

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Кафедра

мікро- та наноелектроніки
(найменування кафедри)

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
МЕХАНІЧНІ ЕЛЕМЕНТИ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ
СИСТЕМ
(назва навчальної дисципліни)

Освітня програма:

Якість, стандартизація та сертифікація
(назва освітньої програми)

Спеціальність:

152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка
(найменування спеціальності)

Галузь знань:

15 Автоматизація та приладобудування
(найменування галузі знань)

Ступінь вищої освіти:

бакалавр
(назва ступеня вищої освіти)

Затверджено на засіданні кафедри
мікро-та наноелектроніки
(найменування кафедри)

Протокол №1 від 17.08.2021 р.

1. Загальна інформація	
Назва дисципліни	Механічні елементи інформаційно-вимірювальних систем Навчальна дисципліна обов'язкового компонента
Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський) рівень
Викладач	Коротун А. В., к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедри мікро- і наноелектроніки
Контактна інформація викладача	Робочий телефон: +380617698367, e-mail: andko@zp.edu.ua
Час і місце проведення навчальної дисципліни	Згідно до розкладу занять.
Обсяг дисципліни	Кількість годин – загальний обсяг 105 годин кредитів – 3,5 кредити ЄКТС розподіл годин: 30 годин лекційних, 14 годин практичних, 48 годин самостійна робота, 15 годин індивідуальна робота вид контролю – іспит
Консультації	Згідно з графіком консультацій
2.Пререквізити і постреквізити навчальної дисципліни	
Пререквізити Дисципліни: ОК 03 – «Фізика», ОК 05 – «Українська мова за професійним спрямуванням», ОК 07 – «Інженерна та комп'ютерна графіка» ОК 12 – «Основи метрології та інформаційно-вимірювальної техніки», ОК 14 – «Теорія електричних і електронних кіл», Постреквізити Дисципліни: ОК 24 – «Інтелектуальні сенсорні системи», ОК 30 – «Проектування вимірювальних систем».	
3.Характеристика навчальної дисципліни	
Механічні елементи інформаційно-вимірювальних систем – це курс практичного спрямування, що поєднує в собі вивчення коливальних процесів у складових частинах інформаційно-вимірювальних систем та будови і принципів функціонування мікро- та наноелектромеханічних систем. Вивчення навчальної дисципліни «Механічні елементи інформаційно-вимірювальних систем» ознайомить студента з перспективами створення мікро- і наноелектромеханічних систем та можливостями їх комп'ютерного моделювання. У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен отримати загальні компетентності: • K01. Здатність застосовувати професійні знання й уміння у практичних ситуаціях; • K02. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово; • K05. Здатність до пошуку, опрацювання та аналізу інформації з різних джерел; • K09. Здатність бути критичним і самокритичним; • K10. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт; фахові компетентності: • K14. Здатність проектувати засоби інформаційно-вимірювальної техніки та описувати принцип їх роботи; • K15. Здатність, виходячи з вимірювальної задачі, пояснювати та описувати принципи побудови обчислювальних компонент засобів вимірювальної техніки; • K16. Здатність використовувати сучасні інженерні та математичні пакети для створення моделей приладів і систем вимірювань;	

- K17. Здатність застосовувати стандартні методи розрахунку при конструювання модулів, деталей та вузлів засобів вимірювальної техніки та їх обчислювальних компонент і модулів.

Очікувані програмні результати навчання:

- ПР01. Вміти знаходити обґрунтовані рішення при складанні структурної, функціональної та принципової схем засобів інформаційно-вимірювальної техніки;
- ПР03. Розуміти широкий міждисциплінарний контекст спеціальності, її місце в теорії пізнання і оцінювання об'єктів і явищ;
- ПР06. Вміти використовувати інформаційні технології при розробці програмного забезпечення для опрацювання вимірювальної інформації;
- ПР07. Вміти пояснити та описати принципи побудови обчислювальних підсистем і модулів, що використовуються при вирішенні вимірювальних задач;
- ПР09. Розуміти застосовуванні методики та методи аналізу, проектування і дослідження, а також обмежень їх використання;
- ПР12. Знати та розуміти сучасні теоретичні та експериментальні методи досліджень з оцінюванням точності отриманих результатів, в тому числі шляхом математичного моделювання.

4. Мета вивчення навчальної дисципліни

формування у студентів знань у галузі інформаційно-вимірювальних систем та їх складових елементів, ознайомлення з базовими фізичними принципами функціонування механічних елементів інформаційно-вимірювальних систем

5. Завдання вивчення дисципліни

- формування знань про коливальні процеси у механічних елементах інформаційно-вимірювальних систем;
- формування знань про будову та параметри мікроелектромеханічних систем;
- формування знань з основних тенденцій розробки мікро- і наноелектромеханічних систем;
- формування знань про різні типи мікроелектромеханічних приладів;
- формування знань про наноприлади і нанoelementи інформаційно-вимірювальних систем;
- формування вмінь і навичок розрахунку параметрів мікро- і наноелектромеханічних систем.

6. Зміст навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Елементи теорії коливань зосереджених і розподілених систем

Вступ.

Предмет і задачі курсу. Поняття про мікро- і наносистемну техніку.

Тема 1. *Аналіз коливань механічної системи.*

Гармонічні коливання.

Власні коливання.

Вимушені коливання.

Резонанс.

Тема 2. *Напружено-деформований стан несучих елементів мікроелектромеханічних приладів.*

Напружено-деформований стан пластин.

Напружено-деформований стан опорних елементів мікроелектромеханічних приладів.

Тема 3. *Демпфування коливань.*

В'язке демпфування середовища.

Конструкційне демпфування.

Змістовий модуль 2. Мікроелектромеханічні системи та їх чутливі елементи.

Тема 4. Мікроелектромеханічні системи.

Структурні елементи мікроелектромеханічних систем (MEMS). Області застосування MEMS.

Технологія виготовлення MEMS. Об'ємна мікрообробка. Поверхнева мікрообробка.

Базові матеріали для MEMS. Монокристалічний кремній. Двоокис кремнію. Нітрид і карбід кремнію.

Тема 5. Електромеханіка мікросистем.

Перетворювачі переміщень чутливих елементів мікросистем.

Електростатичні мікроактюатори.

Тема 6. Механічні та електричні параметри чутливих елементів. Комп'ютерне моделювання мікроелектромеханічних систем.

Видовження консолі за рахунок п'єзоефекту та при нагріванні.

Вигин консолі при впливі зовнішньої сили. Вигин біморфної консолі при нагріванні.

Моделювання мікроелектромеханічних систем в середовищах COMSOL та SEMulator3D.

Змістовий модуль 3. Мікроелектромеханічні прилади.

Тема 7. Датчики тиску.

Датчики тиску з круглою та квадратною мембранами.

Датчик тиску з жорстким центром.

Тема 8. Мікроакселерометри.

Фізичні основи роботи інерційних мікроакселерометрів.

П'єзореzystивні мікроакселерометри. Ємнісні мікроакселерометри, що врівноважують.

Тема 9. Мікромеханічні гіроскопи.

Гребінчастий мікровіброгіроскоп.

Обертально-коливальний мікрогіроскоп із незалежними консолями.

Змістовий модуль 4. Наноприлади та нанoeлементи інформаційно-вимірювальних систем.

Тема 10. Механіка наноприладів.

Межі мініатюризації наноприладів.

Механіка нанорідини.

Методи конструювання наноприладів.

Тема 11. Приклади реалізації наноструктур і наноприладів.

Нанотрубки і нанотканини.

Наноприлади і нанопристрої.

Кантилевери як надчутливі сенсори.

Методи розрахунку механічних і динамічних характеристик елементів наноприладів.

Тема 12. Основи методу скінчених елементів для дослідження й аналізу нанорозмірних об'єктів.

Основи методу скінчених елементів.

Принципи моделювання нанорозмірних об'єктів.

Динамічне моделювання нанорозмірних об'єктів.

Термомеханічне моделювання нанооб'єктів.

Тема 13. Моделювання віброрезонансних елементів для контролю маси.

Чутливий елемент. Принципи і методи моделювання.

Міцнісний і динамічний аналіз резонатора.

Тема 14. Моделювання, динамічний та міцнісний аналіз інерціальних нанoeлементів.

Моделі і характеристики інерціальних нанoeлементів.

Скінчено-елементні моделі інерціальних нанoeлементів.

7. План вивчення навчальної дисципліни

№ тижня	Назва теми	Форми організації навчання	Кількість годин
1	Вступ. Предмет і задачі курсу. Поняття про мікро- і наносистемну техніку. Тема 1. Аналіз коливань механічної системи.	Лекція	2
2	Тема 2. Напружено-деформований стан несучих елементів мікромеханічних приладів.	Лекція	2
2	ПР 1. Аналіз коливань механічної системи.	Практичне заняття	2
3	Тема 3. Демпфування коливань.	Лекція	2
4	Тема 4. Мікроелектромеханічні системи.	Лекція	2
4	ПР 2. Напружено-деформований стан несучих елементів мікромеханічних приладів.	Практичне заняття	2
5	Тема 5. Електромеханіка мікросистем.	Лекція	2
6	Тема 6. Механічні та електричні параметри чутливих елементів. Комп'ютерне моделювання мікроелектромеханічних систем.	Лекція	2
6	ПР 3. Демпфування коливань. Загасаючі коливання.	Практичне заняття	2
7	Тема 6. Механічні та електричні параметри чутливих елементів. Комп'ютерне моделювання мікроелектромеханічних систем.	Лекція	2
8	Тема 7. Датчики тиску.	Лекція	2
8	ПР 4. Розрахунок механічних та електричних параметрів мікро- і нанoeлектромеханічних систем.	Практичне заняття	2
9	Тема 8. Тема 9. Мікромеханічні гіроскопи. Мікроакселерометри.	Лекція	2
10	Тема 9. Мікромеханічні гіроскопи.	Лекція	2
10	ПР 5. Розрахунок характеристик механічних нанорозмірних елементів інформаційно-вимірювальних систем.	Практичне заняття	2
11	Тема 10. Механіка наноприладів.	Лекція	2
12	Тема 11. Приклади реалізації наноструктур і наноприладів.	Лекція	2
12	ПР 5. Розрахунок характеристик механічних нанорозмірних елементів інформаційно-вимірювальних систем.	Практичне заняття	2
13	Тема 12. Основи методу скінчених елементів для дослідження й аналізу нанорозмірних об'єктів	Лекція	2
14	Тема 13. Моделювання віброрезонансних елементів для контролю маси.	Лекція	2
14	ПР 5. Розрахунок характеристик механічних нанорозмірних елементів інформаційно-вимірювальних систем.	Практичне заняття	2

15	Тема 14. Моделювання, динамічний та міцнісний аналіз інерціальних нанoeлементів.	Лекція	2	
8. Самостійна робота				
№ тижня	Назва теми	Види СР	Кіл-ть годин	Контрольні заходи
1	Аналіз коливань механічної системи.	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт та практичних занять, індивідуальна робота.	3	Усне опитування на лекціях, практичних заняттях.
2	Напружено-деформований стан несучих елементів мікромеханічних приладів.	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт та практичних занять, індивідуальна робота.	3	Усне опитування на лекціях, практичних заняттях.
3	Демпфування коливань.	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт та практичних занять, індивідуальна робота.	3	Усне опитування на лекціях, практичних заняттях.
4	Мікроелектромеханічні системи.	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт та практичних занять, індивідуальна робота.	3	Усне опитування на лекціях, практичних заняттях.
5	Електромеханіка мікросистем.	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт та практичних занять, індивідуальна робота.	3	Усне опитування на лекціях, практичних заняттях.
6	Механічні та електричні параметри чутливих елементів. Комп'ютерне моделювання мікроелектромеханічних систем.	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт та практичних занять, індивідуальна робота.	5	Усне опитування на лекціях, практичних заняттях.
7	Датчики тиску.	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт та практичних занять, індивідуальна робота.	3	Усне опитування на лекціях, практичних заняттях.
8	Мікроакселерометри.	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт та практичних занять, індивідуальна робота.	3	Усне опитування на лекціях, практичних заняттях.
9	Мікромеханічні гіроскопи.	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт та практичних занять, індивідуальна робота.	3	Усне опитування на лекціях, практичних заняттях.
10	Механіка наноприладів.	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт та практичних занять, індивідуальна робота.	5	Усне опитування на лекціях, практичних заняттях.
11	Приклади реалізації наноструктур і наноприладів.	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт та практичних занять, індивідуальна робота.	3	Усне опитування на лекціях, практичних заняттях.
12	Основи методу скінчених елементів для дослідження й аналізу нанорозмірних об'єктів.	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт та практичних занять, індивідуальна робота.	3	Усне опитування на лекціях, практичних заняттях.
13	Моделювання віброрезонансних елементів для контролю маси	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт та практичних занять,	3	Усне опитування на лекціях, практичних заняттях.

		індивідуальна робота.		
14	Моделювання, динамічний та міцнісний аналіз інерціальних наноелементів.	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт та практичних занять, індивідуальна робота.	5	Усне опитування на лекціях, практичних заняттях.

Консультативна допомога студенту надається у таких формах:

- особиста зустріч викладача і студента за графіком консультацій (не менш ніж 2 години на тиждень або за попередньою домовленістю);
- використання системи дистанційного навчання Moodle:
<https://moodle.zp.edu.ua/course/view.php?id=2475>;
- листування за допомогою електронної пошти andko@zp.edu.ua;
- відеозустріч в системі ZoomMeeting, аудіоспілкування або повідомлення у сервісах Viber та Telegram (за графіком консультацій викладача);
- спілкування по телефону (за графіком консультацій викладача).

Індивідуальні завдання

Розрахунково-графічне завдання (РГЗ) – це самостійне дослідження студента. Виконуючи РГЗ студент удосконалює знання і вміння, отримані в процесі вивчення дисципліни „Механічні елементи інформаційно-вимірювальних систем“, а саме: визначати мету, виділяти задачі, формулювати проблеми і знаходити шляхи їх вирішення. Працюючи над РГЗ студент отримує вміння та навички, які будуть корисні в майбутньому – при виконання більш складних задач (курсний проект, дипломна робота, дисертація, наукове дослідження).

Написання розрахунково-графічної роботи є одним із видів індивідуальної роботи з дисципліни „Механічні елементи інформаційно-вимірювальних систем“.

Метою написання РГЗ являється:

- ❖ систематизація, закріплення та розширення теоретичних знань і практичних вмінь студентів;
- ❖ набуття досвіду роботи з літературою та іншими джерелами інформації, вміння узагальнювати та аналізувати наукову інформацію, формувати власне ставлення до проблеми;
- ❖ набуття вміння застосовувати інформаційні та комп'ютерні технології для вирішення прикладних задач;
- ❖ розвиток навичок оволодіння спеціалізованим програмним забезпеченням;
- ❖ проведення глибокого аналізу результатів досліджень та формування змістовних висновків щодо якості отриманих результатів.

Крім розрахунково-графічного завдання студенти денної форми навчання готують два індивідуальних домашніх завдання у вигляді розв'язаних задач. Максимальна оцінка індивідуального завдання складає 15 балів.

Для студентів заочної форми навчання передбачена *контрольна робота*.

9. Система та критерії оцінювання курсу

Оцінювання навчальних успіхів студентів реалізується шляхом проведення поточного та підсумкового контролю успішності.

1. Курсом передбачені *практичні заняття*. Враховуючи активність студента на практичних заняттях та результати аудиторних контрольних робіт студент може отримати в кожному модулі максимально 25 балів.

2. За індивідуальне завдання, яке включає в себе *розв'язок та захист набору задач за варіантами*, студент може отримати в кожному модулі максимально 15 балів, за умови демонстрації високого рівня знань, а також творчої, розумової, нерепродуктивної діяльності під час застосування теоретичних знань на практиці.

3. По закінченню першого і другого напівсеместру проводиться рубіжні контролю у вигляді *аудиторної модульної контрольної роботи*. Максимальна рейтингова оцінка цих видів контролю – 60 балів.

4. За підсумками першого та другого рубіжного модульного контролю студенту формується підсумкова оцінка знань, яка оголошується до початку екзаменаційної сесії. Під час екзаменаційної сесії студенти, які незгодні з оцінкою за підсумками рубіжного контролю або отримали незадовільну оцінку, з'являються на *екзамен*.

Для студентів заочної форми навчання захист контрольної роботи, розв'язування задач, усний або письмовий іспит.

Критерії оцінювання

Поточне тестування та самостійна робота									Підсумкова
Модуль №1				Модуль № 2					
ПЗ	ІДЗ	МК	Σ	ПЗ	ІДЗ	РГЗ	МК	Σ	100
25	15	60	100	15	10	15	60	100	

ПЗ – практичні заняття; ІДЗ – індивідуальне домашнє завдання; РГЗ – розрахунково-графічне завдання; МК – модульна контрольна робота.

Отже, сумарна кількість балів, яку отримує студент впродовж семестру, складає 100. В залежності від отриманої суми балів до залікової відомості та в залікову книжку виставляється оцінка згідно національної шкали.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проєкту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
85-89	B	добре	
75-84	C		
70-74	D	задовільно	
60-69	E		
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
1-34	F	незадовільно з обов’язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов’язковим повторним вивченням дисципліни

10. Політика курсу

Політика щодо академічної доброчесності.

Складати всі проміжні та фінальні завдання самостійно без допомоги сторонніх осіб. Надавати для оцінювання лише результати власної роботи.

Не вдаватися до кроків, що можуть нечесно покращити ваші результати чи погіршити/покращити результати інших студентів.

Не публікувати відповіді на питання, що використовуються в рамках курсу для оцінювання знань студентів

Політика щодо відвідування аудиторних занять (особиста присутність студента).

Студентам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для виконання семестрового індивідуального завдання. Система оцінювання орієнтована на отримання балів за активність студента, а також виконання завдань, які здатні сформувати загальні та фахові компетентності. Самостійну роботу студент може виконати у системі дистанційного навчання (сервіс Moodle) з подальшим захистом. За об'єктивних причин (наприклад, лікарняні, стажування, мобільність, індивідуальний графік, інше) аудиторні види занять та завдань також можуть бути трансформовані в систему дистанційного навчання.

Політика щодо дедлайнів.

Студент зобов'язаний дотримуватись крайніх термінів (дата для аудиторних видів робіт або час в системі дистанційного навчання), до яких має бути виконано певне завдання. За наявності поважних причин (відповідно до інформації, яку надано деканатом) студент має право на складання індивідуального графіку вивчення окремих тем дисципліни.

Політика щодо оскарження результатів контрольних заходів.

Студенти мають можливість підняти будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто. Студенти мають право оскаржити результати контрольних заходів, але обов'язково аргументовано, пояснивши з яким критерієм не погоджуються.

Політика щодо дотримання прав та обов'язків студентів.

Права і обов'язки студентів відображено в Положенні про організацію освітнього процесу в Національному університеті «Запорізька політехніка»

<https://zp.edu.ua/normativna-baza-navchalnogo-procesu>

Політика щодо конфіденційності та захисту персональних даних.

Обмін персональними даними між викладачем і студентом в межах вивчення дисципліни, їх використання відбувається на основі закону України «Про захист персональних даних» (<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2297-17#Text>). Стаття 10, п.3.