



МЕТОД СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ В МЕХАНІЦІ СТРИЖНЕВИХ СИСТЕМ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>131 Прикладна механіка</i>
Освітня програма	<i>Динаміка і міцність машин</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>3 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити ЕКТС, 120 годин: лекції – 36 годин, практ. заняття – 36 год., самостійна робота – 48 год.</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік, контрольні роботи за розділами, модульна контрольна робота</i>
Розклад занять	<i>Лекція - 1 раз на тиждень, практичне заняття – 1 раз на тиждень</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>д.т.н., професор Пискунов Сергій Олегович</i> <i>e-mail: s.piskunov@kpi.ua,</i> <i>профіль: http://mmi-dmm.kpi.ua/index.php/ua/vikladachi-kafedri/212-%D0%BF%D1%96%D1%81%D0%BA%D1%83%D0%BD%D0%BE%D0%B2-%D1%81%D0%B5%D1%80%D0%B3%D1%96%D0%B9-%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D0%B3%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%87.html</i> Практичні: <i>д.т.н., професор Пискунов Сергій Олегович</i>
Розміщення курсу	<i>Посилання на дистанційний ресурс (Moodle, Google classroom, тощо)</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Серед конструкцій різного призначення важливе місце належить стрижневим системам, які широко використовуються в якості несучих елементів в машинобудуванні, будівництві інших галузях техніки. Класичні (аналітичні) методи розрахунку стержневих систем становлять важливу основу для засвоєння базових понять механіки стержневих систем, розуміння основних принципів їх утворення і механічної поведінки. В той же час трудомісткість розрахунків на міцність і жорсткість цими методами суттєво зростає при ускладненні структури і збільшенні розмірів конструкції. Особливо це проявляється у розрахунках статично-невизначуваних систем. В цьому випадку є потреба у застосуванні сучасних числових методів розрахунку, одним з яких є метод скінченних елементів (МСЕ).

Метою вивчення дисципліни є: вивчення теоретичних основ і практичних аспектів застосування методу скінченних елементів (МСЕ) стосовно до стержневих систем – рам, ферм, комбінованих конструкцій: побудова розрахункових схем стержневих конструкцій і їх дискретних

моделей, їх опис у програмних засобах, які реалізують МСЕ, розв'язання модельних задач, оцінка адекватності отриманих результатів.

Предмет дисципліни – теоретичні основи методу скінченних елементів (МСЕ), програмний комплекс «ЛИРА», числові результати розрахунку стержневих систем МСЕ при дії статичних навантажень.

Програмні результати навчання:

знання :

- основних положень МСЕ, принципів побудови дискретних моделей МСЕ;
- теоретичних положень з отримання розв'язувальних співвідношень МСЕ і процедур розв'язання задачі;
- типів скінченних елементів для дискретизації стержневих систем;
- підходів до створення дискретних моделей, розрахунку стержневих систем (ферм і рам) і перевірки достовірності результатів розв'язку МСЕ, .

уміння:

- формувати розв'язувальні співвідношення МСЕ, проводити розв'язання задач;
- проводити розрахунки стержневих систем і аналіз результатів і у ПК «ЛИРА»;

досвід:

- отримання співвідношень скінченних елементів для окремих типів задач деформування стержневих систем;
- виконання розрахунків на міцність і жорсткість стержневих систем МСЕ у ПК «ЛИРА» при дії статичних навантажень.

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

Пререквізити: курси (навчальні дисципліни): вища математика, теоретична механіка, механіка матеріалів і конструкцій, будівельна механіка стержневих систем.

Постреквізити: результати вивчення дисципліни можуть бути використані для подальшого вивчення дисциплін «Числові методи динаміки і міцності машин», «Автоматизовані методи проектування 3D об'єктів», а також для виконання кваліфікаційних бакалаврських робіт зі ОП «Динаміка і міцність машин »спеціальності 131 «Прикладна механіка».

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Теоретичні основи МСЕ для стержневих систем

Тема 1. Основна ідея і принципи використання МСЕ.

Тема 2. Стержневий скінченний елемент для плоских рам і ферм.

Тема 3. Проведення розрахунку МСЕ і аналіз результатів.

Розділ 2. Розрахунок стержневих систем в ПК ЛИРА

Тема 1. . Програмний комплекс «ЛИРА» - побудова, можливості, алгоритм розв'язання задач.

Тема 2. Розрахунок плоских ферм і рам в ПК «ЛИРА»

Тема 3. Розрахунок комбінованих стержневих систем в ПК «ЛИРА»

Розділ 3. Варіаційне формулювання МСЕ для стержневих систем.

Тема 1. Основи варіаційного числення.

Тема 2. Варіаційне формулювання МСЕ для стержневих систем

Тема 3. Побудова скінченних елементів для задач деформування стержневих систем

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основна

1. Баженов В.А., Перельмутер А.В., Шишов О.В. Будівельна механіка. Комп'ютерні технології і моделювання [Електронний ресурс] : Підручник для студентів вищих навчальних закладів // Електронні текстові дані (1 файл: 34,7 Мбайт) Київ, 2018 р. – 896 с.
2. Баженов В.А., Іванченко Г.М., Шишов О.В., Пискунов С.О. Будівельна механіка. Розрахункові вправи. Задачі. Комп'ютерне тестування: Навч.посібник для студентів вищих навчальних закладів - Київ, Каравела, 2010 р. – 420 с.
3. Легостаєв А.Д. Метод скінченних елементів. Конспект лекцій. – Київ, КНУБА, 2004 р.- 112 с.

Додаткова

1. Дубенець В.Г., Хільчевський В.В., Савченко О.В. Основи методу скінченних елементів: Навчальний посібник. – Чернігів: ЧДТУ, 2007. – 288 с.
2. Лучко, Й. Й. Будівельна механіка стержневих систем : навчальне видання / Й. Й. Лучко, О. С. Распопов : за ред. д. т. н., проф. Й. Й. Лучка. – Львів : "Каменярь", 2014. – 388 с.
3. Програмне забезпечення інженерних розрахунків: конспект лекцій для студентів спеціальності 192 «Будівництво і цивільна інженерія» / Укладач Сорочак А.П. – Тернопіль, Тернопільський національний університет ім.Івана Пулюя, 2018 рю – 128 с.
4. Овчаренко В.А., Полєсний С.А., Зінченко С.М. Основи методу кінцевих елементів і його застосування в інженерних розрахунках: Навчальний посібник. – Краматорськ, ДДМА, 2008 р. – 380с.

Навчальні посібники і методичні вказівки

1. Чемерис О.М., Трубочев С.І., Колодяжний В.А. Будівельна механіка машин – Навчальний посібник, Київ, КПІ, 2017 р.
2. Будівельна механіка машин. Розд. І: Стрижневі системи [Електронний ресурс] : конспект лекцій для студентів напряму підготовки 6.050501 «Прикладна механіка» / НТУУ «КПІ» ; уклад. О. М. Чемерис. – Електронні текстові дані (1 файл: 922,94 Кбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2012, Доступ: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/2238>
3. Будівельна механіка машин. Ч. І: Стрижневі системи [Електронний ресурс] : методичні вказівки до проведення практичних занять з дисципліни для студентів напряму підготовки 6.050501 «Прикладна механіка»/ НТУУ «КПІ»; уклад. О. М. Чемерис. – Електронні текстові дані (1 файл: 5,93 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2013. – 60 с. Доступ <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/2582>

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Назви розділів і тем	Кількість годин				
	Всього	у тому числі			
		Лекції	Практичні	Лабораторні	СРС
1	2	3	4	5	6
Розділ 1. Теоретичні основи МСЕ для стрижневих систем					
Тема 1. Основна ідея і принципи використання МСЕ	10	4	4	—	2
Тема 2. Стержневий скінченний елемент для плоских рам і ферм	16	8	6	—	4
1	2	3	4	5	6

Тема 3. Проведення розрахунку МСЕ і аналіз результатів	4	-	2	—	2
Контрольна робота 1 і індивідуальне завдання 1	4	—	2	—	2
Разом за розділом 1	36	14	12	—	10
Розділ 2. Розрахунок стержневих систем в ПК ЛИРА					
Тема 1. Програмний комплекс «ЛИРА» - побудова, можливості, алгоритм розв'язання задач	6	2	2	—	2
Тема 2. Розрахунок плоских ферм і рам в ПК «ЛИРА»	14	4	8	—	2
Тема 3. Розрахунок комбінованих стрижневих систем в ПК «ЛИРА»	6	2	2	—	2
Контрольна робота 2 і індивідуальне завдання 2,3,4	14	—	2	—	12
Разом за розділом 2	40	8	14	—	18
Розділ 3. Варіаційне формулювання МСЕ для стрижневих систем					
Тема 1. Основи варіаційного числення	4	2	-	—	2
Тема 2. Варіаційне формулювання МСЕ для стержневих систем.	6	2	2	—	2
Тема 3. Побудова скінченних елементів для задач деформування стрижневих систем	12	6	4	—	2
Контрольна робота 3	4	—	-	—	2
Разом за розділом	26	—	6	—	8
Семестровий контроль	2	2	-	—	-
Всього годин	120	36	36	—	48

№ з/п	Теми лекційних занять	Кількість годин
1	Метод скінчених елементів (МСЕ) – вступ: історія, загальна ідея і принципи використання. Побудова дискретної моделі. Програмне забезпечення	2
2	Розрахунок ступінчастого стержня на розтяг-стиснення та кручення МСЕ	
3	МСЕ для стрижневих систем. Типи стержевих скінченних елементів. Дискретна модель стержневої системи МСЕ і основні невідомі.	2
4	Стержневий скінчений елемент для плоских рам. Матриця жорсткості і вектор вузлових реакцій СЕ (статичне формулювання)	2
5	Розв'язувальні рівняння МСЕ в базисній системі координат. Визначення внутрішніх зусиль в стержнях.	2
6	Розрахунок плоских ферм МСЕ. СЕ плоскої ферми	2
7	Проведення розрахунку МСЕ і аналіз результатів	
8	Програмний комплекс «ЛИРА» - побудова, можливості, загальний алгоритм розв'язання задач	2
9	Розрахунок плоских і просторових ферм в ПК «ЛИРА»	2
10	Розрахунок плоских рам в ПК «ЛИРА»	2
11	Розв'язання задач стійкості МСЕ	2

№ з/п	Теми лекційних занять	Кількість годин
12	Варіаційне формулювання МСЕ для стержневих систем. Функції форми.	2
13	Матриця жорсткості і вектор вузлових реакцій стержневого СЕ	2
14	Побудова скінченного елемента для розв'язання задачі про кручення стержня МСЕ	2
15	Побудова скінченного елемента для розв'язання задачі про згин балки МСЕ	2
16	Скінченний елемент і розрахунок просторової рами МСЕ	2
17	Точність розв'язку МСЕ. Порядок апроксимації СЕ	2
18	Підсумкова лекція. Модульна контрольна робота	

№ з/п	Теми практичних занять	Кількість годин
1	Розрахунок стержня при розтягу стисненні МСЕ (статичне формулювання).	2
2	Розрахунок вала на кручення МСЕ (статичне формулювання)	2
3	Розрахунок стержневої системи (ферми) МСЕ	2
4	Розрахунок статично-невизначуваної рами МСЕ– матриця жорсткості	2
5	Розрахунок статично-невизначуваної рами МСЕ– внутрішні зусилля, перевірка результатів	2
6	Тематична контрольна робота «Теоретичні основи МСЕ для стержневих систем»	2
7	Функціональні можливості ПК ЛИРА. Геометрична незмінність дискретної моделі. Розрахунок стержня на розтяг-стиснення і вала на кручення	
8	Розрахунок статично-визначуваних ферм в ПК «ЛИРА» - вплив особливостей розрахункової схеми на напружений стан, розрахункові навантаження .	2
9	Розрахунок статично-невизначуваних ферм в ПК «ЛИРА»: дослідження впливу жорсткості стержнів, температурних навантажень на напружений стан	2
10	Розрахунок статично визначуваних і статично невизначуваних рам в ПК «ЛИРА». Дослідження впливу вимушених переміщень опор на напружений стан	2
11	Порівняльний розрахунок статично-невизначуваної рами (ПК «ЛИРА» і метод переміщень)	2
12	Дослідження збіжності МСЕ – розрахунок криволінійного і ступінчастого стержня	2
13	Розв'язання задач стійкості МСЕ	
13	Тематична контрольна робота «Розрахунок стержневих систем в ПК ЛИРА»	2
14	Розрахунок стержневих систем МСЕ із використанням варіаційних підходів	2
15	Розв'язання задачі кручення вала МСЕ	2
16	Розв'язання задачі задачі про згин нерозрізної балки МСЕ	2
17	Тематична контрольна робота «Варіаційне формулювання МСЕ»	
18	Підсумкове заняття. Залік	

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студента складається зі:

- підготовки до аудиторних занять – повторення викладеного на попередньому занятті матеріалу;
- підготовка до теоретичної складової контрольних робіт за розділами;
- самостійне розв'язання індивідуальних завдань (задач) тематикою розділів і підготовка звітів.

1. Розрахунок стержневої системи МСЕ.
2. Розрахунок статично-визначуваної ферми в ПК «ЛИРА» - дослідження впливу особливостей розрахункової схеми на напружений стан (звіт у складі: розрахункова схема і дискретна модель ферми, результати розрахунку за різними розрахунковими схемами, перевірка визначення зусиль і перевірка рівноваги вузла методами статyki).
3. Розрахунок статично-невизначуваної ферми в ПК «ЛИРА»: дослідження впливу жорсткості стержнів, температурних навантажень на напружений стан (звіт у складі: розрахункова схема і дискретна модель ферми, результати розрахунку з різними жорсткостями стержнів при дії силового навантаження, результат розрахунку при дії температурних навантажень, перевірка рівноваги вузла методами статyki при дії температурних навантажень).
4. Порівняльний розрахунок статично-невизначуваної рами (звіт у складі: розрахункова схема і дискретна модель рами, результат розрахунку МСЕ і методом переміщень, перевірка умови жорсткості рами)

Самостійна робота виконується протягом семестру в межах часу, відведеного на самостійну роботу по темі.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Правила відвідування занять

Відвідування лекцій та практичних занять, а також відсутність на них, не оцінюється. Однак, студентам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для виконання індивідуальних завдань.

Система оцінювання орієнтована на отримання балів за своєчасність виконання студентам практичних робіт, а також виконання завдань, які здатні розвинути практичні уміння та навички.

Порушення термінів виконання завдань та заохочувальні бали

Заохочувальні бали		Штрафні бали	
Критерій	Ваговий бал	Критерій	Ваговий бал
Своєчасне виконання практичної роботи (за кожне завдання)	+ 2 бали	Порушення термінів виконання практичної роботи (за кожне завдання)	- 2 бал

Пропущені контрольні заходи

Індивідуальне завдання, яке подається на перевірку з порушенням терміну виконання,

але до терміну виставлення поточної атестації (або заліку / іспиту), оцінюється зі штрафними балами.

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>.

Навчання іноземною мовою

Навчальна дисципліна «Метод скінченних елементів для стрижневих систем» не передбачає її вивчення англійською мовою.

Інклюзивне навчання

Навчальна дисципліна «Метод скінченних елементів для стрижневих систем» може викладатися для більшості студентів з особливими освітніми потребами, окрім осіб з серйозними вадами зору, які не дозволяють виконувати завдання за допомогою персональних комп'ютерів, ноутбуків та/або інших технічних засобів.

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

1. Індивідуальні завдання

Завдання 1. Розрахунок статично-визначуваної ферми в ПК «ЛИРА» - дослідження впливу особливостей розрахункової схеми на внутрішні зусилля (зміст: розрахункові схеми і дискретні моделі ферми, результати розрахунку за різними розрахунковими схемами, перевірка визначення зусиль і перевірка зусиль методами статички).

Завдання 2. Розрахунок статично-невизначуваної ферми в ПК «ЛИРА»: дослідження впливу жорсткості стержнів, температурних навантажень на внутрішні зусилля і переміщення (зміст: розрахункова схема і дискретна модель ферми, результати розрахунку з різними жорсткостями стержнів при дії силового навантаження та при дії температурних навантажень, перевірка зусиль і переміщень аналітичними методами).

Завдання 3. Розрахунок плоскої статично-невизначуваної рами (зміст: розрахункова схема і дискретна модель рами, результати розрахунку методом переміщень - 1й семестр, і МСЕ в ПК «ЛИРА» (епюри внутрішніх зусиль), визначення переміщень і перевірка умови жорсткості рами).

Завдання 4. Розрахунок просторової статично-невизначуваної рами (розрахункова схема, результати розрахунку МСЕ при дії просторових навантажень, перевірка зусиль аналітичними методами).

Критерії оцінювання індивідуальних завдань:

- задача виконана правильно 8 балів;

- хід розв'язання правильний,
незначні помилки у результатах, оформленні звіту 7 балів;
- хід розв'язання правильний, суттєві помилки в обчисленнях 4 бали;
- помилки в методиці розв'язання задачі 2 бал;
- відсутність розв'язання задачі 0 балів

Виправлення помилок в ході співбесіди

по результатам виконання індивідуальних завдань + 1-2 бали

Своєчасність виконання завдання + 2 бали

2. Тематичні контрольні роботи (короткі теоретичні питання : основні формули і визначення)

Тематична контрольна робота 1. «Теоретичні основи МСЕ для стрижневих систем».

Теоретичні питання: Основні теоретичні положення МСЕ

Тематична контрольна робота 2. «Розрахунок стержневих систем в ПК ЛИРА».

Теоретичні питання: Основи побудови і процедури розв'язання задач в ПК ЛИРА

Тематична контрольна робота 3. «Варіаційне формулювання МСЕ для стрижневих систем».

Критерії оцінювання індивідуальних завдань:

- хід розв'язання правильний, без помилок 15 балів;
 - хід розв'язання правильний
незначні помилки у результатах, оформленні 13-14 балів;
 - хід розв'язання правильний,
суттєві помилки в обчисленнях (ході розв'язання задачі)..... 10-12 балів;
 - помилки в методиці розв'язання задачі *) 6-9 балів
 - відсутність розв'язання задачі 0 балів;
- *) задача потребує обов'язкового допущення

Критерії оцінювання тематичних контрольних робіт (теоретичні питання):

- 80 % і більше правильних відповідей на питання 5 бали;
- від 65 % до 79 % правильних відповідей на питання 3 бал;
- від 33% до 59 % правильних відповідей на питання 1 бал;
- менше 33 % правильних відповідей на питання 0 балів;

3. Модульна контрольна робота – письмове викладення двох теоретичних питань

Критерії оцінювання питань модульної контрольної роботи (за одне теоретичні питання):

- правильна відповідь на питання 10 бали;
- незначні помилки у відповіді на питання 8 балів;
- значні помилки у відповіді на питання 6 балів;
- відсутність відповіді на питання 0 балів;

4.Активність на лекційних і практичних заняттях впродовж семестру, зокрема -наявність позитивних результатів календарного контролю - до 5 балів

Розрахунок сумарного рейтингу $R_c = 60 + 15 + 20 + 5 = 100$ балів.

Індивідуальні завдання (з урахуванням своєчасності виконання)	4 x 15 балів = 60 балів
Тематичні контрольні роботи	3 x 5 балів = 15 балів
Модульна контрольна робота	20 балів
Активність на заняттях	5 балів

Разом 100 балів

Необхідною умовою отримання заліку є виконання всіх індивідуальних завдань і контрольних робіт, а також сумарний рейтинг не менший 60% від **R**, тобто **60 балів**.

Для отримання студентом відповідних оцінок (ECTS та традиційних) його сумарна рейтингова оцінка переводиться згідно з таблицею:

Кількість балів	Оцінка ECTS	Традиційна оцінка
95 – 100	A	зараховано
85 – 94	B	
75 – 84	C	
65 – 74	D	
60 - 64	E	
< 60	Fx	не зараховано
< 30 балів або не виконані інші умови допуску до заліку	F	не допущений

Студенти, які отримали оцінку <F, до складання екзамену не допускаються і повинні підвищити свій рейтинг шляхом додаткового виконання контрольних робіт, співбесіди з індивідуальних завдань протягом додаткової сесії.

Результати контрольних заходів оголошуються кожному студенту окремо у присутності або в дистанційній формі (у системі Moodle або е-поштою).

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль:

1. Загальна ідея МСЕ. побудова дискретних моделей і типи скінченних елементів.
2. Стержневий скінчений елемент. Дискретна модель стержневої системи.
3. Глобальна (базисна) і локальна (місцева) системи координат, зв'язок між ними (матриця перетворення). Властивості матриці перетворення.
4. Вузлові характеристики СЕ в глобальній і локальній системі координат
5. Матриця жорсткості стержневого скінченного елемента в локальній системі координат. Отримання окремих стовпців матриці, їх зміст.
6. Вектор вузлових навантажень СЕ в локальній системі координат.
7. Вузлові характеристики скінченоеlementної моделі стержневої системи.
8. Матриця жорсткості стержневого скінченного елемента і вектор навантажень в глобальній системі координат.
9. Матриця жорсткості скінченоеlementної моделі.
10. Побудова системи розв'язувальних рівнянь МСЕ
11. Обчислення внутрішніх зусиль в стержнях дискретної моделі стержневої системи.
12. Скінченний елемент для розрахунку ферм – основі співвідношення.
13. Урахування шарнірів при розрахунку рам і комбінованих систем.
14. основні функціональні можливості ПК «ЛИРА»
15. Способи побудови дискретних моделей в ПК «ЛИРА»
16. Типи скінченних елементів в ПК «ЛИРА»
17. Опис граничних умов в ПК «ЛИРА»
18. Опис жорсткісних характеристик скінченних елементів в ПК «ЛИРА»
19. Задання навантажень в ПК «ЛИРА»
20. Аналіз результатів в ПК «ЛИРА»
21. Збіжність розв'язку МСЕ.
22. Застосування варіаційних принципів для побудови матриці жорсткості СЕ.
23. Функції форми СЕ.
24. Обчислення компонент матриці жорсткості із використанням чисельного інтегрування функцій форми.
25. Скінченний елемент для розв'язання задачі про розтяг-стиснення стержня
26. Скінченний елемент для розв'язання задачі про кручення стержня
27. Порядок апроксимації СЕ. Ізопараметричні скінченні елементи

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено : зав.кафедрою ДММ і ОМ, д.т.н., професор Пискунов С.О.

Ухвалено кафедрою ДММ та ОМ (№ 6 від 14.12.2023 р)

Погоджено Методичною комісією НН ММІ (протокол №4 від 22.12.2023 р.)