

ЧИСЛОВІ МЕТОДИ ДИНАМІКИ ТА МІЦНОСТІ МАШИН.

Нестаціонарні задачі

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	13. Механічна інженерія
Спеціальність	131. Прикладна механіка
Освітня програма	Динаміка і міцність машин
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	Очна (денна)
Рік підготовки, семестр	4 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	4.0 кредити (120 годин)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік
Розклад занять	http://rozklad.kpi.ua/Schedules/ScheduleGroupSelection.aspx
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: д.т.н., проф. Рудаков Костянтин Миколайович, knrudakov@ukr.net Комп'ютерні практикуми: к.т.н., ст. викладач Дифучин Юрій Миколайович, dif62@ukr.net
Розміщення курсу	https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2722

Програма навчальної дисципліни

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

Сучасний розвиток техніки висуває перед інженерами завдання про підвищення надійності й довговічності машин та конструкцій, що працюють у складних експлуатаційних умовах. Це викликає необхідність проведення масових модельних розрахунків, загальною рисою яких є застосування чисельних методів та ЕОМ, оскільки відомі аналітичні розв'язки здебільше стосуються "класичних" геометричних форм, властивостей матеріалів та умов навантаження.

Чисельні методи – це інтерпретація математичних моделей (зокрема, й крайових задач) для її реалізації за допомогою простих математичних дій: додавання, віднімання, множення, ділення, а також логічних операцій: "так", "ні", "і", "або" й операції порівняння: "більше", "менше", "дорівнює". Тільки це і саме це вміє ЕОМ, причому дуже швидко.

Крайова задача – математична модель об'єкта, яка формалізована алгебраїчними, диференціальними, інтегральними та/або логічними зв'язками, створена для визначення деяких характеристик стану об'єкта і яка враховує його геометрію (*геометрична модель*), властивості матеріалу (*модель середовища*), вихідний стан (*початкові умови*), тип і характер впливу на об'єкт або його взаємодію з іншими об'єктами (*граничні умови*).

Алгебраїзація – приведення математичної моделі до вигляду, придатного для створення алгоритму її розв'язування на ЕОМ (невідомі ЕОМ операції диференціювання та інтегрування замінюються на алгебраїчні, з достатньою точністю).

Алгоритм – це набір інструкцій, що описують порядок дій виконавцем для розв’язування задачі за кінцеву кількість дій.

Нестационарна задача – задача, яка розглядає змінення параметрів фізичного явища (процесу) в залежності від просторових координат в часі. Це зокрема задачі нестационарної теплопровідності, динаміки, тривалого деформування в умовах повзучості і т.і

Для ЕОМ сформульовано, на перший погляд, парадоксальний принцип – *принцип некомпетентності Пітера*: "ЕОМ багаторазово збільшує некомпетентність обчислювача". Тобто у якості користувача програми, в якій реалізовано деякий алгоритм, може бути малоосвічена людина. І вона буде сприймати будь-які результати обчислень як вірні. Тому користувач, проводячи розрахунки об’єктів на міцність, повинен знати основи теорій та методів, закладених у спеціалізовані програми, їхні можливості та обмеження, щоб не допускати помилкові інженерні рішення, інакше кажучи – бути фахівцем з чисельних розрахунків.

Метою навчальної дисципліни "Числові методи динаміки і міцності машин" є формування у студентів систематизованих знань щодо методів та алгоритмів для наближеного розв’язування крайових задач динаміки та міцності машин й елементів конструкції із застосуванням ЕОМ.

Предметом цієї навчальної дисципліни є ефективні чисельні методи розв’язування крайових задач динаміки та міцності машин.

Вимоги до студентів згідно з Освітньо-професійною програмою

Студенти для засвоєння дисципліни повинні мати **загальні компетентності**:

1. здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу;
2. знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності;
3. здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;
4. здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями
5. здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел; 6. здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

Студенти після засвоєння дисципліни повинні отримати **фахові компетентності**:

1. здатність використовувати аналітичні та чисельні математичні методи для вирішення задач прикладної механіки, зокрема здійснювати розрахунки на міцність, витривалість, стійкість, довговічність, жорсткість в процесі статичного та динамічного навантаження з метою оцінки надійності деталей і конструкцій машин;
2. здатність застосовувати комп’ютеризовані системи проектування (CAD), виробництва (CAM), інженерних досліджень (CAE) та спеціалізоване прикладне програмне забезпечення для вирішення інженерних завдань з прикладної механіки;
3. здатність коректно визначати граничні умови та створювати розрахункові моделі реальної конструкції з урахуванням зовнішнього експлуатаційного навантаження; Студенти після засвоєння дисципліни зможуть мати за **результатами навчання**:

1. знання сучасних пакетів прикладних програм для розрахунку на міцність, жорсткість та стійкість елементів машинобудівних конструкцій
2. знання сучасних чисельних методів;
3. уміння проводити чисельні розрахунки елементів машинобудівних конструкцій на міцність жорсткість та стійкість.

Інтегральна компетентність: Здатність розв’язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми в прикладній механіці або у процесі навчання, що передбачає застосування певних теорій та методів механічної інженерії і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

Дисципліна на бакалаврському рівні освіти вивчається на протязі двох семестрів за такими кредитними модулями:

- числові методи динаміки і міцності машин – 1. Стационарні задачі (осінній семестр); - числові методи динаміки і міцності машин – 2. Нестационарні задачі (весняний семестр).

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

Дисципліна "Числові методи динаміки і міцності машин" базується на раніше засвоєних дисциплінах: "Загальна фізика", "Вища математика", "Лінійна алгебра", "Теоретична механіка", "Механіка матеріалів і конструкцій", "Математична фізика", "Теорія пружності", "Будівельна механіка машин", "Теорія коливань та стійкості руху", "Теорія пластичності та повзучості", "Механіка анізотропних конструкцій", "Інформатика", "Інженерна та комп'ютерна графіка".

Цією навчальною дисципліною забезпечується виконання дипломного проекту бакалавра.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Алгоритми розв'язування нестационарної крайової задачі теплопровідності за методом скінченних елементів

Тема 1.1. Просторово-часове наближення нестационарної крайової задачі теплопровідності методом скінченних елементів. Вагова двошарова схема

Тема 1.2. Класичні та сучасні двошарові схеми, їхні властивості

Тема 1.3. Схеми з факторизованими операторами

Розділ 2. Алгоритми розв'язування крайових задач термоповзучості методом скінченних елементів

Тема 2.1. Постановка крайової задачі термоповзучості

Тема 2.2. Скінченно-елементні алгоритми розрахунку напружено-деформованого стану при термоповзучості

Розділ 3. Алгоритми розв'язування динамічних крайових задач методом скінченних елементів

Тема 3.1. Постановка динамічних крайових задач термопружності

Тема 3.2. Скінченно-елементне наближення динамічних крайових задач термопружності

Тема 3.3. "Прямі" схеми та методи розв'язування динамічних крайових задач термопружності

Тема 3.4. Економічні схеми з факторизованими операторами

Тема 3.5. Задача про власні частоти та форми коливань

Тема 3.6. Розв'язування динамічних крайових задач за методом суперпозиції мод. Передаточні функції АЧХ

Тема 3.7. Розв'язування динамічних крайових задач про стохастичне збурення пружного тіла

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Рудаков К.М. Чисельні методи аналізу в динаміці та міцності конструкцій: Навч. посібник / К.М. Рудаков. К.: НТУУ „КПІ”, 2007. 379 с.

2. Рудаков К.Н. FEMAP 10.2.0. Геометрическое и конечно-элементное моделирование конструкций / К.Н. Рудаков. К., 2011. 317 с. Електрон. аналог друк. вид. : URL: <http://mmidmm.kpi.ua/index.php/ua/vikladachi-kafedri/16-rudakov-kostyantyn-mikolajovich.html> (дата звернення: 14.08.2021).

3. Bathe Klaus-Jürgen. Finite Element Procedures. Second Edition – Prentice Hall, 2014. – 1043 p.

4. Рудаков К.М. Чисельні методи аналізу в динаміці та міцності конструкцій. В 2-х томах. Т.I. Чисельні методи алгебри: Навч. посібник [для студ. вищ. навч. закл. Електронний ресурс] / К.М. Рудаков – Київ: НТУУ "КПІ ім. Ігоря Сікорського", 2016. – 148 с.

5. Рудаков К.М. Чисельні методи аналізу в динаміці та міцності конструкцій. В 2-х томах. Т.II. Класичні крайові задачі: Навч. посібник [для студ. вищ. навч. закл. Електронний ресурс] / К.М. Рудаков – Київ: НТУУ "КПІ ім. Ігоря Сікорського", 2020. – 300 с.

Допоміжна література

6. Постольник Ю.С., Солод В.Ю.. Інженерна термомеханіка. Навчальний посібник. Дніпродзержинськ, видавництво ДДТУ, 2006. – 247 стор.

7. Бігун Я.Й. Числові методи: навчальний посібник. - Чернівці : Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, 2019. - 435 с.

8. Верлань О.Ф. Числові методи розв'язання диференціальних рівнянь : навчальний посібник для студентів вищих технічних навчальних закладів / А.Ф. Верлань, С.О. Лук'яненко ; Міністерство освіти і науки України, НТУУ "КПІ". - Київ : НТУУ "КПІ", 2014. - 168 с.

9. Гончаров О.А. Чисельні методи розв'язання прикладних задач : навчальний посібник / О.А. Гончаров, Л.В. Васильєва, А.М. Юнда ; Міністерство освіти і науки України, Сумський державний університет. - Суми : Сумський державний університет, 2020. - 141 с.

10. Карвацький А.Я. Метод скінченних елементів у задачах механіки суцільних середовищ : програмна реалізація та візуалізація результатів : навч. посіб. / А.Я. Карвацький ; М-во освіти і науки України, НТУУ "КПІ". - Київ : НТУУ "КПІ", 2015. - 390 с.

11. Zienkiewicz O.C., Taylor R.L. The Finite Element Method. Volume 1: The Basis. – Oxford: BH, 2000. – 689 p.

12. Zienkiewicz O.C., Taylor R.L. The Finite Element Method. Volume 2: Solid Mechanics. – Oxford: BH, 2000. – 459 p.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Назви розділів і тем	Кількість годин					
	Разом	Лекції	Лабораторні	Комп'ютерний практикум	Інд. заняття	СРС
<i>Розділ 1. Алгоритми розв'язування нестационарної крайової задачі теплопровідності методом скінченних елементів</i>						
Тема 1.1. Просторово-часове наближення нестационарної крайової задачі теплопровідності методом скінченних елементів. Вагова двошарова схема	3	2	-	-	-	1
Тема 1.2. Класичні та сучасні двошарові схеми, їхні властивості	14	8	-	2	-	4
Тема 1.3. Схеми з факторизованими операторами	5	2	-	2	-	1
Разом за розділом 1	22	12	-	4	-	6
<i>Розділ 2. Алгоритми розв'язування крайових задач термоповзучості методом скінченних елементів</i>						
Тема 2.1. Постановка крайової задачі термоповзучості	2	1	-	-	-	1

Тема 2.2. Скінченно-елементні алгоритми розрахунку напружено-деформованого стану при термоповзучості	8	3	-	2	-	3
Разом за розділом 2	10	4	-	2	-	4
Розділ 3. Алгоритми розв'язування динамічних крайових задач методом скінченних елементів						
Тема 3.1. Постановка динамічних крайових задач термопружності	3	2	-	-	-	1
Тема 3.2. Скінченно-елементне наближення динамічних крайових задач термопружності	5	2	-	2	-	1
Тема 3.3. "Прямі" схеми та методи розв'язування динамічних крайових задач термопружності	24	6	-	8	-	10
Тема 3.4. Економічні схеми з факторизованими операторами	4	2	-	-	-	2
Тема 3.5. Задача про власні частоти та форми коливань	8	2	-	4	-	2
Тема 3.6. Розв'язування динамічних крайових задач за методом суперпозиції мод. Передаточні функції АЧХ	12	2	-	6	-	4
Тема 3.7. Розв'язування динамічних крайових задач про стохастичне збудження пружного тіла	16	4	-	6	-	6
Разом за розділом 3	72	20	-	26	-	26
Модульна контрольна робота	8	-	-	2	-	6
Підготовка до заліку	6	-	-	-	-	6
Проведення заліку	2	-	-	2	-	-
Всього годин	120	36	-	36	-	48

Лекційні заняття

№	Теми лекційних занять та перелік основних питань	Кількість
1	Тема 1.1. Просторово-часове наближення нестационарної крайової задачі теплопровідності методом скінченних елементів. Вагова двошарова схема Література: [5], підрозділи 17.3.1, 21.1, 21.3. Конспект лекцій. Завдання на СРС: [5], підрозділи 21.3 – 21.5.	2
2	Тема 1.2. Класичні та сучасні двошарові схеми, їхні властивості Література: [5], підрозділи 21.3 – 21.5. Конспект лекцій. Завдання на СРС: [5], підрозділ 18.2.3.	8
3	Тема 1.3. Схеми з факторизованими операторами Література: [5], підрозділ 18.2.3. Конспект лекцій. Завдання на СРС: [5], підрозділ 13.4.	2
4	Тема 2.1. Постановка крайової задачі термоповзучості Література: [5], підрозділ 13.4. Конспект лекцій. Завдання на СРС: [5], підрозділи 22.4, 22.5.	1

5	Тема 2.2. Скінченно-елементні алгоритми розрахунку напружено-деформованого стану при термоповзучості Література: [5], підрозділи 22.4, 22.5. Конспект лекцій. Завдання на СРС: [5], підрозділ 13.5.	3
6	Тема 3.1. Постановка динамічних крайових задач термопружності Література: [5], підрозділ 13.5. Конспект лекцій. Завдання на СРС: [5], підрозділ 25.1.	2
7	Тема 3.2. Скінченно-елементне наближення динамічних крайових задач термопружності Література: [5], підрозділ 25.1. Конспект лекцій. Завдання на СРС: [5], підрозділи 25.2.1 - 25.2.6.	2
8	Тема 3.3. "Прямі" схеми та методи розв'язування динамічних крайових задач термопружності Література: [5], підрозділи 25.2.1 - 25.2.6. Конспект лекцій. Завдання на СРС: [5], підрозділ 25.2.7.	6
9	Тема 3.4. Економічні схеми з факторизованими операторами Література: [5], підрозділ 25.2.7. Конспект лекцій. Завдання на СРС: [5], підрозділ 25.3.	2
10	Тема 3.5. Задача про власні частоти та форми коливань Література: [5], підрозділ 25.3. Конспект лекцій. Завдання на СРС: [5], підрозділ 25.4.	2
11	Тема 3.6. Розв'язування динамічних крайових задач за методом суперпозиції мод. Передаточні функції АЧХ Література: [5], підрозділ 25.4. Конспект лекцій. Завдання на СРС: [5], підрозділ 25.5.	2
12	Тема 3.7. Розв'язування динамічних крайових задач про стохастичне збудження пружного тіла Література: [5], підрозділ 25.5. Конспект лекцій. Завдання на СРС: підготовка до заліку.	4

Методика вивчення курсу: прослуховування лекцій; підготовка необхідного теоретичного матеріалу до занять з комп'ютерного практикуму або лабораторної роботи; виконання робіт з комп'ютерного практикуму або лабораторних робіт; самостійна робота з літературою; підготовка до модульної контрольної роботи; виконання модульної контрольної роботи.

На роботи з комп'ютерного практикуму кожному студенту видається завдання в друкованому та/або електронному вигляді.

Індивідуальні консультації проводяться щотижня за розписом на кафедральному сайті <http://mmi-dmm.kpi.ua>.

Платформа дистанційного навчання:

Для більш ефективної комунікації з метою розуміння структури навчальної дисципліни і засвоєння матеріалу, а також на період локдауну внаслідок пандемії, використовується електронна пошта, електронний кампус КПІ, система Moodle та сервіс для проведення онлайннарад Zoom, Skype, Google Meet або інших, за допомогою яких:

- проводяться лекційні або інші заняття;
- спрощується розміщення та обмін навчальним матеріалом;
- здійснюється надання зворотного зв'язку зі студентами стосовно навчальних завдань та змісту навчальної дисципліни;
- оцінюються навчальні завдання студентів;

- ведеться облік виконання студентами плану навчальної дисципліни, графіку виконання навчальних завдань та їх оцінювання.

Докладні відомості – в установчих документах організації дистанційного навчання в КПІ ім.

Ігоря Сікорського:

- Положення про дистанційне навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського
https://document.kpi.ua/2020_7-73;
- Регламент проведення семестрового контролю в дистанційному режимі
<https://osvita.kpi.ua/sites/default/files/downloads/Reglament%20sestr%20control.pdf>.

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студента передбачає підготовку до лекційних занять та занять з комп'ютерного практикуму: попереднє ознайомлення із матеріалами за темою заняття, викладеними у джерелах літератури, та закріплення результатів заняття шляхом проведення числових розрахунків, розглянутих на занятті постановок задач при варіюванні вихідних параметрів (розмірів конструкції, її жорсткісних параметрів, величин і характеру прикладених навантажень) згідно із наданими викладачем рекомендацій. Для розглянутих прикладів розв'язання задач передбачається опитування щодо основних результатів та пояснення механічних ефектів, які спостерігаються при змінненні вихідних даних.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Правила відвідування занять

Відвідування лекцій, лабораторних та практичних занять, а також відсутність на них, фіксується але не оцінюється балами. Однак, студентам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та при виконанні лабораторних робіт та завдань з комп'ютерного практикуму розвиваються навички, необхідні для виконання в майбутньому бакалаврської роботи, для розрахунків реальних об'єктів, модульної контрольної роботи та складання заліку.

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

Правила поведінки на заняттях

При виконанні лабораторних робіт та робіт комп'ютерного практикуму дозволяється використання засобів зв'язку для пошуку інформації в інтернеті.

Правила захисту лабораторних робіт та робіт комп'ютерного практикуму

Кожна виконана лабораторна робота або робота комп'ютерного практикуму для докладної перевірки пересилається викладачу на його електронну пошту у термін, призначений викладачем. Вірно виконана робота зараховується як прийнята, про що студенту повідомляється у зручний спосіб, зокрема й за вимогою.

Порушення термінів виконання завдань та заохочувальні бали

Заохочувальні бали		Штрафні бали	
Критерій	Ваговий бал	Критерій	Ваговий бал
Своєчасне виконання лабораторної роботи або завдання комп'ютерного практикуму (за кожне завдання)	+ 1 бал	Порушення термінів виконання роботи (за кожне завдання)	0

Пропущені контрольні заходи

Виконана лабораторна робота або виконане завдання комп'ютерного практикуму, що подається на перевірку з порушенням терміну виконання, але до терміну виставлення поточної атестації (або заліку), оцінюється зі штрафними балами.

Виконана лабораторна робота або виконане завдання комп'ютерного практикуму, що подається на перевірку з порушенням терміну виконання та після терміну виставлення поточної атестації, не оцінюється.

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 "Числові методи динаміки і міцності машин" не передбачає її вивчення англійською мовою.

Інклюзивне навчання

Навчальна дисципліна «Числові методи динаміки і міцності машин» 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)

Поточний контроль: *експрес-опитування, опитування за темою заняття, тест, модульна контрольна робота, тощо.*

Календарний рубіжний контроль (*атестація*): *проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.*

Семестровий контроль: *залік.*

Види контролю та бали за кожен елемент контролю:

№ з/п	Контрольний захід	%	Ваговий бал	Кіл-ть	Всього
1.	Роботи комп'ютерного практикуму	48	6	8	48
2.	Модульна контрольна робота	12	12	1	12
3.	Залік	40	40	1	40
Всього					100

Контрольний захід (модульна контрольна робота, залік), оцінювання дистанційного навчання

№ з/п	Контрольний захід	%	Ваговий бал	Кіл-ть	Всього
1.	Відповідь правильна (не менше 90% потрібної інформації)	90	30	3	від 90
2.	Несуттєві помилки у відповіді (не менше 75% потрібної інформації)	75	25	3	від 75
3.	Є недоліки у відповіді та певні помилки (не менше 60% потрібної інформації)	60	20	3	від 60
4.	Відповідь на тестове запитання з варіантами відповідей	10	10	1	від 10
5.	Відповідь відсутня або не правильна	0	0	3	0
Максимальна кількість балів					100
Отримана кількість балів					N
Набрана кількість балів для семестрового оцінювання					N*k

Значення коефіцієнта k:

- модульна контрольна робота
- залік

$k=0.12;$
 $k=0.40.$

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

2. Дистанційне навчання

Виставлення оцінки за дистанційне навчання шляхом перенесення результатів проходження онлайн-курсів у системі Moodle передбачено лише для контрольних запитань і результатів тестування за виконання індивідуального завдання.

Виставлення оцінки за контрольні заходи (роботи комп'ютерного практикуму, поточні контрольні роботи) шляхом перенесення результатів проходження онлайн-курсів не передбачено.

№ з/п	Дистанційне навчання	%	Ваговий бал	Кіл-ть	Всього
1.	Відповідь на контрольні запитання в онлайн-системі Webex або Zoom	40	10	4	40
2.	Відповідь на тести у системі Moodle	50	10	5	50
3.	Вчасність проходження дистанційного навчання	10	10	1	10
Всього					100

У разі виявлення академічної не доброчесності під час дистанційного навчання – контрольний захід не враховується, студент до захисту не допускається.

Календарний рубіжний контроль

Проміжна атестація студентів (далі – атестація) є календарним рубіжним контролем. Метою проведення атестації є підвищення якості навчання студентів та моніторинг виконання графіка освітнього процесу. Оскільки весняний семестр містить всього 9 тижнів, то атестація не передбачена.

Семестровий контроль

Обов'язкова умова допуску до заліку		Критерій
1	Поточний рейтинг	RD $\geq$ 40

Умови допуску до семестрового контролю:

1. Виконання всіх робіт комп'ютерного практикуму;
2. Відвідування 60% лекційних занять.

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:* надається лектором наприкінці семестру, відповідає змісту реально проведених занять.
- *можливість зарахування сертифікатів проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою:* можливо у випадку відповідності змісту цих курсів програмі дисципліни не менш ніж на 80 відсотків.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено професор, д.т.н., проф. Рудаков К.М.; ст. викладач, к.т.н. Дифучин Ю.М.

Ухвалено кафедрою ДММ та ОМ (протокол № 5 від 16 грудня 2021 р.)

Погоджено Методичною комісією НН ММІ (протокол № 5 від 17 грудня 2021 р.)