнянь і рівнянь у частинних похідних в СКМ. Засоби візуалізації обчислень (функції DEplot, DEplot3D, PDEplot)	2
11	Приклади розв'язання фізико-технічних задач, а також задач теоретичної механіки, гідродинаміки і теорії пружності на основі сучасних математичних пакетів	2
12	Можливості і призначення спеціалізованих пакетів (ANSYS, LS-DYNA, NASTRAN, COSMOS/M, ABACUS, FlexPDE, Working Model 2D, Working Model 3D та ін.	2
13	Програмний комплекс ANSYS (Типи кінцевих елементів. Кінцеві елементи для плоских задач. Складові частини комплексу і їх призначення. Пакетний режим (Commands). Інтерактивний режим (GUI). Препроцесорна підготовка. Постпроцесорна обробка)	2

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
14	Програмний комплекс FlexPDE (Запуск. Редагування і виконання дескрипторних файлів. Створення дескрипторних файлів. Підготовка дескрипторного файлу. Структура дескрипторних файлів)	2
	Разом	28

6. Теми для самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Загально математичні та спеціалізовані пакети (Maple, Mathematica, Matlab, Mathcad, ANSYS, LS-DYNA, NASTRAN, COSMOS/M, ABACUS, FlexPDE, Working Model 2D, Working Model 3D)	4
2	Системи комп'ютерної математики (СКМ) Maple, Mathematica, Matlab і Mathcad	4
3	Інтеграція СКМ між собою та з іншими програмами (C, C++, Fortran, LaTeX та ін.)	4
4	Символьні (аналітичні) операції в СКМ (операції з формулами, перетворення типів, операції оцінювання, підстановки, факторизація та спрощення виразів)	4
5	Математичний аналіз в СКМ Ч.1. (Межі, суми, добутки (Limit, Sum, Product. Диференціювання та інтегрування (Diff, Int, оператор D. Аналіз функцій. Пошук екстремумів функції, точки безперервності і розриву функції (extrema, minimize, maximize, iscont, discount, singular)	4
6	Математичний аналіз в СКМ Ч.2. (Ряд Тейлора (taylor, mtaylor). Ряд Лорана (laurent). Інтерполяція, екстраполяція та апроксимація. Сплайнова інтерполяція, екстраполяція та апроксимація. Склад пакету numargh. Паде-апроксимація (pade, chebpade). Найкраща мінімаксна апроксимація (minimax, remez))	4
7	Математичний аналіз в СКМ Ч.3. (Векторні обчислення (VectorCalculus). Функції теорії поля (градієнт, ротор, потік і дивергенція). Інтегральні перетворення (Фур'є, Лапласа, Ханкеля, Гільберта, Мелліна))	4
8	Вища алгебра в СКМ Ч.1 (Рішення рівнянь і нерівностей (solve, fsolve, rsolve. Функція RootOf. Рекурентні рівняння (rsolve). Цілочисельне рішення (isolve, msolve))	4
9	Вища та лінійна алгебра в СКМ Ч.2 (Основні операції з поліномами. Обчислення коренів полінома. Пакет для роботи з поліномами PolynomialTools. Пакет наближення кривих CurveFitting. Пакет linalg. Пакет Linear Algebra і алгоритми NAG. Рішення систем лнійних рівнянь методами LU -, QR-декомпозиції і декомпозиції Халесскі)	4
10	Аналітичне та чисельне розв'язання звичайних диференціальних рівнянь і рівнянь у частинних похідних в СКМ. Засоби візуалізації обчислень (функції DEplot, DEplot3D, PDEplot)	4
11	Приклади розв'язання фізико-технічних задач, а також задач теоретичної механіки, гідродинаміки і теорії пружності на основі	6

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
	сучасних математичних пакетів	
12	Можливості і призначення спеціалізованих пакетів (ANSYS, LS-DYNA, NASTRAN, COSMOS/M, ABACUS, FlexPDE, Working Model 2D, Working Model 3D та ін.	6
13	Програмний комплекс ANSYS (Типи кінцевих елементів. Кінцеві елементи для плоских задач. Складові частини комплексу і їх призначення. Пакетний режим (Commands). Інтерактивний режим (GUI). Препроцесорна підготовка. Постпроцесорна обробка)	6
14	Програмний комплекс FlexPDE (Запуск. Редагування і виконання дескрипторних файлів. Створення дескрипторних файлів. Підготовка дескрипторного файлу. Структура дескрипторних файлів)	6
	Разом	64

7. Методи навчання

При викладанні навчальної дисципліни «Вибіркові розділи механіки суцільного середовища» використовуються такі методи навчання: метод проблемного навчання, евристичне навчання, модульно-рейтингова система навчання.

8. Методи контролю

Використовуються наступні методи контролю:

1. Поточний контроль знань:

- усне опитування;
- виконання практичних робіт;
- тестування;
- виконання дослідницьких завдань.

2. Підсумковий контроль знань (іспит):

- підсумковий тест або екзаменаційні білети.

9. Критерії оцінювання результатів навчання

Розподіл балів, які отримує аспірант

Аудиторна робота													Самостійна Робота	Підсумковий контроль (іспит)	Загальна кількість отриманих балів
Теми															
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7 T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14			
2	2	2	2	2	2	4	4	4	4	4	4	4	20	40	100

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка за національною шкалою
	для іспиту
90-100	«відмінно» - здобувач повно і всебічно розкриває питання теми, вільно оперує поняттями і термінологією, демонструє глибокі знання джерел, має власну точку зору стосовно відповідної теми і може аргументовано її доводити
75-89	«добре» - загалом рівень знань здобувачів відповідає викладеному вище, але мають місце деякі упущення при виконанні завдань, обґрунтування неточні, не підтверджуються достатньо обґрунтованими доказами
60-74	«задовільно» - здобувач розкрив питання, в загальних рисах, розуміє їх суть, намагається робити висновки, але при цьому припускається грубих помилок, матеріал викладає нелогічно і не самостійно
35-59	«незадовільно» - з можливістю повторного складання, здобувач не в змозі дати відповідь на поставлене запитання або відповідь неправильна, не розуміє суті питання, не може зробити висновки
0-34	«незадовільно» - з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

10. Орієнтовний перелік питань до підсумкового контролю (іспиту)

1. Сучасна концепція розв'язання складних математичних задач та задач механіки, яка заснована на використанні загально математичних та спеціалізованих пакетів (Maple, Mathematica, Matlab, Mathcad, ANSYS, LS-DYNA, NASTRAN, COSMOS/M, ABACUS, FlexPDE, Working Model 2D, Working Model 3D).

2. Системи комп'ютерної математики (СКМ) Maple, Mathematica, Matlab і Mathcad.

3. Інтеграція СКМ між собою та з іншими програмами (C, C++, Fortran, LaTeX та ін.).

4. Символьні (аналітичні) операції в СКМ (операції з формулами, перетворення типів, операції оцінювання, підстановки, факторизація та спрощення виразів).

5. Математичний аналіз в СКМ Ч.1. (Межі, суми, добутки (Limit, Sum, Product. Диференціювання та інтегрування (Diff, Int, оператор D. Аналіз функцій. Пошук екстремумів функції, точки безперервності і розриву функції (extrema, minimize, maximize, iscont, discont, singular).

6. Математичний аналіз в СКМ Ч.2. (Ряд Тейлора (taylor, mtaylor). Ряд Лорана (laurent). Інтерполяція, екстраполяція та апроксимація. Сплайнова інтерполяція, екстраполяція та апроксимація. Склад пакету numaprox. Паде-

апроксимація (pade, chebpade). Найкраща мінімаксна апроксимація (minimax, remez)).

7. Математичний аналіз в СКМ Ч.3. (Векторні обчислення (VectorCalculus). Функції теорії поля (градієнт, ротор, потік і дивергенція). Інтегральні перетворення (Фур'є, Лапласа, Ханкеля, Гільберта, Мелліна)).

8. Вища алгебра в СКМ Ч.1 (Рішення рівнянь і нерівностей (solve, fsolve, rsolve. Функція RootOf. Рекурентні рівняння (rsolve). Цілочисельне рішення (isolve, msolve)).

9. Вища та лінійна алгебра в СКМ Ч.2 (Основні операції з поліномами. Обчислення коренів полінома. Пакет для роботи з поліномами PolynomialTools. Пакет наближення кривих CurveFitting. Пакет linalg. Пакет Linear Algebra і алгоритми NAG. Рішення систем лнійних рівнянь методами LU -, QR- декомпозиції і декомпозиції Халесскі).

10. Аналітичне та чисельне розв'язання звичайних диференційних рівнянь і рівнянь у частинних похідних в СКМ. Засоби візуалізації обчислень (функції DEplot, DEplot3D, PDEplot).

11. Кінцево-елементний аналіз. Огляд пакетів кінцево-елементного аналізу.

12. Можливості і призначення спеціалізованих пакетів (Working Model, ANSYS, LS-DYNA, NASTRAN, COSMOS/M, ABACUS)

13. Програмний комплекс ANSYS (Типи кінцевих елементів. Кінцеві елементи для плоских задач. Складові частини комплексу і їх призначення. Пакетний режим (Commands). Інтерактивний режим (GUI). Препроцесорна підготовка. Постпроцесорна обробка).

14. Програмний комплекс FlexPDE (Запуск. Редагування і виконання дескрипторних файлів. Створення дескрипторних файлів. Підготовка дескрипторного файлу. Структура дескрипторних файлів).

11. Рекомендована література

1. Larry J. Segerlind Applied Finite Element Analysis Wiley, 1976.
2. Aliev A.V., Mishchenkova O.V., Lipanov A.M. Mathematical Modeling and Numerical Methods in Chemical Physics and Mechanics. Apple Academic Press, INC, 2016.
3. Wigderson, Avi Mathematics and Computation: A Theory Revolutionizing Technology and Science Published by Princeton University Press, 2019.
4. ANSYS. Basic Analysis Guide. Rel. 5.6/ANSYS Inc., 1998.
5. Сергієнко І.В., Хіміч О.М. Математичне моделювання: Від мелм до екзафлопсів. *Вісник НАН України*, 2019, **8**, 37–50.
6. Kleppe A. Software Language Engineering: Creating Domain_Specific Language Using Metamodels. N.Y: AddisonWesley Professional, 2008.
7. Kononov Yu.M. Stability of the Equilibrium State of a Rigid Body with Multilayer Ideal Liquid Separated by Elastic Plates. *Ukrainian Mathematical Journal* –2022, **73**,– P.1551–1565.

8. Kononov Yu.M., Sviatenko Ya.I. Stabilization of unstable Spinning of a Lagrange Gyroscope in a Resisting Medium by another spinning gyroscope. *Int. Appl. Mech.* – 2022. – **58**, № 5. – P. 605 – 612.
9. Kononov Yuriy M. On the rotational stability in an environment with resistance of a free system of two rigid bodies connected by an elastic spherical joint and having a cavity with a liquid. *Journal of Mathematical Scienc.* – 2024. –**284**, № 3. – P. 345 – 356.
10. Троценко В.А., Троценко Ю.В. Застосування варіаційних методів у спектральних задачах тонкостінних оболонок і гідропружності – Київ: Ін-т математики НАН України, Наук. думка, 2023. – 340 с.