



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	Прикладна механіка
Статус дисципліни	Нормативна
Форма навчання	очна (денна)
Рік підготовки, семестр	2 курс
Обсяг дисципліни	3 кредити
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік
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. 068-807-60-61/ 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.

досвід: 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 досвід по даній дисципліні 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 надійних та економічних інструментальних систем

Загальні компетентності

- ЗК 1 Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми.
- ЗК 2 Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології
- ЗК 3 Здатність генерувати нові ідеї (креативність)
- ЗК 4 Здатність розробляти проекти та управляти ними
- ЗК 6 Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями
- ЗК 7 Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

Фахові компетентності

ФК 1 Здатність застосовувати відповідні методи і ресурси сучасної інженерії для знаходження оптимальних рішень широкого кола інженерних задач із застосуванням сучасних підходів, методів прогнозування, інформаційних технологій та урахуванням наявних обмежень та застосовувати відповідні наукові і технічні методи, інформаційні технології та прикладне комп'ютерне програмне забезпечення для вирішення інженерних і наукових завдань з прикладної механіки, пошуку оптимального рішення за умов неповної інформації та суперечливих вимог

ФК 2 Здатність описати, класифікувати та змодельювати широке коло технічних об'єктів та процесів, що ґрунтується на глибокому знанні та розумінні теорій та практик механічної інженерії, а також знаннях суміжних наук.

ФК5 Здатність планувати і виконувати експериментальні і теоретичні дослідження з прикладної механіки та дотичних міждисциплінарних проблем

Програмні результати навчання

РН 1 Розробляти і ставити на виробництво нові види продукції, зокрема виконувати дослідно-конструкторські роботи та/або розробляти технологічне забезпечення процесу її виготовлення.

РН 3 Виконувати геометричне моделювання, статичний та динамічний аналізи конструкцій, механізмів, матеріалів та процесів на стадії проектування з використанням сучасних комп'ютерних систем, обґрунтовувати власну інтерпретацію одержуваних результатів на основі сучасних уявлень механічної інженерії та суміжних галузей знань.

РН 11 Планувати і виконувати експериментальні і теоретичні дослідження у сфері прикладної механіки, аналізувати їх результати, обґрунтовувати висновки.

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 «Наукова робота за темою магістерської дисертації» (код ПО 7). За структурно-логічною схемою програми підготовки магістра з прикладної механіки навчальній дисципліні «Динаміка систем механічного оброблення» передують такі дисципліни, як «Математичне моделювання систем і процесів», «Комп'ютерне моделювання» (код ПО 1), «Курсовий проект з комп'ютерного моделювання» (код ПО 2). Дисципліна «Динаміка систем механічного оброблення» (код ПО 6) забезпечує такі дисципліни, як «Наукова робота за темою магістерської дисертації» (код ПО 7) та «Науково-дослідна практика» (код ПО 8)

3. Зміст навчальної дисципліни

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

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

Тема 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. Трубочев. – Електронні текстові дані (1 файл: 12,0 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2010 . URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/794>
2. Методичні вказівки до виконання самостійної роботи з дисципліни «Теорія коливань та стійкості руху» (Системи з одним ступенем свободи) для студентів напряму підготовки 6.050501 «Прикладна механіка» [Електронний ресурс] / НТУУ «КПІ» ; уклад. А. Є. Бабенко, О. О. Боронко, С.І. Трубочев– Електронні текстові дані (1 файл: 1,12 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2013. – 62 с. – Назва з екрана. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/6624>
3. Коливання неконсервативних механічних систем [Електронний ресурс] : монографія / А. Є. Бабенко, О. О. Боронко, С. І. Трубочев [та ін.]. ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні

текстові данні (1 файл: 2,03 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 153 с. – Назва з екрана. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/38187>

4. Ріжучий інструмент в прикладах і задачах / Н. С. Равска, Л. І. Ковалева, О.А. Охріменко [та ін.] ; НТУУ «КПІ». – Київ: НТУУ «КПІ», 2014. – 83 с
5. 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.
6. Дубенець, В. Г. Основи методу скінченних елементів: навчальний посібник / В. Г. Дубенець, В. В. Хільчевський, О. В. Савченко. - Чернігів : ЧДТУ, 2007. – 288 с.
7. Метод конечных элементов/ П.М. Варвак, В.Г. Пискунов, И.Н. Бузун и др.– Киев: Вища школа, 1981. –179 с.

Додаткова література

8. Бабенко А.Є., Бобир М.І., Бойко С.Л., Боронко О.О. Теорія пружності. Частина 1.: -К. Основа, 2009.-244 с.
9. Метод конечных элементов в механике твердых тел / Под общей ред. А.С.Сахарова, И. Альтенбаха. – Киев: Вища школа, 1982. – 479 с.
10. Яхно Б.О. Abaqus у задачах механіки: навч.посіб. – К.: НТУУ « КПІ»,2011.-128 с.
11. Уравнения и краевые задачи теории пластичности и ползучести/Писаренко Г.С., Можаровский Н.С. – Киев: Наук.думка, 1981. –496 с.
12. Родин П.Р. Основы проектирования режущих инструментов. Учебник. — К.: Вища шк. , 1990 — 424 с
13. Тимошенко С.П.,Янг Д.Х., Уивер У. Колебания в инженерном деле.-М.: Машиностроение, 1985.-471 с.
14. Орликов М.Л. Динамика станков. - К.: Вища шк.,1989.- 471 с.
15. Вибрации в технике. Справочник в 6 т.- М.: Машиностроение, 1978

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.зан	Інд. зан	СРС
1	2	3	4	5	6
Тема 1. Застосування основних рівнянь теорії пружності в інженерних розрахунках систем механічного оброблення. Основні положення та рівняння метода скінченних елементів.	44	2	2	5	35

1	2	3	4	5	6
Тема 2. Застосування основних рівнянь та методів теорії пластичності в інженерних розрахунках систем механічного оброблення.	44	2	2	5	35
Тема 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	44	2	2	5	35
Виконання МКР	1				
Залік	2				
Всього годин:	135				

Лекційні заняття

№	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу)
Лекція 1	<p>Тема 1 Застосування основних рівнянь теорії пружності в інженерних розрахунках систем механічного оброблення. Основні положення та рівняння метода скінченних елементів.</p> <p>Предмет та задачі курсу, його місце серед інших дисциплін. Основні гіпотези. Сили та напруження. 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. Теорія деформованого стану. Переміщення та деформації в тілі. Залежності між переміщеннями та деформаціями (співвідношення Коши). Тензор деформацій. Поняття про тензор деформацій. Кульовий тензор та девіатор тензора деформацій. Рівняння сумісності деформацій Сен-Венана. Фізичні рівняння теорії пружності. Залежність між напруженнями та деформаціями. Система рівнянь для вирішення задачі визначення напружено-деформованого стану ізотропного ідеально пружного тіла. Повна система рівнянь для вирішення задачі визначення напружено-деформованого стану ізотропного ідеально пружного тіла. Рівняння теорії пружності в переміщеннях. Рівняння задач теорії пружності в напруженні. Варіаційна постановка задачі механіки деформованого твердого тіла. Алгоритм методу скінченних елементів для моделювання напружено-деформованого стану систем механічного оброблення Література [6], [7], [8], [9]</p>
Лекція 2	<p>Тема 2. Застосування основних рівнянь та методів теорії пластичності в інженерних розрахунках систем механічного оброблення</p> <p>Задачі теорії пластичності. Умови пластичності Треска-Сен-Венана і Хубера - Мізеса - Генкі. Теорія малих пружньо-пластичних деформацій. Теорія пластичної течії. Метод змінних параметрів пружності.</p>

	<p>Застосування метода скінченних елементів у задачах розрахунку та проектування систем механічного оброблення</p> <p>Література [6], [11]</p>
Лекція 3	<p>Тема 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</p> <p>Загальні поняття теорії коливань. Класифікація коливань. Кінематика коливань. Складаючі коливань. Вібрації при обробці металів різанням та методи їх зменшення. Вільні коливання механічної системи з одним ступенем вільності. Вільні коливання з урахуванням зовнішнього та внутрішнього тертя. Енергетичні співвідношення. Метод Релея. Вимушені коливання системи з одним ступенем вільності. Явище резонансу. Вимушені коливання з урахуванням тертя. Параметричні коливання. Автоколивання. Первинні автоколивання при різанні металів. Вторинні автоколивання при різанні металів. Потенціальна та кінетична енергії та їх зв'язок з квадратичними формами та матрицями. Властивості власних частот та власних форм коливань. Вільні коливання дисипативних систем. Застосування чисельних методів дослідження динаміки систем механічного оброблення.</p> <p>Література [1-5], [13-15]</p>

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	<p>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. Теорія деформованого стану. Переміщення та деформації в тілі. Залежності між переміщеннями та деформаціями (співвідношення Коши). Тензор деформацій. Поняття про тензор деформацій. Кульовий тензор та девіатор тензора деформацій. Рівняння сумісності деформацій Сен-Венана. Варіаційна постановка задачі механіки деформованого твердого тіла. Алгоритм методу скінченних елементів для моделювання напружено-деформованого стану систем механічного оброблення.</p> <p>Література [6], [7], [8], [9]</p>
2	<p>Умови пластичності Треска-Сен-Венана і Хубера - Мізеса - Генкі. Теорія малих пружньо-пластичних деформацій. Теорія пластичної течії. Метод змінних параметрів пружності. Застосування метода скінченних елементів у задачах розрахунку та проектування систем механічного оброблення</p> <p>Література [6], [11]</p>
3	<p>Вібрації при обробці металів різанням та методи їх зменшення. Вільні коливання механічної системи з одним ступенем вільності. Вільні коливання з урахуванням зовнішнього та внутрішнього тертя. Енергетичні співвідношення. Метод Релея. Вимушені коливання системи з одним ступенем вільності. Явище резонансу. Вимушені коливання з урахуванням тертя. Параметричні коливання. Автоколивання. Первинні автоколивання при різанні металів. Енергетичні співвідношення. Метод Релея</p> <p>Література [1-5]</p>

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.

Самостійна робота передбачена за темами:

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

Література [6], [7], [8], [9]

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

Література [6], [11]

Тема 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

Література [1-5], [13-15]

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 КПІ.

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.

Правила поведінки на заняттях

Студенти на заняття мають з'являтися своєчасно, без запізнь.

На лекційних заняттях студенти повинні мати конспекти або бланки лекцій, попередньо отриманих від викладача. Студенти мають право задавати питання щодо роз'яснення незрозумілих положень, попередньо запитавши дозволу.

На практичні заняття студенти з'являються підготовленими з теорії за тими темами, що будуть розглядатися, та мати при собі необхідні засоби для виконання завдань (калькулятори, смартфони, ПК для виходу в інтернет тощо). Всі студенти мають проявляти активність в обговоренні питань, винесених для розгляду, пред'являти для перевірки домашні завдання на вимогу викладача. Дотримання дисципліни в аудиторії обов'язкове. Воно передбачає не допущення сторонніх розмов, користування будь-якими гаджетами чи іншими пристроями з метою, не передбаченою потребою виконання поставлених викладачем завдань, категоричне недопущення порушень техніки безпеки при виконанні лабораторних робіт.

Політика щодо академічної доброчесності: Усі письмові роботи перевіряються на наявність плагіату і допускаються до захисту із коректними текстовими запозиченнями не більше 20%.

Політика щодо відвідування: Відвідування занять є обов'язковим компонентом оцінювання. За об'єктивних причин (наприклад, хвороба, міжнародне стажування) навчання може відбуватись в on-line формі за погодженням з кафедрою.

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)

Поточний контроль: експрес-опитування, опитування за темою заняття, МКР, тест тощо

Семестровий контроль: залік

Умови допуску до семестрового контролю: семестровий рейтинг більше 60 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
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)

- можливість зарахування сертифікатів проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою;
- можливість зарахування статей, виданих за кордоном

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено кандидат технічних наук, доцент

Сергій ТРУБАЧЕВ

Ухвалено кафедрою динаміки і міцності машин (протокол № 7 від 27 травня 2021 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету¹ (протокол № __ від _____)

¹ Методичною радою університету – для загальноуніверситетських дисциплін.