

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ім. Ю.М.ПОТЕБНІ
ЗАПОРІЗЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
КАФЕДРА «МЕТАЛУРГІЙНЕ ОБЛАДНАННЯ»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директорка ІННІ ім. Ю.М.Потебні ЗНУ

_____ Метеленко Н.Г.

«_____» _____ 2024 р.

ДИНАМІКА ПРИВОДІВ МАШИН

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

підготовки бакалаврів

денної (очної) та заочної (дистанційної) форм здобуття освіти

спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

освітньо-професійна програма «Галузеве машинобудування»

Укладач: Шевченко І.А., к.т.н., доцент

Обговорено та ухвалено
на засіданні кафедри «Металургійне
обладнання»

Протокол № від “ ” _____ 2024 р.
Завідувач кафедри

(підпис)

А.О. Власов

(ініціали, прізвище)

Ухвалено науково-методичною радою
ІННІ ім.Ю.М.Потебні ЗНУ

Протокол № від “ ” _____ 2024 р.
Голова науково-методичної ради
математичного факультету

(підпис)

Т.А. Шарапова

(ініціали, прізвище)

1. Опис навчальної дисципліни

1	2	3
Галузь знань, спеціальність, освітня програма рівень вищої освіти	Нормативні показники для планування і розподілу дисципліни на змістові модулі	Характеристика навчальної дисципліни
		очна (денна) форма здобуття освіти
Галузь знань <u>13 «Механічна інженерія»</u> <i>(шифр і назва)</i>	Кількість кредитів – 5	Обов'язкова
		Цикл професійної підготовки спеціальності
Спеціальність <u>133 Галузеве машинобудування</u> <i>(шифр і назва)</i>	Загальна кількість годин – 150	Семестр:
Спеціалізація / Предметна спеціальність <i>(для спеціальностей 014, 016, 035, 227)</i>		2-й
<i>(шифр і назва)</i>		Лекції
Освітньо-професійна програма <u>«Металургійне обладнання»</u> <i>(назва)</i>	Змістових модулів – 8	22 год.
		Практичні 12 год.
Рівень вищої освіти: магістерський	Кількість поточних контрольних заходів – 17	Лабораторні
		-
		Самостійна робота 116 год.
		Вид підсумкового семестрового контролю: залік

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою вивчення навчальної дисципліни “Динаміка приводів машин” є поглиблення фундаментальної підготовки магістрів з прикладної динаміки машин і розрахунку деталей машин на міцність при динамічних навантаженнях.

Основними **завданнями** викладання дисципліни “Динаміка приводів машин” є оволодіння правилами складання моделей складних механічних систем, які відображають основні властивості реальних машин, з метою подальшого аналізу їх динамічної поведінки, необхідних для вирішення конкретних прикладних задач динамічної міцності металургійного обладнання.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен набути таких результатів навчання (знання, уміння тощо) та компетентностей:

Заплановані робочою програмою результати навчання та компетентності	Методи і контрольні заходи
1	2
ІК. Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми у певній галузі професійної діяльності або у процесі навчання, що передбачає застосування певних теорій та методів відповідних наук і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.	Лекційний курс та практичні заняття
ЗК8. Здатність приймати обгрунтовані рішення. ЗК9. Здатність працювати в команді	Практичні заняття
СК7. Здатність демонструвати творчий і новаторський потенціал у проектних розробках та системний підхід для розв'язування інженерних завдань	Лекційний курс та практичні заняття
РН1. Знання і розуміння засад технологічних, фундаментальних та інженерних наук, що лежать в основі галузевого машинобудування відповідної. РН4. Здійснювати інженерні розрахунки для вирішення складних задач і практичних проблем у галузевому машинобудуванні. ПН6. Відшукувати потрібну наукову і технічну інформацію в доступних джерелах, зокрема, іноземною мовою, аналізувати і оцінювати її РН7. Готувати виробництво та експлуатувати вироби галузевого машинобудування протягом життєвого циклу. РН8. Вміння системно аналізувати інженерні об'єкти, процеси і методи в металургійній та суміжних галузях виробництва.	Лекційний курс, практичні заняття та модульний контроль

Міждисциплінарні зв'язки.

Вивчення дисципліни «Динаміка приводів машин» базується на компонентах освітньо-професійної програми «Галузеве машинобудування» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти.

Дисципліна «Динаміка приводів машин» забезпечує підготовку кваліфікаційної роботи бакалавра.

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. ДИНАМІКА МАШИН

Задачі динаміки машин. Умови виникнення динамічних навантажень. Три завдання динаміки. Облік сил інерції. Облік сил інерції при поступальному русі. Облік сил інерції при рівномірному обертанні. Облік сил інерції при розрахунку стержня, що обертається навколо нерухомої осі. Облік сил інерції при розрахунку обертових дисків. Приклади розрахунку елементів конструкцій з урахуванням впливу сил інерції.

Змістовий модуль 2. ОБЛІК УДАРНОЇ ДІЇ НАВАНТАЖЕННЯ

Розрахунок на міцність при ударних навантаженнях. Технічна теорія удару. Узагальнення динамічного коефіцієнта. Висновок формули для коефіцієнта динамічності при ударі. Облік власної ваги при ударі.

Змістовий модуль 3. КОЛИВАННЯ ПРУЖНИХ СИСТЕМ

Основні визначення теорії коливань. Класифікація механічних коливань. Кінематична класифікація механічних коливань. Класифікація коливань за основними фізичними ознаками. Класифікація коливань в залежності від характеру зовнішнього впливу на коливну систему. Класифікація коливань по виду деформації пружних елементів конструкцій. Методи отримання диференціальних рівнянь руху.

Змістовий модуль 4. ВІЛЬНІ ТА ВИМУШЕНІ КОЛИВАННЯ

Загальні відомості про вільні коливання. Вільні коливання системи з одним ступенем свободи без тертя. Вільні коливання системи з одним ступенем свободи при наявності тертя. В'язке тертя. Сухе тертя. Позиційне тертя. Вільні коливання систем з кінцевим числом ступенів свободи. Системи з одним ступенем свободи при відсутності тертя. Загальне рішення стандартного рівняння. Дія неперіодичної вимушених коливань. Дія гармонійної сили. Дія двох гармонійних сил з близькими частотами биття. Дія довільної періодичної вимушених коливань (спосіб розкладання на гармонійні складові). Системи з кінцевим числом ступенів свободи. Стрижневі системи з кінцевим числом ступенів свободи при гармонійному навантаженні. Крутильні коливання валів.

Змістовий модуль 5. ПАРАМЕТРИЧНІ КОЛИВАННЯ ТА ВТОКОЛИВАННЯ

Основне рівняння (рівняння Мат'є). Випадки періодичної зміни жорсткості. Випадки періодичної зміни параметричних навантажень. Маятник з коливається точкою підвісу. Загальні положення та приклади автоколивальних систем. Фрикційні автоколивання.

Змістовий модуль 6. ВІЛЬНІ ТА ВИМУШЕНІ КОЛИВАННЯ З РОЗПОДІЛЕНИМИ ПАРАМЕТРАМИ

Вільні коливання систем з розподіленими параметрами. Поздовжні коливання стрижнів. Крутильні коливання валів. Згинальні коливання балок. Основне рівняння. Граничні умови. Частотне рівняння і власні форми. Вимушені коливання систем з розподіленими параметрами. Поздовжні коливання стрижнів. Згинальні коливання балок.

Змістовий модуль 7. МІЦНІСТЬ МАШИН

Навантаження в металургійних машинах. Визначення експлуатаційних навантажень за даними експерименту. Розрахунково-експериментальний метод визначення експлуатаційних навантажень. Аналітичні методи визначення експлуатаційних навантажень. Імітаційний метод визначень експлуатаційних навантажень. Втома матеріалів і конструкцій. Характеристики опору втоми конструкційних матеріалів, що використовуються в розрахунках на міцність при багатому цикловому навантаженні. Розрахункові методи оцінки характеристик опору втоми матеріалів і елементів конструкцій (детермінований підхід). Методи прискорених і форсованих випробувань на втому. Оцінка характеристик розсіювання втомних властивостей на підставі результатів випробувань на втому форсованим і прискореним методами.

Змістовий модуль 8. РОЗРАЗУНКИ НА МІЦНІСТЬ МЕТАЛУРГІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ МЕТОДАМИ ТЕОРІЇ ПРУЖНОСТІ

Імовірнісні методи розрахунку міцності і надійності механічних систем. Імовірнісний розрахунок на міцність при статичному навантаженні. Імовірнісний розрахунок на міцність при змінних в часі напруженнях. Обґрунтування кривої втоми натурних деталей і елементів конструкцій. Статистична теорія подібності втомного руйнування. Основи розрахунку на міцність металургійного обладнання методами теорії пружності. Вираження деформацій через напруження. Вираження напружень через деформації. Робота пружних сил. Потенційна енергія деформацій. Закон Гука в тензорній формі.

4. Структура навчальної дисципліни

Змістовий модуль	Усього годин	Аудиторні (контактні) години						Самостійна робота, год		Система накопичення балів		
		Усього годин		Лекційні заняття, год		Лабораторні заняття, год				Теор. зав-ня, к-ть балів	Практ. зав-ня, к-ть балів	Усього балів
				о/д ф.	з/дист ф.	о/д ф.	з/дист ф.	о/д ф.	з/дист ф.			
1	2	3		4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	13	4	2	2	1	2	1	9	13	3	4	7
2	15	6	2	2	1	4	1	9	13	3	4	7
3	15	6	2	2	1	4	1	9	13	3	4	7
4	15	6	2	4	1	2	1	9	13	3	4	7
5	17	8	2	4	1	4	1	9	13	3	4	7
6	15	6	2	4	1	2	1	9	13	3	4	7
7	13	4	2	2	1	2	1	9	13	3	4	7
8	17	8	2	4	1	4	1	9	13	3	8	11
Усього за змістові модулі	120	48	16	24	8	24	8	72	104	24	36	60
Підсумковий семестровий контроль екзамен	30							30	30	20	20	40
Загалом		150								100		

5. Теми лекційних занять

№ змістового модуля	Назва теми	Кількість годин	
		о/д ф.	з/дист ф.
1	Динаміка машин	2	1
2	Облік ударної дії навантаження	2	1
3	Коливання пружних систем	2	1
4	Вільні та вимушені коливання пружних систем	4	1
5	Параметричні коливання та автоколивання	4	1
6	Вільні та вимушені коливання систем з розподіленими параметрами	4	1
7	Міцність машин	2	1
8	Розрахунки на міцність металургійного обладнання методами теорії пружності	4	1
Разом		24	8

6. Теми лабораторних робіт

№ змістового модуля	Назва теми	Кількість годин	
		о/д ф.	з/дист ф.
1	Практична робота №1. Побудова динамічної моделі механічної системи	2	1
2	Практична робота №2. Дослідження динаміки електроприводу	2	
3	Практична робота №3. Визначення параметрів механічних систем	2	
4	Практична робота №4. Вплив зазорів на динамічні навантаження в трансмісії металургійної машини	2	
5	Практична робота №5. Дослідження коливальних процесів в механічних системах з пружними ланками	2	1
6	Практична робота №6. Дослідження динамічних навантажень в елементах металургійного обладнання	2	
	Разом:	12	2

7. Види і зміст поточних контрольних заходів

№ змістового модуля	Види поточних контрольних заходів	Зміст поточного контрольного заходу	*Критерії оцінювання	Усього балів
1	2	3	4	5
1	Тест 1	Питання для підготовки: Задачі динаміки машин. Умови виникнення динамічних навантажень. Три завдання динаміки. Облік сил інерції. Облік сил інерції при поступальному русі. Облік сил інерції при рівномірному обертанні. Облік сил інерції при розрахунку стержня, що обертається навколо нерухомої осі. Облік сил інерції при розрахунку обертових дисків. Приклади розрахунку елементів конструкцій з урахуванням впливу сил інерції.	Тестові питання оцінюються: правильно/неправильно. Кількість питань – 6. Правильна відповідь оцінюється у 0,5 бали.	3
	Практична робота № 1	Вимоги до виконання та оформлення: Лабораторна робота оформлена на аркушах А4, або в окремому зошиті; креслення виконані в масштабі з використанням	Кожне завдання лабораторної роботи за змістовим модулем оцінюється від 1 до 4 балів з урахуванням відповідей на запитання при захисті роботи.	4
Усього за ЗМ 1	2			7
2	Тест 2	Питання для підготовки: Розрахунок на міцність при ударних навантаженнях. Технічна теорія удару. Узагальнення динамічного коефіцієнта. Висновок формули для коефіцієнта динамічності при ударі. Облік власної ваги при ударі	Тестові питання оцінюються: правильно/неправильно. Кількість питань – 6. Правильна відповідь оцінюється у 0,5 бали.	3
	Практична робота № 2	Вимоги до виконання та оформлення: Лабораторна робота оформлена на аркушах А4, або в окремому зошиті; креслення виконані в масштабі з використанням креслярських приладів	Кожне завдання лабораторної роботи за змістовим модулем оцінюється від 1 до 4 балів з урахуванням відповідей на запитання при захисті роботи.	4
Усього за ЗМ 2	2			7
3	Тест 3	Питання для підготовки: Основні визначення теорії коливань. Класифікація механічних коливань. Кінематична класифікація	Тестові питання оцінюються: правильно/ неправильно.	3

		механічних коливань. Класифікація коливань за основними фізичними ознаками. Класифікація коливань в залежності від характеру зовнішнього впливу на коливну систему. Класифікація коливань по виду деформації пружних елементів конструкцій. Методи отримання диференціальних рівнянь руху.	Кількість питань – 6. Правильна відповідь оцінюється у 0,5 бали.	
	Практична робота № 4	Вимоги до виконання та оформлення: Лабораторна робота оформлена на аркушах А4, або в окремому зошиті; креслення виконані в масштабі з використанням	Кожне завдання лабораторної роботи за змістовим модулем оцінюється від 1 до 4 балів з урахуванням відповідей на запитання при захисті роботи.	4
Усього за ЗМ 3	2			7
4	Тест 4	Питання для підготовки: Загальні відомості про вільні коливання. Вільні коливання системи з одним ступенем свободи без тертя. Вільні коливання системи з одним ступенем свободи при наявності тертя. В'язке тертя. Сухе тертя. Позиційне тертя. Вільні коливання систем з кінцевим числом ступенів свободи. Системи з одним ступенем свободи при відсутності тертя. Загальне рішення стандартного рівняння. Дія неперіодичної вимушених коливань. Дія гармонійної сили. Дія двох гармонійних сил з близькими частотами биття. Дія довільної періодичної вимушених коливань (спосіб розкладання на гармонійні складові). Системи з кінцевим числом ступенів свободи. Стрижневі системи з кінцевим числом ступенів свободи при гармонійному навантаженні. Крутильні коливання валів.	Тестові питання оцінюються: правильно/ неправильно. Кількість питань – 6. Правильна відповідь оцінюється у 0,5 бали.	3
	Практична робота № 5	Вимоги до виконання та оформлення: Лабораторна робота оформлена на аркушах А4, або в окремому зошиті; креслення виконані в масштабі з використанням	Кожне завдання лабораторної роботи за змістовим модулем оцінюється від 1 до 4 балів з урахуванням відповідей на запитання при захисті роботи.	4
Усього за ЗМ 4	2			7
5	Тест 5	Питання для підготовки: Основне рівняння (рівняння Мат'є). Випадки періодичної	Тестові питання оцінюються: правильно/	3

		зміни жорсткості. Випадки періодичної зміни параметричних навантажень. Маятник з коливається точкою підвісу. Загальні положення та приклади автоколивальних систем. Фрикційні автоколювання.	неправильно. Кількість питань – 6. Правильна відповідь оцінюється у 0,5 бали.	
	Практична робота № 6	Вимоги до виконання та оформлення: Лабораторна робота оформлена на аркушах А4, або в окремому зошиті; креслення виконані в масштабі з використанням	Кожне завдання лабораторної роботи за змістовим модулем оцінюється від 1 до 4 балів з урахуванням відповідей на запитання при захисті роботи.	4
Усього за ЗМ 5	3			11
Усього за змістові модулі	17			60

*(критерії оцінювання за електронним посиланням)

8. Підсумковий семестровий контроль

Форма	Види підсумкових контрольних заходів	Зміст підсумкового контрольного заходу	Критерії оцінювання	Усього балів
1	2	3	4	5
залік	Тестування	Питання для підготовки: див. питання до ЗМ 1–10 у таблиці 7. Тестування передбачає обмежену у часі (40 хвилин) відповідь на теоретичні питання. У разі дистанційної форми навчання екзамен проходить у тестовій формі через платформу Moodle.	Тестові питання оцінюються: правильно/неправильно. Кількість питань – 20. Правильна відповідь оцінюється у 1 бал.	20
	Розв'язання задачі	Задача	Задача практичного завдання, за яке студент може отримати до 20 балів, з урахуванням відповідей на запитання при захисті роботи.	20
Усього за підсумковий семестровий контроль	2			40

9. Рекомендована література

Основна:

- Шевченко І.А., Васильченко Т.О. Динаміка машин : навчальний посібник. Запоріжжя: ЗДІА, 2018. 160 с. URL : <http://www.library.zgia.zp.ua//index.php?text=Polnotext&bookid=>
- Беленко В.Д. Динаміка і міцність : методичні вказівки до лабораторних робіт. Запоріжжя: ЗДІА, 2011. 74 с. URL : <http://www.library.zgia.zp.ua//index.php?text=Polnotext&bookid=47613>
- Беленко В.Д. Динаміка і міцність металургійних машин : методичні вказівки до виконання контрольних робіт. Запоріжжя: ЗДІА, 2005. 74 с. URL : <http://www.library.zgia.zp.ua//index.php?text=Polnotext&bookid=21983>
- В'ячеслав Астанін, Микола Бородачов, Микола Савченко. Динаміка та міцність машин у прикладах і задачах. Видавництво НАУ-друк, 2008 . 184 с.

Додаткова:

- Ловейкін В.С., Ромасевич Ю.О. Динаміка машин. Київ : ЦП „КОМПРИНТ”, 2013. 227 с. URL : https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u132/Посібник_Динаміка%20машин.pdf
- Конспект лекцій з дисципліни «Динаміка та міцність машин» для студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньо-професійного рівня підготовки спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» денної та заочної форм навчання / Укл. професор Бейгул О.О., ДДТУ, 2016. 53 с. URL : <https://www.dstu.dp.ua/Portal/Data/1/3/1-3-kl11.pdf>

3. Павленко І. В. Метод скінченних елементів в задачах коливань механічних систем : навч. посібник для внз. Суми : Вид-во СумДУ, 2007. 178 с.
4. Опір матеріалів : підручник / за ред. Г.М.Писаренко. Київ : Вища школа, 2004. 655 с.
URL : <https://btpm.nmu.org.ua/ua/download/Писаренко%20Г.С.%20Опір%20матеріалів.pdf>
5. Василенко М.В., Алексейчук О.М. Вища шк., Теорія коливань і стійкості руху : підручник. Київ. 2004. 525с.
6. Strauch D. Classical Mechanics: An Introduction. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009. 405. p. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-540-73616-5>
7. Гусаров А. А. Автобалансирующие устройства прямого действия. М.: Наука, 2002. 119 с.
8. Ruelle D. Elements of Differentiable Dynamics and Bifurcation Theory. Academic Press, 1989. 196 p. doi: <https://doi.org/10.1016/c2013-0-11426-2>
9. ДСТУ 2825-94 Розрахунки та випробування на міцність. Терміни та Визначення основних понять
10. ДСТУ 2444-94 Розрахунки та випробування на міцність. Опір втомі. Терміни та визначення.

Інформаційні ресурси:

1. Курс «Динаміка приводів машин» а платформі дистанційного навчання Moodle. URL : <http://e-learn.zgia.zp.ua/course/view.php?id=115540>.
2. Відділ обслуговування інженерного інституту НБ ЗНУ. Режим доступу URL: <https://libvo.znu.edu.ua/ukr/index.php>
1. Центральна державна науково-технічна бібліотека гірничо-металургійного комплексу України. Режим доступу URL: <http://cgntb.dp.ua>
4. Запорізька обласна універсальна наукова бібліотека. Режим доступу URL: <http://zounb.zp.ua>
5. Журнал «Вісник машинобудування та транспорту». URL : <https://vmt.vntu.edu.ua/index.php/vmt/index>