



КОЛИВАННЯ СИСТЕМ З ОДНИМ СТУПЕНЕМ 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>Цикл професійної підготовки</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>III курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредитів (120 годин) (36 год. – лекції, 36 год. – практичні заняття)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік / 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@III.kpi.ua</i> Практичні: <i>к.ф.-м.н., доцент, Хорошев Костянтин Григорович khoroshev.kostiantyn@III.kpi.ua</i>
Профіль викладача	
Розміщення курсу	<i>MOODLE: https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=7025</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 "Коливання систем з одним 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 «Коливання 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, індивідуального 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.

В свою чергу набуті знання є передумовою вивчення таких дисципліни:

- ПО 21. Будівельна механіка стрижневих систем;
 - ПО 23. Теорії пластичності та повзучості;
- та інших

Лекційний матеріал містить теоретичні положення, на яких базується курс, постановку задач, методи розв'язку задач теорії коливань 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 коливань.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Основні поняття і визначення

Тема 1.1. Предмет і задачі теорії коливань і стійкості руху. Класифікація коливальних процесів та коливальних систем. Кінематика коливань. Динаміка коливань, найпростіші способи складання диференціальних рівнянь коливань.

Розділ 2. Вільні коливання системи з одним ступенем свободи

Тема 2.1. Узагальнені сили коливальної системи з одним ступенем свободи. Параметри лінійної коливальної системи та їх визначення.

Тема 2.2. Вільні коливання лінійної консервативної системи (власні коливання). Метод Релея.

Тема 2.3. Вільні коливання лінійних систем з урахуванням тертя.

Розділ 3. Вимушені коливання системи з одним ступенем свободи

Тема 3.1. Вимушені коливання систем з одним ступенем свободи за відсутності тертя.

Тема 3.2. Вимушені коливання систем з одним ступенем свободи з урахуванням тертя.

Тема 3.3. Випадкові коливання лінійно-в'язкої системи. Захист від вібрацій.

Розділ 4. Параметричні коливання

Тема 4.1. Гармонічне параметричне збудження в лінійній та нелінійній системі. Вплив тертя на параметричні коливання.

Розділ 5. Автоколивання в системі з одним ступенем свободи

Тема 5.1. Класифікація автоколивальних систем і автоколивань. "Від'ємне" тертя в осциляторній активній системі. Метод фазової площини.

Тема 5.2. Визначення амплітуди і частоти автоколивань осциляторної активної системи.

Тема 5.3. Розривні автоколивання в накопичувальній і змішаній системах. Неперервні фрикційні автоколивання.

Розділ 6. Нелінійні системи з одним ступенем свободи

Тема 6.1. Особливості і класифікація нелінійних систем з одним ступенем свободи. Методи дослідження автономних нелінійних систем (три групи методів).

Тема 6.2. Наближені аналітичні методи дослідження нелінійних неавтономних систем.

Тема 6.3. Особливості вимушених коливань у нелінійних системах.

Розділ 7. Стійкість руху нелінійних систем

Тема 7.1. Дослідження стійкості руху за Ляпуновим. Прямий метод Ляпунова для автономних систем.

Тема 7.2. Прямий метод Ляпунова для неавтономних систем. Дослідження стійкості нелінійних систем за першим наближенням.

Тема 7.3. Критерії від'ємності дійсних частин коренів характеристичного рівняння. Теорема Кельвіна і Тета.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова:

1. Василенко М. В., Алексейчук О. М. Теорія коливань і стійкості руху : Підручник.- К.: Вища шк., 2004.- 525 с.: іл.

2. Бабенко А.Є., Бобир М.І., Боронко О.О. Трубачев С.І. Теорія коливань 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 терії коливань механічних систем: Навчальний посібник для здобувачів освіти дисципліни "Теорія коливань" / Швайко Микола Юрійович. - Дніпропетровський державний університет. -Дніпропетровськ : РВВ ДДУ, 2000. - 268 с.
9. Теорія коливань : 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 2а. Структура навчальної дисципліни.

Навчальний тиждень	Тема	Контент	Кількість годин			
			Л	П	СР С	Σ
Розділ 1. Основні поняття і визначення						
1	1.1	Предмет і задачі теорії коливань і стійкості руху. Класифікація коливальних процесів та коливальних систем. Кінематика коливань. Динаміка коливань, найпростіші способи складання диференціальних рівнянь коливань.	2	2	2	6
Розділ 2. Вільні коливання системи з одним ступенем свободи						
2	2.1	Узагальнені сили коливальної системи з одним ступенем свободи. Параметри лінійної коливальної системи та їх визначення.	2	2	2	6
3	2.2	Вільні коливання лінійної консервативної системи (власні	2	2	4	8

Навчальний тиждень	Тема	Контент	Кількість годин			
			Л	П	СР С	Σ
		коливання). Метод Релея.				
4	2.3	Вільні коливання лінійних систем з урахуванням тертя.	2	2	2	6
Розділ 3. Вимушені коливання системи з одним ступенем свободи						
5	3.1	Вимушені коливання систем з одним ступенем свободи за відсутності тертя.	2	2	2	6
6	3.2	Вимушені коливання систем з одним ступенем свободи з урахуванням тертя.	2	2	2	6
7	3.3	Випадкові коливання лінійно-в'язкої системи. Захист від вібрацій.	2	2	2	6
Розділ 4. Параметричні коливання						
8	4.1	Гармонічне параметричне збудження в лінійній та нелінійній системі. Вплив тертя на параметричні коливання.	2		4	6
Розділ 5. Автоколивання в системі з одним ступенем свободи						
9	5.1	Класифікація автоколивальних систем і автоколивань. "Від'ємне" тертя в осциляторній активній системі. Метод фазової площини.	2	2	3	7
10	5.2	Визначення амплітуди і частоти автоколивань осциляторної активної системи.	2	2	3	7
11	5.3	Розривні автоколивання в накопичувальній і змішаній системах. Неперервні фрикційні автоколивання.	2	2	2	6
Розділ 6. Нелінійні системи з одним ступенем свободи						
12, 13	6.1	Особливості і класифікація нелінійних систем з одним ступенем свободи. Методи дослідження автономних нелінійних систем (три групи методів).	4	4	4	12
14	6.2	Наближені аналітичні методи дослідження нелінійних неавтономних систем.	2	2	4	8
15	6.3	Особливості вимушених коливань у нелінійних системах.	2	2	2	6
Розділ 7. Стійкість руху нелінійних систем						
16	7.1	Дослідження стійкості руху за Ляпуновим. Прямий метод Ляпунова для автономних систем.	2		2	4
17	7.2	Прямий метод Ляпунова для неавтономних систем. Дослідження стійкості нелінійних систем за першим наближенням.	2	2	2	6
18	7.3	Критерії від'ємності дійсних частин коренів характеристичного рівняння. Теорема Кельвіна і Тета.	2		2	4
Контрольні заходи						
8, 16	Модульна контрольна робота (МКР). Частина 1, 2.			4	4	8
18	Залік			2		2
	Разом за Семестр:		36	36	48	120

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 домашніх завдань для закріплення набутих знань. Зазначені завдання мають бути оформлені у вигляді звіту/пояснювальної записки (в електронному вигляді) з наведенням основних результатів та їх аналізом.

Таблиця 2б. Завдання для самостійної роботи здобувача освіти.

№ з/п	Навчальний тиждень	Тема	Контент Тематика задач для самостійної роботи здобувача освіти (СРС)	Ресурс
Розділ 2. Вільні коливання системи з одним ступенем свободи				
1	2	2.1	Визначення параметрів лінійної коливальної системи з одним ступенем свободи Задача 3.1.1. <i>Визначити коефіцієнт жорсткості статично визначеної коливальної системи.</i>	[2]. Розділ 3. П.3.1. Стор. 11 — 14.
2	3	2.1	Найпростіші способи складання диференціальних рівнянь коливань. Задача 3.2.1. <i>Для один раз статично невизначеної коливальної системи скласти диференціальне рівняння вільних коливань, та визначити першу власну частоту коливань.</i>	[2]. Розділ 3. П.3.2. Стор. 14 — 18.
3	4	2.2	Приведення системи з нескінченним числом степенів свободи (або з декількома степенями свободи) до системи з одним ступенем свободи. Задача 3.4.1. <i>Для системи визначити першу власну частоту за методом Релея в першому та другому наближенні ($k=1$).</i>	[2]. Розділ 3. П.3.4. Стор. 20 — 24.
Розділ 3. Вимушені коливання системи з одним ступенем свободи				
4	5	3.1	Вимушені коливання лінійної системи з одним ступенем свободи при відсутності тертя. Задача 3.5.2.	[2]. Розділ 3. П.3.5. Стор. 25 — 29.
5	6	3.2	<i>Для статично визначеної коливальної системи визначити коефіцієнт динамічності при відсутності тертя.</i>	Видається викладачем
6	7	3.3	<i>Для один раз статично невизначеної</i>	Видається викладачем

№ з/п	Навчальний тиждень	Тема	Контент Тематика задач для самостійної роботи здобувача освіти (СРС)	Ресурс
			<i>коливальної системи визначити коефіцієнт динамічності з урахуванням тертя.</i>	
Розділ 4. Параметричні коливання				
7	8	4.1	Дослідити динамічну стійкість малих коливань при різних випадках закріплення пружного стрижня. Параметри Діаграми Айнса-Стретта. Задача 3.7.7.	[2]. Розділ 3. П.3.7. Стор. 41 — 49.
Розділ 6. Нелінійні системи з одним ступенем свободи				
8	12-14	6.1- 6.3.	Дослідження усталених резонансних коливань нелінійної системи з одним ступенем свободи при гармонічному збудженні. Метод гармонічного балансу.	[2]. Розділ 4. П.4.1, 4.2. Стор. 49 — 60.

Політика та контроль

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, тестування та модульних контрольних робіт). 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 пропозиції щодо покращення опановування навчального контенту, активна участь на форумах у та онлайн-заняттях щотижневих тематичних опитуваннях у дистанційному курсі — рефлексія курсу, при умові вчасного виконання задач CP</i>	<i>до +2</i>	<i>Порушення термінів виконання задач самостійної роботи (CP_1, CP_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 за завдання (-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 CP 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.

У випадку накопичення здобувачем освіти понад 10-и балів за причини зміни критеріїв оцінювання він(вона) втрачає можливість отримати відповідну до набраного рейтингу оцінку без додаткових випробувань.

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 одним ступенем 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 8-и задач дослідження коливальних систем з одним ступенем свободи, захист, яких проходить у формі складання тестів або усного захисту та 2-х частин модульної контрольної 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 двічі 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. Кожна частина 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 30 балів. Друга атестація проводиться на 15-му тижні, а умовою отримання позитивної (задовільної) атестації №2 календарного контролю (а) є – рейтинг поточного контролю не менший 60 балів.

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

- 1). Вимушені коливання в системі з одним ступенем свободи.
- 2). Нелінійні системи з одним ступенем свободи.

Семестровий (підсумковий) контроль – залік. Контрольне 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. Залік проводиться на останньому практичному занятті, тривалість – 2 академічні години (одне практичне заняття).

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) усний захист задач самостійної роботи, або складання тестів;
- в) виконання МКР.

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

	№ з/п	Контрольний захід поточного та календарного контролю	Кількість	Ваговий бал	Усього балів	Відсоток
С Т а р т о в и й р е й т и н г	1	Самостійна робота 1. Виконання та захист задач для коливальних систем з одним ступенем свободи (математичні методи)	4	8 (зараховано в період до дедлайну), 7 (зараховано в період 1-го тижня після дедлайну), 6 (зараховано в інших випадках)	32	32%
	2	Самостійна робота 2. Виконання задач для коливальних систем з одним ступенем свободи (математичні методи та моделювання в ПК OpenModelica)	4	12 (зараховано в період до дедлайну), 10 (зараховано в період 1-го тижня після дедлайну), 8 (зараховано в інших випадках)	48	48%
	3	Модульна контрольна робота (МКР)	2	10	20	20%
Разом за семестр					100	100%

Поточний контроль

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

№ з/п	Критерії оцінювання ІЗ (ДКР)	Відсоток	Бали	Середній бал	Оцінка
1	ІЗ виконане 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 11,4...12	7,8 11,7	Відмінно
2	ІЗ виконане 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	75%...94%	СР_1 6...7,5 / СР_2 9...11,3	6,75 10,14	Добре

	незначними помилками				
3	Із 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 7,2...8,9	5,35 8,04	Задовільно
4	Із 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 8 бали з 12 балів, що складає понад 60 % від максимально можливої кількості балів (max = 8 бали, та max = 12 балів).					

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

Календарний контроль.

Таблиця 6. 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 числова відповідь (не менше 95% потрібної інформації)	95%...100%	9,5..10	9,75	Відмінно
2	Якщо при виконанні завдання застосовано вірний алгоритм, але допущені непринципові 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 принципові помилки, (менше 60% потрібної інформації)	35%...59%	0	0	Незадовільно
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: ЗАЛІК

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

Таблиця 7. Умови допуску до заліку.

№ з/п	Обов'язкові умови допуску до заліку	Умови допуску до заліку	Критерій	Бали
1	Виконання всіх задач СР	Мінімальний позитивний рейтинговий бал за <u>всі</u> завдання СР	Зараховано викладачем (max =80 бали)	≥ 48 до 80
2	Виконання МКР	Позитивний результат за виконання першої та другої частини МКР	Зараховано викладачем, якщо рейтингова оцінка складає не менше 75% від максимально можливої кількості балів (max = 20 бали)	≥ 12 до 20
3	Стаптовий рейтинг (складається з суми рейтингових балів контрольних заходів)		Рейтингова оцінка складає не менше 60% від максимально можливої кількості балів (max = 100 балів)	≥ 60 до 100

Здобувачі, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку $P_{зд} \geq 60$, отримують відповідну до набраного рейтингу оцінку без додаткових випробувань за умови дотримання дедлайнів виконання контрольних заходів поточного та календарного контролю.

Для здобувачів, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку $P_{ст} < 60$ балів, впродовж семестру втратили понад 10 балів за недотримання умов дедлайнів, а також ті, хто бажає підвищити свою рейтингову оцінку, на останньому за розкладом занятті викладач проводить семестровий контроль у вигляді залікової контрольної роботи або співбесіди.

Таблиця 8. Критерії оцінювання та розподіл балів для семестрового контролю.

№ з/п	Критерії оцінювання заліку	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 результати	95%...100%	28,5...30	9,5...10	38...40	39	Відмінно
2	Логічно обґрунтована і завершена відповідь на	85%...94%	25,5...28,2	8,5...9,4	34...37,6	35,8	Дуже добре

	теоретичні запитання; впевнене володіння методами розв'язання задач						
3	Обґрунтована і послідовна відповідь на теоретичні запитання; при розв'язуванні задач допущені неprincipпові помилки, в цілому продемонстровано володіння методами розв'язання задач механіки	75%...84%	22,5...25,2	7,5...8,4	30...33,6	31,8	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%	19,5...22,2	6,5...7,4	26...29,6	27,8	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%	18...19,2	6...6,4	24...25,6	24,8	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
Залік вважається зарахованим, якщо набрано не менше 24 бали, що складає 60 % від максимально можливої кількості балів (max = 40 балів).							

Здобувачі, які бажають підвищити свій рейтинг, та мають рейтингову оцінку $P_{зд} \geq 60$ беруть участь у заліковій контрольній роботі, при умові, що семестровий рейтинг множиться на коефіцієнт нормування $K_N=0,67$. З пронормованою рейтинговою оцінкою за формулою: $P_{здн}=0,67 \cdot P_{зд}$ здобувач виконую залікову контрольну роботу. У разі отримання оцінки, вищої за «автомат» з рейтингу, здобувач отримує оцінку за результатами залікової контрольної роботи; якщо ж отримана оцінка нижча, ніж «автомат» з рейтингу, тоді попередній рейтинг здобувача з модуля скасовується і він отримує остаточну оцінку тільки за результатами залікової контрольної роботи, тобто застосовується жорстка PCO.

Таблиця 9. Зразок покращення рейтингу здобувача.

Рейтингова оцінка за семестр, $P_{зд} \geq 60$	Оцінка за університетською шкалою, «автомат»	Пронормована рейтингова оцінка, $P_{здн} = 0,67 \cdot P_{зд}$	Рейтингова оцінка за залік, (від 24 до 40)	Семестрова рейтингова оцінка	Оцінка за університетською шкалою
$P_{зд} = 77$	Добре	$P_{здн} = 0,67 \cdot 77 = 51,6 \approx 52$	24...40	76...92	Добре ... Дуже добре
$P_{зд} = 77$	Добре	$P_{здн} = 52$	38	$52 + 38 = 90$	Дуже добре
$P_{зд} = 77$	Добре	52	0 (<24)	52	Незадовільно

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 залік. Якщо оцінка здобувача освіти за залікову роботу є нижчою від мінімального порогового рівня (< 24 бали) (< 60 % від максимально можливої кількості балів для визначеної форми контролю), то бали за залік не додаються до семестрової оцінки (вважаються рівними нулю), а підсумкова оцінка із дисципліни є "Незадовільною".

Таблиця 10. Відповідність рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою.

Відсотки	Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка за університетською шкалою за освітнім компонентом
$\geq 60 \%$	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 залік:

1. Задачі теорії коливань.
2. Класифікація коливальних процесів і коливальних систем.
3. Кінематика гармонічних коливань.
4. Кінематика періодичних і випадкових коливань.
5. Класифікація сил в коливній системі.
6. Прості способи складання диференційних рівнянь коливань.
7. Положення рівноваги. Теорема Лагранжа-Діріхле. Критерій Сільвестра. Теорема Четаєва.
8. Складові частини і параметри лінійних коливальних систем з 1-м ступенем свободи.
9. Диференційне рівняння вільних коливань системи з одним ступенем свободи. Його розв'язування.

10. Види початкових умов. Визначення часових постійних інтегрування з початкових умов.
11. Вплив в'язкого тертя на вільні коливання.
12. Метод Релея.
13. Фазова площина. Побудова фазових траєкторій.
14. Види особливих точок в системі з 1-м ступенем свободи при відсутності тертя.
15. Особливі точки неконсервативної системи.
16. Побудова фазових траєкторій за допомогою діаграми потенціальної енергії.
17. Класифікація автономних активних систем. Класифікація автоколивань.
18. Типи задач для активних систем. Лінійна задача (від'ємне тертя).
19. Методи визначення амплітуди і частоти автоколивань. Метод гармонічного балансу.
20. Метод енергетичного балансу. Зв'язок енергетичної і фазової діаграм.
21. Перехідний процес в автоколивній системі. Аналітичне визначення перехідного процесу. Критерії стійкості стаціонарних автоколивань.
22. Накопичувальна система, її розрахункова схема, граничний цикл.
23. Види збуджень. Гармонічне силове збудження в лінійній системі без тертя. Резонанс.
24. Гармонічне кінематичне збудження в лінійній системі без тертя.
25. Періодичне силове збудження лінійної коливальної системи без тертя.
26. Імпульсна і ступінчата перехідна функції.
27. Інтеграл переміщень. Інтеграл Дюамеля.
28. Гармонічне збудження в лінійно-в'язкій системі. Диференційне рівняння коливань, його розв'язок.
29. Коефіцієнт підсилення і його роль, АЧХ, ФЧХ.
30. Неперіодичне збудження лінійно-в'язкої коливальної системи.
31. Імпульсна і ступінчаста перехідні функції при наявності в'язкого тертя.
32. Метод комплексних амплітуд і параметрів.
33. Перехід через резонансну зону в системі з одним ступенем свободи.
34. Випадковий процес (ВП) і його характеристики.
35. Стаціонарні випадкові вимушені коливання.
36. Основи і методи віброзахисту.
37. Розрахункова модель віброзахисту при гармонічному силовому збудженні.
38. Розрахункова модель віброзахисту при гармонічному кінематичному збудженні.
39. Параметричні коливання. Лінійна задача. Діаграма Айнса-Стретта.
40. Особливості і класифікація нелінійних систем з одним ступенем свободи.
41. Властивості нелінійних систем. Класифікація нелінійностей.
42. Три підходи до дослідження нелінійних автономних систем.
43. Схема Пуассона.
44. Метод Крилова-Лінстедта.
45. Метод малої амплітуди у формі методу Крилова-Лінстедта.
46. Метод гармонічного балансу для нелінійних автономних систем.
47. Метод Бубнова-Гальоркіна.
48. Метод Крилова-Боголюбова-Митропольського для дослідження нелінійних неавтономних систем.
49. Метод Малкіна для резонансного випадку.
50. Метод гармонічного балансу для дослідження нелінійних неавтономних систем.
51. Дія гармонічної змущувальної сили на нелінійну систему без тертя.
52. Вимушені коливання нелінійної системи з урахуванням в'язкого тертя.
53. Вимушені коливання нелінійної системи з урахуванням частотно-незалежного тертя.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

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

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.