



Теорія коливань стрижневих і континуальних систем.

Частина 1. Коливання систем з багатьма ступенями свободи

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>Нормативна. Цикл професійної підготовки</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>III курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4.5 кредити (135 годин) (36 год. – лекції, 36 год. – практичні заняття)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен / МКР</i>
Розклад занять	<i>http://roz.kpi.ua/</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>к.ф.-м.н., доцент, Кикоть Сергій В'ячеславович, kykot.serhii@ill.kpi.ua</i> Практичні: <i>к.ф.-м.н., доцент, Хорошев Костянтин Григорович khoroshev.kostiantyn@ill.kpi.ua</i>
Профіль викладача	
Розміщення курсу	<i>MOODLE: https://do.ipu.kpi.ua/course/view.php?id=7189</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Теорія коливань – наука про основні закони і умови існування коливань та інших рухів. Перед теорією коливань стоять дві основні задачі: як малою силою викликати корисні коливання та як послабити дію шкідливих коливань.

Розповсюдження коливань у фізичному просторі називається хвилею. Механічні системи, які можуть коливатися, називаються коливними системами. Усі коливні системи є нелінійними та континуальними. Але для полегшення їх аналізу застосовують моделі – насамперед це системи з одним ступенем свободи, які дозволяють здійснювати первісну оцінку цих процесів – а також системи з декількома ступенями свободи. Серед останніх розрізняють одновимірні моделі (стрижень, балка, струна, вал та інші), двовимірні (пластина, оболонка), трьохвимірні (тверді пружні тіла, рідини, газу). Але коливні явища в техніці, природі і в людей реально існують тільки за умов їх стійкості. Тому теорію коливань потрібно вивчати разом з теорією стійкості руху.

Для кожної моделі розглядаються вільні, вимушені, параметричні коливання, а також автоколивання.

Нелінійні коливання, стійкість руху розглядаються в основному для систем з одним ступенем свободи. Подальший розвиток науки та техніки зумовлює у необхідності розв'язанні нових задач машинобудування з урахуванням динамічних та випадкових навантажень не дає змоги обійтись тільки статичними детермінованими розрахунками з метою підвищення міцності та надійності машин при одночасному зменшенні їх ваги. Назріла необхідність, коли для цього потрібно використовувати й чисельні динамічні ефекти (резонансні, антирезонансні, нелінійні), які широко висвітлюються в теорії коливань. Дисципліна "Колівання систем з багатьма ступенем свободи" входить до дисциплін циклу професійної підготовки бакалавра освітньої програми „Динаміка і міцність машин”. Вона формує теоретичні та практичні знання здобувачів освіти для раціонального проектування елементів машин, оцінки напружено-деформованого стану та правильної оцінки ресурсу.

Метою дисципліни є набуття здобувачами освіти ЗНАНЬ про основні закони коливань і хвиль, які пояснюють різні динамічні ефекти - резонансні, антирезонансні, нелінійні та інші. В результаті вивчення дисципліни здобувачі освіти набувають УМІНЬ застосовувати отримані знання і вивчені методики до наукової творчості та вирішення технічних задач на основі вже пізнаних динамічних ефектів у кожному розділі курсу на кожній моделі коливної системи.

В результаті вивчення дисципліни здобувачі освіти набувають НАВИЧОК відшукування розв'язків та оформлення результатів дослідження і наукових досягнень для зменшення шкоди машині і людині-оператору від впливу вібрацій, а також знаходження режимів ефективної роботи коливної системи, що моделює машину.

Програмні результати навчання

Спеціальні (фахові, предметні) компетентності бакалавра за спеціальністю

Компонента професійної підготовки «Колівання систем з одним ступенем свободи» освітньо-професійної програми «[Динаміка і міцності машин](#)» підготовки першого (бакалаврського) рівня вищої освіти зі спеціальності 131 «Прикладна механіка» галузі знань 13 «Механічна інженерія» та затвердженого [стандарту вищої освіти України](#) першого (бакалаврського) рівня, галузі знань 13 – «Механічна інженерія» формує у здобувачів освіти першого (бакалаврського) рівня вищої освіти зі спеціальності 131 «Прикладна механіка» такі фахові компетентності — здатності до реалізації професійних обов'язків:

Таблиця 1а.

Інтегральна компетентність	Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми в прикладній механіці, зварюванні, лазерних та споріднених технологіях або у процесі навчання, що передбачає застосування певних теорій та методів механічної інженерії і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.
Спеціальні (фахові, предметні) компетентності	Здатності до реалізації професійних обов'язків
ФК1	Здатність аналізу матеріалів, конструкцій та процесів на основі законів, теорій та методів математики, природничих наук і прикладної механіки.
ФК2	Здатність робити оцінки параметрів працездатності матеріалів, конструкцій і машин в експлуатаційних умовах та знаходити відповідні рішення для забезпечення заданого рівня надійності конструкцій і процесів, в тому числі і за наявності деякої невизначеності.
ФК5	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.
ФК7	Здатність застосовувати комп'ютеризовані системи проектування (CAD), виробництва (CAM), інженерних досліджень (CAE) та спеціалізоване прикладне програмне забезпечення для вирішення інженерних завдань з прикладної механіки
ФК14	Здатність оптимізувати конструкцію устаткування, машини, агрегату, вузла, тощо з точки зору її міцності, надійності та вартості.
ФК15	Здатність коректно визначати граничні умови та створювати розрахункові моделі реальної конструкції з урахуванням зовнішнього експлуатаційного навантаження

Нормативний зміст підготовки здобувачів вищої освіти, сформульований у термінах результатів навчання

Уміння бакалавра визначаються за видами навчальної діяльності як конкретизація загальних і фахових компетентностей в програмі навчальної дисципліни, практики, самостійного завдання і застосовуються як критерії відбору необхідних і достатніх знань (змістових модулів), які можна ідентифікувати, кількісно оцінити та виміряти:

Таблиця 16.

Результати навчання	Ідентифікація необхідних і достатніх знань і умінь
РН3	Виконувати розрахунки на міцність, витривалість, стійкість, довговічність, жорсткість деталей машин.
РН4	Оцінювати надійність деталей і конструкцій машин в процесі статичного та динамічного навантаження.
РН20	Знання з теорії коливань та стійкості руху.
РН26	Уміння синтезувати алгоритми вирішення науково-технічних завдань з використанням сучасних технічних і програмних інформаційних засобів реалізації підтримки наукової та технічної діяльності.
РН28	Уміння готувати вихідні дані для обґрунтування технічних рішень, застосовувати стандартні методики розрахунків при проектуванні елементів машинобудівних конструкцій.

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

Дисципліна "Коливання систем з багатьма ступенями свободи" базується на наступних освітніх компонентах програми:

- ПО 1. Вища математика;
- ПО 2. Лінійна алгебра та аналітична геометрія;
- ПО 8. Теоретична механіка;
- ПО 11. Механіка матеріалів і конструкцій;
- ПО 20. Теорія пружності;
- ПО 21. Будівельна механіка стрижневих систем.

В свою чергу набуті знання є передумовою вивчення таких дисципліни:

- ПО 23. Теорії пластичності та повзучості;
 - ПО 25. Переддипломна практика;
 - ПО 26. Дипломне проектування;
- та інших.

Лекційний матеріал містить теоретичні положення, на яких базується курс, постановку задач, методи розв'язку задач теорії коливальних і стійкості руху по визначенню динамічного стану та його аналізу. Практичні заняття сприяють володінню здобувачами освіти вміннями і навичками розв'язання задач пов'язаних з теоретичними розрахунками при визначенні власних частот та власних форм коливальних.

3. Зміст навчальної дисципліни

Зміст та структура навчальної дисципліни (освітнього компонента) зазначено в таблиці 2.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова:

1. Василенко М. В., Алексейчук О. М. Теорія коливальних і стійкості руху : Підручник.- К.: Вища шк., 2004.- 525 с.: іл.
2. Бабенко А.Є., Бобир М.І., Боронко О.О. Трубочев С.І. Теорія коливальних та стійкості руху: збірник завдань до курсового проектування та практичних занять. Навч. посіб.- К. Гама-Принт, 2010. – 172 с.: іл.
3. Лекції з динаміки механічних систем [Електронний ресурс] : для здобувачів освіти денної та заочної форм навчання галузі знань 13 «Механічна інженерія», спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»; галузі знань 14 «Електрична інженерія», спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування» / К. Г. Хорошев, С. В. Кикоть; К.: НТУ, 2019. - 102 с.
4. Modelica® – A Unified Object-Oriented Language for Systems Modeling Language Specification. Version 3.4. [Електронний ресурс]. – Modelica Association, 2017. – 308 р. – Режим доступу до ресурсу: <https://modelica.org/documents/ModelicaSpec34.pdf>
5. OpenModelica User's Guide. Version: v1.21.0-v1.21.0.2+g0bc3d29bd9 [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://openmodelica.org/doc/OpenModelicaUsersGuide/1.21/>
6. Modelica by Example. [Електронний ресурс] / М.М. Tiller. – Режим доступу до ресурсу: <http://book.xogeny.com>

Допоміжна:

7. Кожушко А.П. Коливання механічних систем в автомобіле- та тракторобудуванні. навчальний посібник / А.П. Кожушко. – Харків: ФОП Панов А.М., 2018 – 316 с.: іл.
8. Основи теорії коливальних механічних систем: Навчальний посібник для здобувачів освіти дисципліни "Теорія коливальних" / Швайко Микола Юрійович. - Дніпропетровський державний університет. -Дніпропетровськ : РВВ ДДУ, 2000. - 268 с.
9. Теорія коливальних : Навч. посіб. для вищ. навч. закл. / Ю.С. Рудь, І.С. Радченко, С.М. Кузьміч, В.Ю. Білоножко. - Кривий ріг : Мінерал, 2002. - 391 с.
10. Singiresu S. Rao, Philip Griffin Mechanical vibrations. Sixth Edition in SI Units.-Pearson Education Prentice Hall, 2018. - 1290 р.
11. Відеокурс з опанування ПЗ OpenModelica [Електронний ресурс]. - Режим доступу до ресурсу: https://spoken-tutorial.org/tutorial-search/?search_foss=OpenModelica&search_language=English.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Таблиця 2. Структура навчальної дисципліни.

Навчальний тиждень	Тема	Назви розділів, тем	Кількість годин			
			Л	П	СРС	Σ
Розділ 1. Автономні системи зі скінченним числом ступенів свободи						
1	1.1	Квадратичні форми і матриці параметрів системи зі скінченним числом ступенів свободи. Форми диференціальних рівнянь вільних коливань системи зі скінченним числом ступенів свободи.	2	2	2	6
2	1.2	Методи розв'язання рівнянь вільних коливань систем зі скінченним числом ступенів свободи. Метод головних коливань (МГК), Метод Ейлера. Приклади.	2	2	2	6
3	1.3	Частотне (вікове) рівняння. Три випадки його розв'язків. Діаграми розв'язків частотного (вікового) рівняння системи з двома ступенями свободи. Діаграми Віна для прямої форми диференційних рівнянь вільних коливань при $n=2$. Висновки з діаграми Віна. Властивості власних частот і власних форм коливань, умови ортогональності та формули зведення для коливних систем зі скінченним числом ступенів свободи.	2	2	3	7
4	1.4	Особливі види коливальних систем. Ланцюгові системи та їх властивості. Регулярні системи. Напіввизначені коливальні системи. Приклади.	2	2	3	7
5	1.5	Пряма і обернена несиметричні форми диференціальних рівнянь вільних коливань. Симетризація і умови ортогональності власних форм коливань для несиметричної оберненої форми рівнянь.	2	2	3	7
6	1.6	Головні координати системи зі скінченним числом ступенів свободи та їх значення. Варіаційні принципи в теорії коливань систем зі скінченним числом ступенів свободи.	2	2	3	7
7	1.7	Вільні коливання дисипативних систем. Диференціальні рівняння та їх розв'язок, характер коливань.	2	2	3	7
8	1.8	Варіаційні принципи в теорії коливань систем зі скінченним числом ступенів свободи.	2	2	3	7
Розділ 2. Неавтономні системи зі скінченним числом ступенів свободи						
9	2.1	Вимушені коливання системи без тертя під дією довільних та гармонічних змушувальних сил. Безпосередній розв'язок та у вигляді розкладу за власними формами коливань (МГК). Резонанс. Головні і побічні резонанси. Головні побічні антирезонанси.	2	2	3	7
10	2.2	Амплітудно-частотні характеристики (АЧХ) коливальних систем без тертя. Побудова графіків АЧХ коливальної системи з двома ступенями свободи. Динамічний гаситель коливань без тертя. Переваги та недоліки.	2	2	3	7
11	2.3	Вимушені коливання дисипативних систем під дією довільної змушувальні сили, метод комплексних головних координат	2	2	3	7

Навчальний тиждень	Тема	Назви розділів, тем	Кількість годин			
			Л	П	СРС	Σ
		(коливаний). Дія гармонічних змушувальних сил на систему зі скінченним числом ступенів свободи при наявності в'язкого тертя. Безпосередній розв'язок та розв'язок МГК. Умови наближеного врахування тертя при застосуванні розв'язку МГК до системи зі скінченним числом ступенів свободи. Динамічна матриця податливості.				
12	2.4	Кінематичне збудження в системі зі скінченним числом ступенів свободи.	2	2	2	6
13	2.5	Параметричні коливання в системі зі скінченним числом ступенів свободи.	2	2	3	7
14	2.6	Автоколивання в системі зі скінченним числом ступенів свободи.	2	2	3	7
15	2.7	Вимушені стаціонарні випадкові коливання.	2			2
Розділ 3. Рівняння методу скінченних елементів у теорії коливаний						
16	3.1	Рівняння методу скінченних елементів в теорії коливаний	2	2	3	7
17	3.2	Метод покоординатного спуску в теорії коливаний	2	2	3	7
18	3.3	Підсумкова лекція	2	2		4
Контрольні заходи						
15	Модульна контрольна робота (МКР).			2	3	5
	Підготовка до екзамену				15	15
	Разом за Семестр:		36	36	63	135

Платформа дистанційного навчання:

Для більш ефективної комунікації зі здобувачами освіти та засвоєння ними теоретичного матеріалу використовується платформа [MOODLE](#), з вбудованим сервісом [BigBlueButtonBN](#) для проведення онлайн-занять, електронна пошта, месенджер Telegram, а також eCampus КПІ ім. Ігоря Сікорського, за допомогою яких:

- спрощується розміщення та обмін навчальним матеріалом;
- здійснюється зворотній зв'язок стосовно навчальних завдань;
- оцінюються виконання домашніх завдань;
- ведеться облік та оцінювання виконання плану навчальної дисципліни.

6. Самостійна робота здобувача освіти

Самостійна робота здобувачів освіти передбачає самостійне вивчення теоретичного матеріалу, викладеного у літературних джерелах та виконання з врахуванням рекомендацій викладача самостійних завдань передбачених для закріплення набутих знань. Зазначені завдання мають бути оформлені у вигляді звіту/пояснювальної записки (в електронному та друкованому вигляді) з наведенням основних результатів та їх аналізом.

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Правила відвідування занять

Відвідування лекцій та практичних занять, а також відсутність на них, не оцінюється, але фіксується в Moodle. Однак, згідно *Правил внутрішнього розпорядку Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»* (<https://kpi.ua/admin-rule>) здобувачі освіти зобов'язані відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний та практичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для виконання семестрового індивідуального завдання. Оцінюються здобувачі освіти у разі точних і правильних відповідей на поставлені питання.

Якщо здобувач освіти не може бути присутнім на заняттях, він все одно несе відповідальність за виконання завдань, що проводились в аудиторії.

Правила поведінки на заняттях та контрольних заходах

На аудиторних заняттях (лекціях чи практичних заняттях) вітається активна участь здобувачів освіти та вимагається відключення електронних пристроїв, якщо це не передбачено планом проведення занять.

На будь-якому контрольному заході дозволяється використання літературних джерел в паперовому вигляді з переліку, вказаному в розділі 4. Заборонено використовувати електронні пристрої, якщо не передбачено планом проведення контрольного заходу.

Норми етичної поведінки здобувачів освіти і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

Правила призначення заохочувальних балів та змінені критерії оцінювання

Система оцінювання орієнтована на отримання балів здобувачами освіти за своєчасність виконання контрольних заходів (СР, складання тестів та модульної контрольної роботи). Змінені критерії оцінювання контрольних заходів застосовуються за умов порушення термінів їх виконання, а саме:

Таблиця 3. Розподіл заохочувальних балів та причини зміни критеріїв оцінювання.

Заохочувальні бали		Змінені критерії оцінювання	
<i>Критерій</i>	<i>Ваговий бал</i>	<i>Критерій</i>	<i>Ваговий бал</i>
<i>Створення відео для покращення опановування навчального контенту та удосконалення дидактичних матеріалів, активна участь на форумах у дистанційному курсі та онлайн-заняттях, при умові вчасного виконання задач СР.</i>	<i>до +2</i>	<i>Порушення термінів виконання задач самостійної роботи (СР_1, СР_2)</i>	<i>До – 15% від максимального балу за завдання (до -2 балів)</i>
<i>Відмінний, повний семантичний конспект лекцій у паперовому поданні.</i>	<i>до +5</i>	<i>Відсутність без поважної причини на МКР, перевищення відведеного часу для виконання МКР, повторне написання МКР</i>	<i>До -20% від максимального балу (-2 бали)</i>

Пропущені контрольні заходи, правила дедлайнів (кінцевих термінів) та перескладань

Всі види контрольних заходів прописані в розділі 8.

Поточні контрольні заходи мають бути пройдені до початку семестрового контрольного заходу. Своєчасне виконання усіх контрольних заходів є обов'язковим.

Якщо здобувач(-ка) освіти не виконав(-ла) задачу СР в призначений викладачем термін, то термін виконання цієї задачі пролонгується зі зміненими критеріями оцінювання.

Тестування та модульна контрольна робота (МКР) проводяться на занятті. Для здобувачів освіти що були відсутні без поважних причин, що не підтверджуються документально, на занятті, на якому заплановано тестування або МКР, то він(вона) має можливість пройти контрольний захід в інший час, погоджений з викладачем, зі зміненими критеріями оцінювання. Кількість таких додаткових контрольних заходів регламентується викладачем.

Перескладати контрольний захід дозволяється лише у випадку, якщо він оцінений на 0 балів. Технічні проблеми (пошкодження обладнання, проблеми з друком) не є поважною причиною для несвоєчасної здачі роботи. Оцінка перескладеного контрольного заходу не може перевищувати 80% від максимально можливої оцінки за цей контрольний захід.

Відпрацювання пропущеного заняття з лекційного курсу здійснюється шляхом написання конспекту лекції та захисту теоретичного матеріалу за відповідною темою. Відпрацювання пропущеного практичного заняття здійснюється шляхом самостійного виконання завдання, а за необхідності – з консультацією викладача, і його захисту відповідно до графіку консультацій викладача.

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>.

Навчання іноземною мовою

Навчальна дисципліна «Коливання систем з одним ступенем свободи» не передбачає її вивчення англійською мовою.

Інклюзивне навчання

Навчальна дисципліна «Коливання систем з багатьма ступенями свободи» може викладатися для більшості здобувачів освіти 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)

Види контролю

Поточний контроль. З метою діагностики залишкових знань та умінь сформованих у здобувачів освіти за окремими темами та розділами є завдання для самостійної роботи (СР) впродовж семестру, що складається з задач дослідження коливальних систем з двома та трьома ступенями свободи, захист, яких проходить у формі усного захисту та складання тестів та модульної контрольні роботи (МКР).

СР спрямована на перевірку наявності знань та практичних вмінь, набутих в процесі навчання після ключових тем та охоплюють їх основні поняття. Задачі СР відповідають ключовим темам, які видаються протягом семестру. Оголошення про кожну задачу ключової теми СР, формат звіту, зміст роботи та дедлайн виконання оголошуються викладачем на практичному занятті після

проходження відповідної ключової теми та зазначається у дистанційному курсі в середовищі Moodle. Виконання самостійне з дотримання правил академічної доброчесності.

Календарний контроль — модульна контрольна робота: проводиться раз на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

В семестрі дві проміжні атестації здобувачів освіти (далі – атестація). Основне завдання МКР є діагностика теоретичних та практичних умінь та навичок. МКР складається з двох практичних завдань, приклади якого розібрані на попередніх практичних заняттях. Перша атестація проводиться на 8-му тижні навчання, а умовою отримання позитивної (задовільної) атестації №1 календарного контролю (а) є – рейтинг поточного контролю не менший 20 балів. Друга атестація проводиться на 15-му тижні, а умовою отримання позитивної (задовільної) атестації №2 календарного контролю (а) є – рейтинг поточного контролю не менший 42 бали.

МКР проводиться на практичному занятті у письмовій формі. Тривалість МКР – дві академічні години (одне практичне заняття). Модульна контрольна робота розбивається на дві частини згідно розділів:

1). Аналітичне дослідження коливань систем з багатьма ступенями свободи.

2). Симуляція математичної моделі коливальної системи з багатьма ступенями свободи в ПК OpenModelica.

Семестровий (підсумковий) контроль – екзамен. Екзаменаційне завдання складається з одного теоретичного питання з переліку, що наданий у розділі 9 та двох практичних задач, приклади яких розглядалися на практичному занятті. Форма проведення – письмова. Екзамен проводиться в період екзаменаційної сесії, тривалістю – 3 академічні години.

Рейтингова система оцінювання результатів навчання

Стартовий рейтинг здобувача освіти з навчальної дисципліни складається з балів, що він отримує за:

а) виконання задач СР (СР 1, СР 2);

б) складання тестів;

в) виконання МКР.

Таблиця 4. Розподіл балів за контрольні заходи поточного та календарного контролю впродовж семестру.

	№ з/п	Контрольний захід поточного, календарного та семестрового контролю	Кількість	Ваговий бал	Усього балів	Відсоток
С Т А Р Т О В И Й Р	1	Самостійна робота 1. Виконання та захист задач для коливальних систем з двома ступенями свободи (математичні методи)	2	8 (зараховано в період до дедлайну), 7 (зараховано в період 1-го тижня після дедлайну), 6 (зараховано в інших випадках)	16	16%
	2	Самостійна робота 2. Виконання	4	6 (зараховано	24	24%

е й т и н г		задач для коливальних систем з трьома ступенями свободи (математичні методи та моделювання в ПК OpenModelica)		в період до дедлайну), 5 (зараховано в період 1-го тижня після дедлайну), 4 (зараховано в інших випадках)		
	3	Захист самостійної роботи 2 (складання тестів)	4	5	20	20%
	4	Модульна контрольна робота (МКР)	1	10	10	10%
5	Екзамен		1	30	30	30%
Разом за семестр					100	100%

Поточний контроль

Таблиця 5. Критерії оцінювання та розподіл балів за самостійну роботу до дедлайну.

№ з/п	Критерії оцінювання СРС	Відсоток	Бали	Середній бал	Оцінка
1	СРС виконано вірно і на високому рівні, представлено повний розв'язок завдання з аналізом отриманого результату. Здобувач дає повні, обґрунтовані відповіді на контрольні запитання.	95%...100%	СР_1 7,6...8 / СР_2 5,7...6	7,8 5,85	Відмінно
2	СРС виконано вірно, але мають місце окремі недоліки непринципового характеру: наявні незначні арифметичні помилки у розрахунках, деякі зауваження до методики розв'язання. Здобувач дає відповіді на контрольні запитання з незначними помилками.	75%...94%	СР_1 6...7,5 / СР_2 4,5...5,6	6,75 5,05	Добре
3	СРС виконано, однак є суттєві помилки: розрахунки неправильні внаслідок допущених грубих помилок. Здобувач допускається суттєвих помилок у відповідях на контрольні запитання.	60%...74%	СР_1 4,8...5,9 / СР_2 3,6...4.4	5,35 4	Задовільно
4	СРС виконано, однак містить принципові помилки у розв'язанні. Здобувач в цілому не володіє матеріалом (робота не зараховується).	35%...59%	0	0	Незадовільно
5	Завдання не виконано	0			

СР_1 вважається зарахованою якщо набрано не менше 5 балів з 8 балів ;
СР_2 вважається зарахованою якщо набрано не менше 4 бали з 6 балів,
що складає понад 60 % від максимально можливої кількості балів (max = 8 бали, та max = 6 балів).

Задачі самостійної роботи, які були здані після встановленого кінцевого терміну виконання (дедлайну) оцінюються за результатами усного захисту та з урахуванням таблиці 3.

Таблиця 6. Критерії оцінювання та розподіл балів за тестування (захист СР_2).

№ з/п	Критерії оцінювання тестування (захист РГР)	Відсоток	Бали	Середній бал	Оцінка
1	Виявлено глибокі знання та успішно справилися із тестовим завданням, (не менше 95% потрібної інформації).	95%...100%	4,75...5	4,875	Відмінно
2	Виявлено повні знання в обсязі, достатньому для подальшої роботи, (не менше 75% потрібної інформації).	75%...94%	3,75...4,7	4,225	Добре
3	Виявлено розуміння поставленого завдання, але глибина знань не може гарантувати безпомилкового виконання фахових технічних завдань, (не менше 60% потрібної інформації) .	60%...74%	3...3,7	3,35	Задовільно
4	Виявлено значні прогалини та недоліки у відповідях та помилки, (менше 60% потрібної інформації).	35%...59%	0	0	Незадовільно
5	Відповідь відсутня або не правильна	0%...34%			

Тест вважається складеним, якщо набрано не менше 3 бали (прохідний бал), що складає 60 % від максимально можливої кількості балів (max = 5 балів).

Календарний контроль.

Таблиця 7. Критерії оцінювання та розподіл балів для модульної контрольної роботи (МКР).

№ з/п	Критерії оцінювання модульної контрольної роботи (МКР)	Відсоток	Бали	Середній бал	Оцінка
1	За повну відповідь, що містить взаємозв'язок основних понять та визначень і характеризується логічним та чітким викладенням матеріалу. Правильно отриманий загальний розв'язок та числа відповідь (не менше 95% потрібної інформації)	95%...100%	9,5..10	9,75	Відмінно
2	Якщо при виконанні завдання застосовано вірний алгоритм, але допущені неprincipпові помилки, відсутня необхідна деталізація (не менше 75% потрібної інформації)	75%...94%	7,5...9,4	8,45	Добре
3	Якщо при виконанні завдання допущені неточності, які зумовили неправильні розрахунки всього завдання, (не менше 60% потрібної інформації).	60%...74%	6...7,4	6,7	Задовільно
4	Якщо студент виконав завдання і допустив принципіві помилки, (менше 60% потрібної	35%...59%	0	0	Незадовільно

	інформації)				НО
5	Відповідь відсутня або не правильна	0%...34%			

МКР вважається зарахованою, якщо набрано не менше 6 балів, що складає 60% від максимально можливої кількості балів (max = 10 балів).

Семестровий (підсумковий) контроль: ЕКЗАМЕН

Мінімальний пороговий рівень оцінки за кожним запланованим для освітньої компоненти результатом навчання не може бути нижчим за 60 % від максимально можливої кількості балів.

Таблиця 8. Умови допуску до екзамену.

№ з/п	Обов'язкові умови допуску до екзамену	Умови допуску до екзамену	Критерій	Бали
1	Виконання всіх задач СР_1 та СР_2	Мінімальний позитивний рейтинговий бал за всі завдання СР	Зараховано викладачем (max = 40 бали)	≥ 24 до 40
2	Складання тестів	Мінімальний позитивний рейтинговий бал за проходження всіх тестів	Зараховано викладачем, результат зазначений в Moodle (max = 20 бали)	≥ 12 до 20
3	Виконання МКР	Позитивний результат за виконання МКР	Зараховано викладачем, якщо рейтингова оцінка складає не менше 60% від максимально можливої кількості балів (max = 10 бали)	≥ 6 до 10
4	Стартовий рейтинг (складається з суми рейтингових балів контрольних заходів)		Стартовий рейтинг складає не менше 60% від максимально можливої кількості балів (max = 70 балів)	≥ 42 до 70

Таблиця 9. Критерії оцінювання та розподіл балів для семестрового контролю.

№ з/п	Критерії оцінювання екзамену	Відсоток	Задачі	Теоретичне питання	Бали	Середній бал	Оцінка
1	За повну відповідь, що містить взаємозв'язок основних понять та визначень і характеризується логічним та чітким викладенням матеріалу/доведенням теоретичних питань; повне володіння усіма методами розв'язання задач, вміння аналізувати та узагальнювати отримані	95%...100%	19...20	9,5...10	28,5...30	29,25	Відмінно

	результати						
2	Логічно обґрунтована і завершена відповідь на теоретичні запитання; впевнене володіння методами розв'язання задач	85%...94%	17...18,8	8,5...9,4	25,5...28,2	26,85	Дуже добре
3	Обґрунтована і послідовна відповідь на теоретичні запитання; при розв'язуванні задач допущені неprincipові помилки, в цілому продемонстровано володіння методами розв'язання задач механіки	75%...84%	15...16,8	7,5...8,4	22,5...25,2	23,85	Добре
4	Неповна відповідь на теоретичні запитання із суттєвими помилками; при розв'язуванні задач допущені суттєві помилки, однак підхід до розв'язання здійснений методично вірно	65%...74%	13...14,8	6,5...7,4	19,5...22,2	20,85	Задовільно
5	Неповна відповідь на теоретичні запитання із значними помилками; при розв'язуванні задач допущені суттєві помилки, підхід до розв'язання здійснений лише чітко за методикою	60%...64%	12...12,8	6...6,4	18...19,2	18,6	Достатньо
6	Відповідь надано на рівні означень та кінцевих формул, або відсутня; розв'язання задач уривчасте, непослідовне, або відмова відповідати за білетом	0%...59%	0	0	0	0	Незадовільно

Екзамен вважається зарахованим, якщо набрано не менше 18 балів, що складає 60 % від максимально можливої кількості балів (max = 30 балів).

Оцінка за освітнім компонентом загалом.

Підсумкове оцінювання результатів навчання здійснюється за 100-бальною шкалою з подальшим переведенням до оцінок за університетською шкалою. Підсумкова оцінка з освітнього компонента загалом, визначається як сума оцінок/балів за всіма успішно оціненими результатами навчання під час семестру (оцінки нижче від мінімального порогового рівня до підсумкової оцінки не додаються) та оцінка, що отримана під час екзамену. Якщо оцінка здобувача освіти за екзаменаційну роботу є нижчою від мінімального порогового рівня (< 18 балів) (< 60 % від

максимально можливої кількості балів для визначеної форми контролю), то бали за екзамен не додаються до семестрової оцінки (вважаються рівними нулю), а підсумкова оцінка із дисципліни є “Незадовільною”.

Таблиця 12. Відповідність рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою.

Відсотки	Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка за університетською шкалою за освітнім компонентом
≥ 60 %	95...100	Відмінно
	85...94	Дуже добре
	75...84	Добре
	65...74	Задовільно
	60...64	Достатньо
< 60 %	Менше 60	Незадовільно
	Не виконані умови допуску	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Орієнтовний перелік теоретичних питань, що виносяться на екзамен:

1. Квадратичні форми і матриці параметрів системи з багатьма степенями свободи.
2. Форми диференційних рівнянь вільних коливань системи з багатьма степенями свободи.
3. Методи розв'язування рівнянь вільних коливань системи з багатьма степенями свободи.
4. Методи розв'язування рівнянь вільних коливань системи з багатьма степенями свободи. Метод головних коливань (МГК).
5. Частотне (вікове) рівняння. Три випадки його розв'язків. Графік.
6. Графіки розв'язків при $n=2$
7. Діаграма Віна для прямої форми диференційних рівнянь коливань.
8. Висновки з діаграми Віна.
9. Властивості власних частот і власних форм колива
10. Довести умови ортогональності та вивести формули зведення для коливних систем з багатьма степенями свободи.
11. Визначення ортогональної матриці. 1
2. Особливі види коливних систем з багатьма степенями свободи. Ланцюгові системи та їх властивості. Регулярні системи. Напів визначені коливальні системи.
13. Прямі і обернені несиметричні форми диференційних рівнянь.
14. Симетризація і умови ортогональності власних форм коливань для несиметричної оберненої форми рівнянь.
15. Варіаційні принципи в теорії коливань систем з багатьма степенями свободи.
16. Головні координати та їх значення.
17. Диференційні рівняння вільних коливань системи з багатьма степенями свободи з в'язким тертям. Розв'язування. Характер коливань.

18. Вимушені коливання ідеально пружної системи з багатьма степенями свободи під дією гармонічних сил. Безпосередній розв'язок і у вигляді розкладу за власними формами коливань(МГК). Резонанс. Головні і побічні резонанси. Голови і і побічні антирезонанси.
19. Амплітудно-частотні характеристики (АЧХ) ідеально-пружної коливальної системи з двома степенями свободи.
20. Динамічний гасник коливань без тертя. Переваги та недоліки.
21. Вимушені коливання системи з багатьма степенями свободи з урахуванням тертя під дією довільних сил. МГК.
22. Дія гармонічних вимушуючих сил на систему з багатьма степенями свободи при наявності в'язкого тертя. Безпосередній розв'язок і розв'язок МГК.
23. Умови наближеного врахування тертя при застосуванні розв'язку МГК до системи з багатьма степенями свободи.
24. Динамічна матриця податливості.
25. Кінематичне збудження в системі з багатьма степенями свободи.
26. Параметричні коливання в системі з багатьма степенями свободи.
27. Автоколивання в системі з багатьма степенями свободи.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцентами кафедри динаміки і міцності машин та опору матеріалів,
к.ф.-м.н., доцент, Сергій КИКОТЪ.

Ухвалено кафедрою кафедри динаміки і міцності машин та опору матеріалів
протокол № 13 від 22 / 06 / 2023 р.

Погоджено Методичною комісією механіко-машинобудівного інституту
протокол № 12/23 від 28 / 06 / 2023 р.