



Динаміка систем механічного оброблення

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Другий (магістерський)
Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	131 Прикладна механіка
Освітня програма	Інструментальні системи інженерного дизайну
Статус дисципліни	Нормативна
Форма навчання	очна (денна)
Рік підготовки, семестр	2 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	90 годин / 3 кредити (лекції 36 год.; практичні 18 год; самостійна робота 36 год.)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік/МКР
Розклад занять	http://rozklad.kpi.ua
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор / Практичні / Семінарські: Трубачев Сергій Іванович, кандидат технічних наук, доцент. Контактна інформація: к. 253-1 / тел. 068-862-85-37/ e-mail: strubachev@i.ua
Розміщення курсу	https://www.sikorsky-distance.org/moodle/

Програма навчальної дисципліни

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

Мета вивчення навчальної дисципліни: сформувати комплекс теоретичних та практичних знань з методології, методики розрахунку динаміки систем інструментального оброблення на основі аналітичних та чисельних методів, зокрема метода скінченних елементів, для забезпечення високої професійної підготовки здобувачів вищої в галузі прикладної механіки та машинобудування.

В результаті навчання набуваються:

знання

- постановки та розв'язку задач міцності, надійності та довговічності, обладнання механічного оброблення;
- розрахунку інструментального обладнання, що працюють в межах та за межами границі пружності ;
- методик дослідження вібраційних процесів, що виникають при обробці металів різанням;
- **уміння:** вибір коректних і раціональних розрахункових моделей для визначення напружено-деформованого стану та прогнозування роботи різального інструмента;
- підібрати згідно технічного завдання та експлуатаційних вимог необхідні методики діагностики обладнання, що застосовуються при обробки металів різанням.

-застосовувати способи зменшення шкідливого впливу вібрацій на точність виготовляємої деталі;
-проводити розрахунки інструментального обладнання, що працюють в межах та за межами границі пружності;

-вибору аналітичних та чисельних методів, зокрема метод скінченних елементів при аналізі динамічних ефектів, що виникають при обробленні деталі різанням.

навички: виконання проектувальних і перевірочних розрахунків інструментального обладнання на міцність під дією динамічного та статичного навантаження з урахуванням реальних умов експлуатації

Основні завдання навчальної дисципліни: формування у фахівців сучасних методологічних концепцій та методів постановки та розв'язку задач механіки деформованого твердого тіла та динаміки, як основи проектувального розрахунку машин та інструментального обладнання; виявлення вимог до якості деталей машин; розрахунок напружено-деформованого стану елементів конструкцій під дією статичних та вібраційних навантажень; розрахунок інструментального обладнання що працюють в межах та за межами границі пружності; аналіз вібраційних процесів, що виникають при обробці металів різанням; вплив вібраційних процесів, на якість деталей машин; способи зменшення шкідливого впливу вібрацій на точність виготовленої деталі, застосування метода скінченних елементів при розрахунку та проектуванні систем механічного оброблення

Чому майбутньому фахівцю варто вчити цю дисципліну? Знання, уміння та навички необхідні при проектуванні нових та подовження ресурсу існуючих інструментальних систем на основі сучасних методів теорії пружності, теорії пластичності, теорії коливань та метода скінченних елементів, які забезпечать виготовлення надійного та економічного інструментального обладнання.

Відповідно до освітньо - наукової програми «Інструментальні системи інженерного дизайну» другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 131 « Прикладна механіка»

Фахові компетентності (ФК)

ФК 6. Здатність визначати множини допустимого інструментального і технологічного забезпечення процесів формоутворення поверхонь деталей та обґрунтовано вибирати найбільш доцільні для певних умовах експлуатації та застосовувати знання про сучасні методи використання, виготовлення інструменту високої якості, підвищеної надійності, і розробляти шляхи цілеспрямованої зміни експлуатаційних властивостей інструменту на усіх стадіях його створення шляхом обґрунтованого використання сучасних методів їх виготовлення з врахуванням умов експлуатації і шляхів відновлення

Програмні результати навчання

РН 15 Розробляти та аналізувати моделі процесів інженерного дизайну та забезпечуючих їх процесів формоутворення

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

Дисципліна «Динаміка систем механічного оброблення» (код ПО 6) є базовою для дисципліни «Виконання магістерської дисертації» (код ПО 9). За структурно-логічною схемою програми підготовки магістра з прикладної механіки навчальній дисципліні «Динаміка систем механічного оброблення» передують дисципліни «Адитивні технології» ПО 4. Дисципліна «Динаміка систем

механічного оброблення» (код ПО 6) забезпечує дисципліну «Виконання магістерської дисертації» (ПО 9)

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Застосування основних рівнянь теорії пружності в інженерних розрахунках систем механічного оброблення. Основні положення та рівняння метода скінченних елементів.

Розділ 2. Застосування основних рівнянь та методів теорії пластичності в інженерних розрахунках систем механічного оброблення.

Розділ 3. Застосування сучасних методів розрахунку динаміки систем механічного оброблення. Аналіз вібраційних процесів, що виникають при обробці металів різанням. Застосування метода скінченних елементів при розрахунку та проектуванні систем механічного оброблення

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. Теорія коливань та стійкості руху [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів напряму підготовки 6.050501 «Прикладна механіка» / НТУУ «КПІ» ; уклад. А. Є. Бабенко, М. І. Бобир, О. О. Боронко, С. І. Трубачев. – Електронні текстові дані (1 файл: 12,0 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2010 . URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/794>
2. Коливання стержнів, пластин та оболонок [Електронний ресурс] : підручн. для студ. спец. 131 «Прикладна механіка» / А. Є. Бабенко, О. О. Боронко, Я. І. Лавренко, С. І. Трубачев ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 10,28 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 252 с. Гриф надано Вченою радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 4 від 27 . 06 . 2022 р.) <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/48522>
3. Майборода, В. С. Фізика процесів різання. Конспект лекцій [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня магістра за спеціальністю 131 Прикладна механіка / Майборода В. С. ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,04 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 64 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/43201>
4. Можаровський, М. С. Теорія пружності, пластичності і повзучості: підручник для студентів механічних і машинобудівних спеціальностей вищих навчальних закладів. Київ: Вища школа, 2002. <https://discovery.kpi.ua/Record/000135233>
5. Коливання неконсервативних механічних систем [Електронний ресурс] : монографія / А. Є. Бабенко, О. О. Боронко, С. І. Трубачев [та ін.]. ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,03 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 153 с. – Назва з екрана. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/38187>
6. Ріжучий інструмент в прикладах і задачах / Н. С. Равська, Л. І. Ковалева, О.А. Охріменко [та ін.] ; НТУУ «КПІ». – Київ: НТУУ «КПІ», 2014. – 83 с
7. Данильченко Ю. М. Динамічний аналіз механічної коливальної системи "шпиндельний вузол" металорізального верстата / Данильченко Ю. М., Петришин А. И. // Вісник НТУУ «КПІ». Машинобудування : збірник наукових праць. – 2012. – № 64. – С. 27–34. – Бібліогр.: 10 назв.
8. Равська Н.С., Охріменко О.А. Визначення швидкості різання при різних кінематичних схемах обробки. Процеси технології обробки в машинобудуванні. Збірник наукових праць. ЖДТУ №8, Житомир, 2010 С.158-162.
9. Родін П.Р. Основи проектування ріжучих інструментів. — К.: Вища шк. , 1990 — 424 с
10. Дубенець, В. Г. Основи методу скінченних елементів: навчальний посібник / В. Г. Дубенець, В. В. Хільчевський, О. В. Савченко. - Чернігів : ЧДТУ, 2007. – 288 с.

Додаткова література

11. Бабенко А.Є., Бобир М.І., Бойко С.Л., Боронко О.О. Теорія пружності. Частина 1.: -К. Основа, 2009.-244 с.
12. Яхно Б.О. Abaqus у задачах механіки: навч.посіб. – К.: НТУУ «КПІ»,2011.-128 с.
13. Орліков М.Л. Динаміка станків. - К.: Вища шк.,1989.- 471 с.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Курс складається з лекцій, практичних, індивідуальних занять і самостійного вивчення студентами окремих питань. На лекційних заняттях основна увага приділяється вивченню теоретичних основ дисципліни. Перед кожною лекцією надається інформація (за темами) на поточне навчальне заняття та рекомендації щодо їх вивчення. Практичні та індивідуальні заняття направлені на поглиблення теоретичних знань.

Для успішного засвоєння курсу слід передбачити тісний взаємозв'язок всіх видів занять - лекційних, практичних та індивідуальних. Теоретичний матеріал, викладений на лекційних заняттях є основою для вирішення інженерних завдань, що виконуються на практичних заняттях та під час виконання індивідуальних самостійних завдань. Це дозволяє поглибити знання з кожної теми.

Найменування розділів, тем	Кількість годин			
	Всього	Лекції	Практ. заняття	СРС
Розділ 1. Застосування основних рівнянь теорії пружності в інженерних розрахунках систем механічного оброблення. Основні положення та рівняння метода скінченних елементів.	27	12	3	12
Розділ 2. Застосування основних рівнянь та методів теорії пластичності в інженерних розрахунках систем механічного оброблення.	30	12	6	12
Розділ 3. Застосування сучасних методів розрахунку динаміки систем механічного оброблення. Аналіз вібраційних процесів, що виникають при обробці металів різанням. Застосування метода скінченних елементів при розрахунку та проектуванні систем механічного оброблення	30	12	6	12
Виконання МКР	1		1	
Залік	2		2	
Всього годин:	90	36	18	36

Лекційні заняття

№	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу)
Розділ 1. Застосування основних рівнянь теорії пружності в інженерних розрахунках систем механічного оброблення. Основні положення та рівняння метода скінченних елементів.	
Лекція 1. Тема 1. Предмет та задачі курсу, його місце серед інших дисциплін. Основні гіпотези. Сили та напруження. Література [3], [4], [11] Тема 2. Тензор напружень його фізичний та математичний зміст. Поняття про головні площадки та головні напруження. Інваріанти тензора напружень. Кульовий тензор та девіатор напружень. Література [4], [11] Лекція 2. Тема 3. Теорія деформованого стану. Переміщення та деформації в тілі. Залежності між переміщеннями та деформаціями (співвідношення Коши). Література [4] Тема 4. Поняття про тензор деформацій. Кульовий тензор та девіатор тензора деформацій. Рівняння сумісності деформацій Сен-Венана. Література [4], [11] Лекція 3. Тема 5. Фізичні рівняння теорії пружності. Залежність між напруженнями та деформаціями. Повна система рівнянь для вирішення задачі визначення напружено-деформованого стану ізотропного ідеально пружного тіла. Література [4] Лекція 4. Тема 6. Рівняння теорії пружності в переміщеннях. Рівняння задач теорії пружності в напруженнях. Література [11] Лекція 5. Тема 7. Варіаційна постановка задачі механіки деформованого. Література [10] твердого тіла. Тема 8. Алгоритм методу скінченних елементів для моделювання напружено-деформованого стану систем механічного оброблення. Література [11], [12]	
Розділ 2. Застосування основних рівнянь та методів теорії пластичності в інженерних розрахунках систем механічного оброблення	
Лекція 6. Тема 9. Задачі теорії пластичності. Умови пластичності Треска-Сен-Венана і Хубера-Мізеса - Генкі. Література [3], [4] Лекція 7. Тема 10. Теорія малих пружньо-пластичних деформацій. Література [4] Лекція 8. Тема 11. Теорія пластичної течії. Метод змінних параметрів пружності. Література [4] Лекція 9. Тема 12. Застосування метода скінченних елементів у задачах розрахунку та проектування систем механічного оброблення. Література [11], [12]	
Розділ 3. Застосування сучасних методів розрахунку динаміки систем механічного оброблення. Аналіз вібраційних процесів, що виникають при обробці металів різанням. Застосування метода скінченних елементів при розрахунку та проектуванні систем механічного оброблення	
Лекція 10. Тема 13. Загальні поняття теорії коливаль. Класифікація коливаль. Кінематика коливаль. Складання коливаль. Література [1], [2], [5] Лекція 11. Тема 14. Вібрації при обробці металів різанням та методи їх зменшення. Література [1], [2], Лекція 12. Тема 15. Вільні коливання механічної системи. Література [1], [7] системи з одним ступенем вільності. Тема 16. Вільні коливання з урахуванням зовнішнього та внутрішнього тертя. Література [2], [5] Лекція 13. Тема 17. Енергетичні співвідношення. Метод Релея. Література [1], [5] Лекція 14. Тема 18. Вимушені коливання системи з одним ступенем вільності. Явище резонансу. Вимушені коливання з урахуванням тертя. Література [2] Лекція 15. Тема 19. Параметричні коливання. Тема 20. Автоколивання. Література [6], [5], [8] Лекція 16. Тема 21. Первинні автоколивання при різанні металів. Тема 22. Вторинні автоколивання при різанні металів. Література [1], [5], [9] Лекція 17. Тема 23. Потенціальна та кінетична енергії та їх зв'язок з квадратичними формами та матрицями. Властивості власних частот та власних форм коливаль. Тема 24. Застосування чисельних	

методів та метода скінченних елементів у дослідженні динаміки систем механічного оброблення.
Література [2], [12]

Залік

Практичні заняття

Практичні заняття охоплюють основні теми лекційного матеріалу і розглядають питання практичного застосування отриманих знань. Їх тематика представлена в таблиці.

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань
1	Тензор напружень його фізичний та математичний зміст. Поняття про головні площадки та головні напруження. Інваріанти тензора напружень. Екстремальні властивості головних та максимальні дотичні напруження. Кульовий тензор та девіатор напружень.
2	Теорія деформованого стану. Переміщення та деформації в тілі. Залежності між переміщеннями та деформаціями (співвідношення Коши). Тензор деформацій.. Кульовий тензор та девіатор тензора деформацій.
3	Алгоритм методу скінченних елементів для моделювання напружено-деформованого стану систем механічного оброблення.
4	Умови пластичності Треска-Сен-Венана і Хубера -Мізеса - Генкі. Теорія малих пружньо-пластичних деформацій. Метод змінних параметрів пружності.
5	Вібрації при обробці металів різанням та методи їх зменшення. Вільні коливання механічної системи з одним ступенем вільності.
6	Вільні коливання з урахуванням зовнішнього та внутрішнього тертя. Енергетичні співвідношення. Метод Релея.
7	Вимушені коливання системи з одним ступенем вільності. Явище резонансу. Вимушені коливання з урахуванням тертя. Автоколивання.
8	Первинні автоколивання при різанні металів. Енергетичні співвідношення.
9	Застосування чисельних методів та метода скінченних елементів у дослідженні динаміки систем механічного оброблення. [], [5], [8]

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студента передбачає підготовку до аудиторних занять, проведення розрахунків за індивідуальними даними, розв'язання задач, заданих на практичних заняттях в якості домашніх завдань, підготовку до модульної контрольної роботи, а також вміння володіти автоматизованими скінченно-елементними комплексами.

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1	Теорія напружень. Теорія деформацій. Інваріанти тензорів напружень та деформацій. Література [4], [11]	4
2	Пластичність та руйнування ріжучого інструмента. Література [3], [4]	6

3	Моделювання процесів різання матеріалів. Література [6]- [9]	8
4	Властивості власних частот та форм коливань механічної системи Література [1], [2]	4
5	Параметричні коливання. Література [1], [2]	4
6	Побудова скінченно-елементної моделі розрахунку динамічних характеристик систем механічної обробки. Література [10], [12]	10

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Правила відвідування занять

Відвідування всіх видів навчальних занять з дисципліни є для студентів обов'язковим. Контроль присутності студентів на заняттях здійснюється викладачем на початку заняття з відмічанням присутності в журналі академічної групи, в тому числі і в електронному кампусі КПП ім. Ігоря Сікорського. Якщо заняття проводяться в дистанційному режимі, зокрема в мережі ZOOM, студент свою присутність має засвідчити, ввімкнувши мікрофон і камеру на вимогу викладача. Відсутність студента на заняттях може бути тільки в разі поважної причини (хвороба, підтверджена медичною довідкою, або офіційний дозвіл від деканату). Матеріал пропущених занять мають бути відпрацьованим самостійно.

На час дії воєнного стану та в умовах тривалої відсутності електроенергії в учасників освітнього процесу припиняється нарахування штрафних балів за порушення здобувачами вищої освіти термінів виконання поточних завдань з навчальної дисципліни, визначених відповідним силабусом.

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>.

Політика дедлайнів та перескладань

На початку семестру викладач інформує студентів щодо контрольних заходів та термінів їх проведення. Оголошуються графіки виконання індивідуальних завдань, інших видів робіт, та встановлюються граничні терміни їх виконання та здачі. Також оговорюються умови та терміни перескладань в разі негативного результату попередньої спроби

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

Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, що він отримав за виконання заходів поточного контролю:

- a) відповіді на практичних заняттях;
- b) виконання індивідуальних домашніх практичних завдань;
- c) виконання модульної контрольної роботи (МКР).

Виконання заходів поточного контролю

1. Відповіді на практичних заняттях

Максимальна кількість балів, що може отримати студент – 30 балів.

Кожна відповідь оцінюється максимально у 5 балів.

Критерії оцінювання відповіді:

5 балів – повна та впевнена відповідь на запитання, чіткий запис формул, що відповідають сформульованому запитанню, побудова необхідних епюр та креслень;

4 бали – відповідь на запитання, знання формул, що відповідають сформульованому запитанню, побудова необхідних епюр та креслень;

3 бали – знання формул та відповідь на поставлені запитання;

0 балів – відсутність знань за сформульованим запитанням.

2. Виконання індивідуального домашнього практичного завдання

Після проходження кожної теми студент отримує для виконання індивідуальне домашнє завдання.

Виконані завдання можна здавати по мірі виконання окремо, або наприкінці семестру усі разом.

Всього за семестр для виконання дається 10 домашніх завдань, за кожне з яких максимально можна отримати 5 балів. Таким чином, максимальна кількість балів за виконання усіх домашніх завдань – 50 балів.

Критерії оцінювання завдання:

5 балів – завдання виконано у повному обсязі без помилок, студент показує глибокі знання з теми завдання, впевнено і докладно відповідає на поставлені запитання під час здачі;

4 бали – завдання виконане у повному обсязі з незначними помилками або неточностями, але в цілому задачу виконано логічно, під час здачі студент показує знання з теми завдання, майже впевнено відповідає на поставлені запитання;

3 бали – завдання виконано у повному обсязі з незначними помилками або неточностями, але задачу виконано здебільшого логічно, під час здачі студент виявляє невпевненість, показує слабкі знання з теми завдання, не завжди дає вичерпні відповіді на запитання;

0 балів – завдання не виконано взагалі, або виконано не в повному обсязі, або зі значними помилками, під час здачі студент не може відповісти на жодне поставлене запитання з теми завдання.

3. Виконання МКР

Проводиться МКР. Максимальна кількість балів, яку може отримати студент – 20 балів

Критерії оцінювання МКР:

20 балів – виконання роботи у повному обсязі без помилок;

19...16 балів – виконання роботи у повному обсязі з незначними неточностями;

15...11 балів – виконання роботи майже у повному обсязі з незначними помилками;

0 балів – повне невиконання роботи або виконання роботи зі значними помилками.

При відсутності студента з поважної причини на МКР йому надається право виконати цю МКР протягом двох тижнів після виходу на заняття.

Заохочувальні бали

За виконання творчих робіт з дисципліни, участь у факультетських та університетських олімпіадах з дисципліни, підготовку студентами рефератів за темами лекцій, виконання завдань із удосконалення дидактичних матеріалів з дисципліни нараховується від 1 до 5 балів. Усього можна отримати 10 заохочувальних балів.

Календарний контроль

Проводиться на 8 та 14 тижнях семестру з метою моніторингу виконання студентами індивідуальних навчальних планів згідно з графіком навчального процесу.

Умовою отримання позитивної оцінки з календарного контролю є значення поточного рейтингу студента на 8 тижні – 18 балів, на 14 тижні – 36 балів.

Залік

Сума рейтингових балів, отриманих студентом протягом семестру за виконання заходів поточного контролю, переводиться до підсумкової оцінки згідно з таблицею та заноситься до відомості семестрового контролю.

Студент, який у семестрі отримав більше 60 балів, але бажає підвищити свій результат, може взяти участь у заліковій контрольній роботі. У цьому разі остаточний результат складається з балів, отриманих на заліковій контрольній роботі.

Якщо сума балів менша за 60, студент виконує залікову контрольну роботу.

Сума балів, отриманих за виконання залікової контрольної роботи, переводиться до підсумкової оцінки згідно з таблицею та заноситься до відомості семестрового контролю.

Залікова контрольна робота складається з 10 тестових завдань (теоретичних запитань та практичних завдань).

Кожна правильна відповідь оцінюється у 10 балів.

Таблиця переведення балів до оцінок:

Сума балів	Оцінка
100...95	Відмінно
94...85	Дуже добре
84...75	Добре
74...65	Задовільно
64...60	Достатньо
59 і менше	Незадовільно

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

1. Дистанційне навчання:

В умовах дистанційного режиму організація освітнього процесу здійснюється з використанням технологій дистанційного навчання: платформи дистанційного навчання «Сікорський» та «Електронний кампус». Навчальний процес у дистанційному режимі здійснюється відповідно до затвердженого розкладу навчальних занять. Заняття проходять з використанням сучасних ресурсів проведення онлайн-зустрічей (організація відео-конференцій на платформі Zoom).

2. Навчання в умовах правового режиму воєнного стану:

- передбачає проведення усіх видів занять дистанційно (з використанням синхронної або асинхронної моделі освітньої взаємодії), у відповідності до Регламенту організації освітнього процесу в дистанційному режимі та Положення про дистанційне навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського;

- кінцеві терміни виконання індивідуальних завдань і завдань самостійної роботи переносяться на кінець семестру (з обов'язковим виконанням і захистом);

- у рейтингову систему оцінювання вносяться зміни стосовно нарахування штрафних балів за не своєчасне виконання завдань: штрафні бали не нараховуються.

3. Для студентів існує можливість зарахування (у вигляді додаткових балів до рейтингу до 10 балів):

- сертифікатів проходження дистанційних чи онлайн курсів за тематикою дисципліни;
- сертифікатів, які підтверджують участь у науково-практичних і наукових конференціях за тематикою дисципліни;
- публікація статті у науковому журналі за тематикою дисципліни.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцент кафедри ДММ та ОМ, к.т.н., доцент **Трубачев С.І.**

Ухвалено кафедрою ДММ та ОМ (протокол № 10 від 01.06.2022 ____)

Погоджено Методичною комісією НН ММІ (протокол № 11 від 29.08.2022 р.)