

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05- 05.01/133.00.1/ М/ОК 05-2023
	Екземпляр № 1	Арк 11 / 1

ЗАТВЕРДЖЕНО

Вченою радою факультету
комп'ютерно-інтегрованих
технологій, мехатроніки і
робототехніки

31 серпня 2023 р.,

протокол № 6

Голова Вченої ради

 Олексій ГРОМОВИЙ



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «ДИНАМІКА МАШИН ТА ПРОЦЕСІВ»

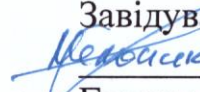
для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «магістр»
спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
освітньо-професійна програма «Галузеве машинобудування»
факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки
кафедра механічної інженерії

Схвалено на засіданні кафедри
механічної інженерії

«28» серпня 2023 р.

протокол № 10

Завідувач кафедри

 Олександр МЕЛЬНИК

Гарант освітньої програми

 Ярослав СТЕПЧИН

Розробник:

к.т.н., доц., доцент кафедри механічної інженерії
СТЕПЧИН Ярослав

Житомир
2023 – 2024 н.р.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05- 05.01/133.00.1/ М/ОК 05-2023
	Екземпляр № 1	

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітній ступінь	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів 5	Галузь знань 13 – Механічна інженерія	нормативна	
Змістових модулів – 2	Спеціальність: 133 «Галузеве машинобудування»	Рік підготовки:	
		1	1
Загальна кількість годин – 150	Освітній ступінь «магістр»	Семестр	
		1	1
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних 4 самостійної роботи – 5,375	Освітній ступінь «магістр»	Лекції	
		32 год.	6 год.
		Практичні	
		32 год.	8 год.
		Лабораторні	
		0 год.	0 год.
		Самостійна робота	
86 год.	136 год.		
Вид контролю: екзамен			

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної та індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – 42,7 % аудиторних занять, 57,3 % самостійної та індивідуальної роботи;

для заочної форми навчання – 9,3 % аудиторних занять, 90,7 % самостійної та індивідуальної роботи.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05- 05.01/133.00.1/ М/ОК 05-2023
	Екземпляр № 1	Арк 11 / 3

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою навчальної дисципліни є надання студентіві знань та вмінь в області дослідження, моделювання та цілеспрямованого керування динамічними процесами типових конструкцій машин та механізмів на прикладі металорізальних верстатів з метою досягнення високої точності та продуктивності обробки.

Завданнями вивчення дисципліни є:

1. Вивчити особливості функціонування типових конструкцій машин та механізмів в динаміці та особливості дослідження їх динамічних характеристик.

2. Набути навички динамічних розрахунків конструкцій машин та механізмів, їх конструювання, дослідження, цілеспрямованого підбору характеристик.

3. Отримати знання щодо дослідження, моделювання та цілеспрямованого керування динамічними процесами типових конструкцій машин.

Зміст навчальної дисципліни направлений на формування наступних **компетентностей**, визначених у проекті стандарту вищої освіти зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»:

ЗК-1. Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології.

ЗК-7. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

СК-3. Здатність створювати нові техніку і технології в галузі механічної інженерії.

Отримані знання з навчальної дисципліни стануть складовими наступних **програмних результатів** навчання за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування»:

ПРН-1. Знання і розуміння засад технологічних, фундаментальних ті інженерних наук, що лежать в основі галузевого машинобудування відповідної галузі.

ПРН-4. Здійснювати інженерні розрахунки для вирішення складних задач і практичних проблем у галузевому машинобудуванні.

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Динамічна система робочої машини. Види коливань, що виникають у машинах, їх характеристика та умови виникнення

Тема 1. Вступ. Загальні поняття динаміки машин та механізмів.

Основна задача динаміки, пряма та зворотна задача. Динаміка машин. Структура машини (розімкнуті і замкнуті системи). Класифікація динамічних (коливальних)

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05- 05.01/133.00.1/ М/ОК 05-2023
	Екземпляр № 1	

систем. Системи з кінцевим числом ступенів вільності та розподілені (континуальні) системи. Стаціонарні та нестаціонарні, автономні і неавтономні системи. Консервативні, дисипативні, автоколивальні системи. Види механічних коливань: вільні, вимушені, параметричні, автоколивання.

Тема 2. Моделювання динамічних систем машин та механізмів.

Динамічні моделі дискретні, континуальні та дискретно-континуальні. Фізичне і математичне моделювання. Вибір кількості ступенів вільності механічних систем. Схематизація реальної динамічної системи. Етапи моделювання роботи машини. Побудова динамічних моделей крутильних та поступальних коливань приводу (пружної системи) верстата.

Тема 3. Динамічні характеристики пружних систем з одним ступенем вільності.

Рівняння руху матеріальної точки по координаті. Умови та обмеження приведення пружних систем елементів (вузлів) машини до системи з одним ступенем вільності. Диференціальне рівняння руху та його представлення у операторній формі. Частотні методи аналізу пружних систем. Розрахункова схема. Графіки перехідних процесів. Часова характеристика пружної системи. Фазочастотна характеристика пружної системи. Амплітудно-частотна характеристика пружної системи. Коефіцієнт динамічності. Крутильні коливання в системі з одним ступенем вільності. Схеми спрощених моделей обробних систем з одним ступенем вільності. Динамічні характеристики пружних систем з двома і більше ступенями вільності.

Змістовий модуль 2. Дослідження та динамічний розрахунок робочої машини на прикладі металорізального верстата

Тема 4. Структура динамічної системи робочої машини на прикладі металорізального верстата.

Показники динамічної якості машини. Структура динамічної системи машини (верстата). Основні характеристики динамічних властивостей машин. Замкнута і розімкнута умовні схеми динамічної системи верстата. Характеристики елементів. Динаміка швидкохідних точних роторів на прикладі шпиндельного вузла верстата. Демпфуючі властивості шпиндельного вузла. Визначення власної частоти коливання шпинделя. Критична частота обертання двохопороного шпинделя.

Тема 5. Динаміка різання. Усталеність процесу різання та основні причини втрати усталеності обробної системи.

Статична та динамічна характеристики процесу різання. Їх графічне представлення. Передаточна функція процесу різання, його динамічна характеристика у частотній формі. Об'єднана передаточна функція пружної системи верстата та процесу різання. Втрати усталеності пружної системи за рахунок нелінійної характеристики сили різання, інерційності процесу різання, координатного зв'язку в системі, хвилястості оброблюваної поверхні.

Тема 6. Заходи боротьби з вібраціями. Гасителі коливань. Розрахункові

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05- 05.01/133.00.1/ М/ОК 05-2023
	Екземпляр № 1	

схеми, конструкції та принципи дії гасителів коливань

Основні шляхи зниження або усунення вібрацій машин. Гасники коливань. Віброгасники гідравлічні, з елементами тертя і без, ударної дії та динамічні. Розрахункові схеми, конструкції та принципи дії гасителів коливань. Віброізоляція верстатів. Пасивна та активна віброізоляція. Коефіцієнт передачі сили. Основні схеми віброізоляції верстатів. Розрахунок віброізоляції.

4. Структура (тематичний план) навчальної дисципліни навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб.	інд.	с.р.		л	п	лаб.	інд.	с.р.
Змістовий модуль 1. Динамічна система робочої машини. Види коливань, що виникають у машині, їх характеристика та умови виникнення.												
Тема 1.	25	5	6	-	-	14	25	1	1	-	-	23
Тема 2.	25	5	6	-	-	14	25	1	1	-	-	23
Тема 3.	25	6	4	-	-	15	25	1	2	-	-	22
Разом за змістовним модулем 1	75	16	16	-	-	43	75	3	4	-	-	68
Змістовний модуль 2. Дослідження та динамічний розрахунок робочої машини на прикладі металорізального верстата												
Тема 4.	25	5	6	-	-	14	25	1	1	-	-	23
Тема 5.	25	5	6	-	-	14	25	1	1	-	-	23
Тема 6.	25	6	4	-	-	15	25	1	2	-	-	22
Разом за змістовним модулем 2	75	16	16	-	-	43	75	3	4	-	-	68
ВСЬОГО	150	32	32	-	-	86	150	6	8	-	-	136

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05- 05.01/133.00.1/ М/ОК 05-2023
	Екземпляр № 1	

5. Темі практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
1	Визначення жорсткості токарного верстата при різанні	4	2
2	Визначення характеристик динамічної системи токарного верстата	4	2
3	Визначення динамічних характеристик шпиндельного вузла верстата	4	-
4	Визначення положення центру крутильної жорсткості супорта токарного верстата на усталеність процесу обробки різанням.	4	-
5	Визначення динамічних характеристик одномасової коливальної системи	4	2
6	Побудова частотних характеристик одномасової коливальної системи та їх дослідження	4	-
7	Визначення усталеності технологічної обробної системи (ТОС) з одним ступенем вільності з врахуванням нелінійної характеристики сили різання	4	-
8	Визначення усталеності технологічної обробної системи (ТОС) з двома ступенями вільності з врахуванням координатного зв'язку	4	-
РАЗОМ		32	6

6. Завдання для самостійної роботи

Тема 1. Показники динамічної якості робочих машин. Амплітудно-фазова частотна характеристика, критерії усталеності динамічної системи машини. Статичні характеристики основних пружних елементів. Динамічні характеристики системи з одним ступенем свободи. Типи навантажень, що діють на динамічну систему машини.

Тема 2. Структура динамічної системи робочої машини. Умовні багатоконтурні й одноконтурні схеми динамічної системи. Статичні й динамічні навантаження. Вільні, змушені, параметричні й автоколивання. Динамічні навантаження в приводі машини при перехідних процесах.

Тема 3. Динаміка швидкохідного валу на прикладі шпиндельного вузла верстата. Критична частота обертання шпинделя без урахування жорсткості опор. Критична частота обертання шпинделя з урахуванням жорсткості опор. Конструктивний спосіб зниження критичної частоти.

Тема 4. Частотні методи дослідження динаміки машин. Розрахункові схеми, основне рівняння. Демпфуючі властивості вузлів машин.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05- 05.01/133.00.1/ М/ОК 05-2023
	Екземпляр № 1	Арк 11 / 7

Експериментальне визначення декременту коливань. Амплітудно-частотної й амплітудно-фазова частотна характеристики пружної системи.

Тема 5. Вимушені коливання робочих машин. Розрахункова схема й основне рівняння. Види коливань. Коливання з урахуванням і без урахування сил опору. Частота власних коливань. Експериментальне визначення власних частот. Резонанс коливань. Демпфуючі властивості вузлів. Експериментальне визначення характеристик коливань вузлів. Заходи з віброізоляції.

Тема 6. Автоколивання у верстатах. Динамічні характеристики основних процесів у верстатах при автоколиваннях. Динамічні характеристики процесу різання. Динамічні характеристики тертя. Коливання при зміні сил тертя. Рівномірність руху по напрямним тертя ковзання. Способи поліпшення рівномірності руху. Виникнення коливань внаслідок координатного зв'язку. Вплив хвилястості на усталеність процесу різання. Умови виникнення припустимих автоколивань.

Тема 7. Крутильні коливання. Визначення розрахункових моментів інерції й податливостей. Крутильні коливання двохмасової системи. Спрощення розрахункової схеми й приведення її до двохмасової розрахункової схеми

Тема 8. Динаміка привода головного руху верстату. Характеристики двигунів і муфт. Визначення часу розгону привода. Динаміка привода головного руху при різанні. Шляхи зменшення динамічних перевантажень.

Тема 9. Експериментальні методи дослідження верстатів. Засоби і прилади для вимірювання параметрів динамічної системи верстатів. Дослідження вібростійкості верстатів і граничних режимів різання.

7. Методи навчання

Мета і завдання дисципліни щодо формування компетенції майбутнього фахівця визначають вибір форм і методів організації освітнього процесу. Важливим орієнтиром створення сучасних систем навчання сьогодні є провадження новітніх освітніх технологій, які базуються на інтерактивних методах навчання.

Арсенал таких методів достатньо різноманітний. У Житомирській політехніці сьогодні визначився в основному такий перелік інтерактивних методів навчання, як інформаційно-комунікаційні технології, проблемна лекція, робота у малих групах, кейс-метод, проектний метод, тренінг. Загальна схема організації освітнього процесу з використанням інтерактивних методів навчання наведено у таблиці 1. Цю схему доповнюють і конкретизують плани лекційних і практичних занять з навчальної дисципліни (додаються).

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05- 05.01/133.00.1/ М/ОК 05-2023
	Екземпляр № 1	Арк 11 / 8

Таблиця 1.

Загальна схема організації освітнього процесу з використанням
інтерактивних методів навчання
з дисципліни «Динаміка машин та процесів»

Організаційні форми навчання	Лекція	Лабораторне заняття	Самостійна робота
Методи навчання			
Інформаційно-комунікаційні технології	+	+	+
Робота в малих групах		+	
Проблемне навчання			+
Кейс-метод		+	

8. Методи контролю

Оцінювання знань студентів з дисципліни здійснюється на основі результатів:

- поточного контролю знань;
- індивідуального завдання;
- вхідного, поточного і підсумкового тестування;
- іспиту.

Об'єктом оцінювання знань студентів є програмний матеріал дисципліни, засвоєння якого перевіряється під час поточного контролю, модульного контролю і іспиту.

Завданням поточного контролю є перевірка розуміння та засвоєння теоретичного матеріалу, набуття практичних навичок використання програмного забезпечення під час обробки експериментальних даних дослідження, уміння самостійно здійснювати дослідження, спостереження, аналіз.

Завданням іспиту є перевірка розуміння студентом програмного матеріалу в цілому, здатності логічно та послідовно висловлювати власні думки як вербально так і математично, уміння використовувати спеціальні програмні засоби.

Оцінювання здійснюється за 100-бальною шкалою. Завдання поточного контролю оцінюються в діапазоні від 0 до 100 балів (включно). Результати поточного контролю знань студентів вносяться до відомостей обліку поточної і підсумкової успішності.

Об'єктами поточного контролю знань студентів є:

– систематичність, активність та результативність роботи на заняттях (відвідування лекційних, практичних занять; активна участь в дискусіях; своєчасний захист практичних робіт);

- виконання модульних контрольних завдань;
- виконання індивідуальної роботи;
- логічність та послідовність захисту індивідуальних і практичних робіт.

Підсумковий контроль знань студентів здійснюється у формі іспиту.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05- 05.01/133.00.1/ М/ОК 05-2023
	Екземпляр № 1	
		Арк 11 / 9

За кожним змістовим модулем здійснюється контроль роботи студента на лекційних і практичних заняттях, за що студент одержує максимально 56 балів.

За виконання підсумкової модульної контрольної роботи студент одержує 44 балів. Таким чином за умов якісного виконання усіх завдань накопичується 100 балів.

9. Розподіл балів

Поточне тестування та самостійна робота				Підсумковий тест (екзамен)	Сума
Модуль 1				44	100
T1	T2	T3			
4	4	4			
Пр1	Пр2	Пр3	Пр4		
4	4	4	4		
Модуль 2					
T4	T5	T6			
4	4	4			
Пр5	Пр6	Пр7	Пр8		
4	4	4	4		

Шкала оцінювання

За шкалою	Екзамен	Бали
A	Відмінно	90-100
B	Добре	82-89
C		74-81
D	Задовільно	64-73
E		60-63
FX	Незадовільно	35-59
F		0-34

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05- 05.01/133.00.1/ М/ОК 05-2023
	Екземпляр № 1	Арк 11 / 10

10. Рекомендована література

Базова

1. Ловейкін В.С. Динаміка машин / В.С. Ловейкін, Ю.О. Ромасевич. – К.: ЦП «КОМПРИНТ», 2013. – 227 с.
2. Технологія автоматизованого виробництва: Підручник / О.О. Жолобов, В.А. Кирилович, П. П. Мельничук, В.А. Яновський. – Житомир: ЖДТУ, 2008. – 1014 с.
3. Василюк Г.Д., Лоев В.Ю., Мельничук П.П. Конструювання, розрахунок та експлуатація токарних верстатів з ЧПК: Навчальний посібник для студентів спеціальностей 7.090202 „Технологія машинобудування” і 7.090203 „Металорізальні верстати та системи”. – Житомир: ЖІТІ, 2001.- 400 с.
4. Крижанівський В.А., Кузнецов Ю.М., Кириченко А.М., Гречка А.І., Смірнов В.В. Агрегатно-модульне технологічне обладнання : підручник, Ч.2 : Проектування та дослідження вузлів агрегатно-модульного технологічного обладнання. Кіровоград, 2003. – 286с.
5. Кузнецов Ю.М., Саленко О.Ф., Харченко О.О., Щетинін В.Т. Технологічне обладнання з ЧПК: механізми і оснащення: Навч. посібник для студентів вищих навчальних закладів / Ю.М. Кузнецов, О.Ф. Саленко, О.О. Харченко, В.Т. Щетинін. – Київ-Кременчук-Севастополь: Вид-во «Точка», 2014. – 5000 с.: іл.
6. Математичне моделювання процесів і систем [Електронний ресурс] : Навч. посіб. / А. І. Жученко, Л. Р. Ладієва, М. С. Піргач, Я. Ю. Жураковський. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 351 с
7. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу «Динаміка та дослідження машин» для студентів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» всіх форм навчання. Укладачі Шевченко О.В., Степчин Я.А. – Житомир: ЖДТУ, 2018.– 14 с.
8. «Динаміка та дослідження машин». Методичні вказівки до організації самостійної роботи студентів зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» всіх форм навчання. Укладач Степчин Я.А. – Житомир: ЖДТУ, 2018. – 8 с.

Допоміжна

1. Симоновский В.И. Динамика роторов центробежных машин: Учебное пособие. – Сумы : Изд-во СумГУ, 2006. – 126 с.
2. Павлице В. Т. Основы конструювання та розрахунок деталей машин. - К.: Вища шк., 1993. – 556 с.
3. Курмаз Л.В. Основы конструювання деталей машин: навч. посібник / Л.В. Курмаз. – Харків: Видавництво «Підручник НТУ «ХПІ», 2010. – 532 с.
4. Гайдамака А. В. Підшипники кочення. Базові знання та напрямки вдосконалення : навч. посіб. / А. В. Гайдамака. – Х. : НТУ «ХПІ», 2009. – 248 с.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05- 05.01/133.00.1/ М/ОК 05-2023
	Екземпляр № 1	Арк 11 / 11

11. Інформаційні ресурси в Інтернеті

1. Навчально-методичні матеріали дисципліни на освітньому порталі державного університету «Житомирська політехніка» за посиланням: <https://learn.ztu.edu.ua/course/view.php?id=1112>.

2. Сервіс документів Будстандарт: ДСТУ EN 1265:2014 Безпечність машин. Норми та правила випробування на шум від ливарних машин і устаткування (EN 1265:1999+A1:2008, IDT). Посилання: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=81540.

3. Сервіс документів Будстандарт: ДСТУ EN 1299:2019 Вібрація та удар механічні. Віброізоляція машин. Інформація щодо застосування ізоляції джерела (EN 1299:1997 A1:2008, IDT). Посилання: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=87834.