

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Національний університет "Запорізька політехніка"**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
**до самостійної роботи з дисципліни**  
**"Методи та засоби випробувань РЕЗ"**

для студентів спеціальності  
172 «Телекомунікації та радіотехніка» (освітні програми  
«Радіоелектронні апарати та засоби», «Інтелектуальні технології  
мікросистемної радіоелектронної техніки»)  
усіх форм навчання

Методичні вказівки до самостійної роботи з дисципліни "Методи та засоби випробувань РЕЗ" для студентів спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» (освітні програми «Радіоелектронні апарати та засоби» та «Інтелектуальні технології мікросистемної радіоелектронної техніки») усіх форм навчання / Уклад. : Ірина ПОСПЕСВА, Сергій ГАРАЧУК – Запоріжжя : НУ "Запорізька політехніка", 2024. – 22 с.

Укладачі: Ірина ПОСПЕСВА, ст. викл. каф. ІТЕЗ  
Сергій ГАРАЧУК, ас. каф. ІТЕЗ

Рецензент: Наталія ФУРМАНОВА, к.т.н., доц. каф.  
ІТЕЗ

Відповідальний  
за випуск: Олександр МАЛИЙ, к.т.н., доц., зав. каф.  
ІТЕЗ

Затверджено  
на засіданні кафедри ІТЕЗ  
протокол № 1 від 10.09.24 р.

Рекомендовано до видання  
НМК ФІБЕК  
протокол № 2 від 19.09.24 р.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ.....	6
1.1 Мета дисципліни .....	6
1.2 Задачі дисципліни .....	6
1.3 Рекомендації з вивчення дисципліни .....	6
2 ПИТАННЯ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ .....	7
2.1 Контрольні питання до теми 1 .....	7
2.2 Контрольні питання до теми 2 .....	7
2.3 Контрольні питання до теми 3 .....	8
2.4 Контрольні питання до теми 4 .....	9
2.5 Контрольні питання до теми 5 .....	9
2.6 Контрольні питання до теми 6 .....	10
2.7 Контрольні питання до теми 7 .....	10
2.8 Контрольні питання до теми 8 .....	12
2.9 Контрольні питання до теми 9 .....	13
2.10 Контрольні питання до теми 10 .....	15
2.11 Контрольні питання до теми 11 .....	16
2.12 Контрольні питання до теми 12 .....	16
2.13 Контрольні питання до теми 13 .....	17
3 ЗАВДАННЯ ДО ІНДИВІДУАЛЬНОЇ РОБОТИ .....	18
3.1 Тема та мета роботи .....	18
3.2 Завдання до роботи .....	18
3.3 Порядок виконання роботи .....	20
3.4 Контрольні питання .....	20
3.5 Зміст звіту .....	20
ЛІТЕРАТУРА .....	21

## ВСТУП

Випробування РЕЗ являють собою експериментальне визначення при різних впливах кількісних і якісних характеристик виробів при їх функціонуванні. При цьому як самі вироби, так і впливи можуть бути змодельовані.

Цілі випробувань різні на різних етапах проектування і виготовлення РЕЗ. До основних цілей випробування, загальних для всіх видів РЕЗ, можна віднести:

- вибір оптимальних конструктивно-технологічних рішень при створенні нових виробів;
- доведення виробів до необхідного рівня якості;
- об'єктивну оцінку якості виробів при їх постановці на виробництво, в процесі виробництва і при технічному обслуговуванні;
- прогнозування гарантованого терміну служби.

Випробування служать ефективним засобом виявлення прихованих випадкових дефектів матеріалів і елементів конструкції, не виявлених методами технічного контролю. За результатами випробувань виробів у виробництві можна встановити причини зниження якості. Якщо ці причини встановити не вдається, вдосконалюють методи і засоби контролю виробів і технологічні процеси (ТП) їх виготовлення.

На кінцевих етапах ТП виготовлення виробу можуть проводитися попередні випробування. Для них вибирають такі режими, щоб вони забезпечували відмови виробів, що містять приховані дефекти, і в той же час не виробляли ресурсу тих виробів, які не містять дефектів. Ці випробування часто називають технологічними тренуваннями (термострумове тренування, електротренування, термоциклічне тренування та ін.).

У результаті вивчення дисципліни студент повинен:

**знати:**

– основи теорії випробувань, класифікацію випробувань та видів устаткування для їх проведення; методики проведення випробувань;

**вміти:**

– формувати вимоги до випробувань на підставі технічних вимог до виробу, розробляти програми й методики лабораторних випробувань конкретних виробів, що враховують вплив зовнішніх факторів, яким може піддаватися виріб у процесі експлуатації;

– проводити обґрунтований вибір устаткування для випробувань й засобів виміру, робити метрологічну експертизу устаткування для випробувань й засобів виміру.

Вивчення дисципліни базується на знаннях таких дисциплін, що передбачені навчальним планом підготовки бакалаврів спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» освітніх програм «Радіоелектронні апарати та засоби», «Інтелектуальні технології мікросистемної радіоелектронної техніки»: "Основи проєктування електронної апаратури", "Зовнішні впливи на електронні апарати та засоби захисту".

# 1 ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

## 1.1 Мета дисципліни

Метою дисципліни є вивчення основ теорії випробувань та устаткування для випробувань і засобів виміру, що дозволяють відтворити умови зовнішніх впливів, а також отримання практичних навичок розробки програм й методик випробувань.

## 1.2 Задачі дисципліни

У процесі вивчення дисципліни студент повинен сформувати знання щодо ролі випробувань у справі підвищення якості радіо-, електронно-обчислювальної та мікро- і наносистемної техніки, методів її випробувань на впливи різноманітних зовнішніх факторів та обладнання для їх проведення для забезпечення якості виробів.

## 1.3 Рекомендації з вивчення дисципліни

Навчальна робота над дисципліною складається з наступних компонентів: прослуховування лекцій; виконання та захист лабораторних робіт; виконання індивідуальних завдань, самостійне вивчення матеріалу за літературою, що рекомендується.

Вивчення курсу завершується складанням іспиту за умови успішного виконання усіх складових курсу.

Самостійне вивчення матеріалу слід проводити згідно з програмою навчальної дисципліни та питаннями до самостійної роботи, що наведені у розділі 2, дотримуючись наступного порядку:

- ознайомлення з темою, що підлягає вивченню за програмою, та добір літератури зі списку, що рекомендується;
- вивчення матеріалу за рекомендованою літературою з конспектуванням основних положень теми;
- виконання індивідуального завдання.

## 2 ПИТАННЯ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

### 2.1 Контрольні питання до теми 1

- 1 Що таке якість продукції? Від чого вона залежить?
- 2 Чим обумовлена важливість випробувань?
- 3 Дайте визначення поняттям стандартизація та сертифікація.
- 4 Наведіть склад документації для сертифікації виробів.
- 5 Дайте визначення поняттям безвідмовності, відмови.
- 6 Що розуміють під несправністю? Чим вона відрізняється від відмови?
- 7 Що таке ремонтпридатність? Як вона оцінюється?
- 8 Що таке довговічність? Від чого вона залежить?
- 9 Що розуміють під технічним ресурсом? Як він пов'язаний з довговічністю?
- 10 Що таке гарантійний термін служби?
- 11 Які відмови відносяться до поступових, а які до раптових?
- 12 Які відмови відносяться до конструкційних, а які до експлуатаційних?
- 13 Що таке явні і неявні, повні і часткові відмови?
- 14 Які відмови відносяться до збоїв? Як вони проявляються?
- 15 Що таке випробування та контроль? Чим вони відрізняються?

Відповіді на контрольні питання до теми 1 наведені у навчальному посібнику [10], стор. 10 – 17.

### 2.2 Контрольні питання до теми 2

- 1 Які фактори відносяться до суб'єктивних, а які – до об'єктивних?
- 2 Які фактори відносяться до зовнішніх, а які – до внутрішніх?
- 3 Причини виникнення внутрішніх дестабілізуючих факторів.
- 4 У чому полягає процес старіння?
- 5 У чому полягає процес зношування?
- 6 Назвіть класи зовнішніх впливових факторів.
- 7 Які види впливів визначаються призначенням виробів та їх взаємодією з середовищами, які створюються людиною в процесі його діяльності?
- 8 Які механічні фактори відносяться до статичних?

- 9 Які механічні фактори відносяться до динамічних?
- 10 Які впливи відносяться до кліматичних?
- 11 Які впливи відносяться до термічних?
- 12 Які впливи відносяться до біологічних?
- 13 Які впливи відносяться до радіаційних, космічних?
- 14 Як впливають зовнішні дестабілізуючі фактори на роботу виробів?
- 15 Що таке умови експлуатації? Наведіть параметри нормальних кліматичних умов.

Відповіді на контрольні питання до теми 2 наведені у навчальному посібнику [10], стор. 18 – 27.

### **2.3 Контрольні питання до теми 3**

- 1 Що таке випробування? Що таке ступінь жорсткості випробувань? Від чого вона залежить?
- 2 Основні цілі випробувань. Завдання, які вирішуються в ході проведення випробувань.
- 3 На що спрямовані випробування?
- 4 Як використовуються результати випробувань?
- 5 Класифікація випробувань за умовами та місцем, проведення.
- 6 Класифікація випробувань залежно від величини навантаження, що впливає на виріб. Експлуатаційні випробування.
- 7 Випробування з використанням моделей.
- 8 Метод статистичних випробувань.
- 9 Граничні і матричні випробування.
- 10 Класифікація випробувань за видом дії.
- 11 Класифікація випробувань за програмними цілями і призначенням.
- 12 Класифікація випробувань готової продукції.
- 13 Класифікація випробувань за тривалістю проведення.
- 14 Класифікація випробувань за результатом дії на стан виробу.
- 15 Класифікація випробувань за характеристикою об'єкта, що визначається.

Відповіді на контрольні питання до теми 3 наведені у навчальному посібнику [10], стор. 28 – 42.

## 2.4 Контрольні питання до теми 4

- 1 Які види випробування спрямовані на скорочення часу?
- 2 Мета прискорених випробувань.
- 3 Як досягається форсування режимів роботи при прискорених випробуваннях?
- 4 У чому полягають основні труднощі проведення прискорених випробувань?
- 5 Етапи прискорених випробувань.
- 6 Коефіцієнт прискорених випробувань.
- 7 Особливості проведення випробувань на ушкоджуючі навантаження.
- 8 Що являє собою гістограма розподілу ушкоджуючого навантаження?
- 9 У чому полягає метод Монте-Карло?
- 10 У чому полягає метод статистичних випробувань фізичним моделюванням?
- 11 Етапи граничних випробувань.
- 12 Наведіть та поясніть графік граничного випробування.
- 13 Як графічно визначається область безвідмовної роботи?
- 14 Як визначаються групи граничного випробування?
- 15 У чому полягає метод матричних випробувань?

Відповіді на контрольні питання до теми 4 наведені у навчальному посібнику [10], стор. 43 – 61.

## 2.5 Контрольні питання до теми 5

- 1 Що таке програма випробувань? Її основна мета.
- 2 Особливості випробувань об'єктів першої та другої групи.
- 3 Вимоги до об'єктів випробувань.
- 4 Формулювання мети випробувань.
- 5 Періодичні та типові випробування.
- 6 Місце проведення та забезпечення випробувань.
- 7 Умови випробувань.
- 8 Принципи вибору факторів випробувань.
- 9 Загальні вимоги до програми випробувань.
- 10 Вміст методики випробувань.
- 11 Метод випробувань.
- 12 Схема змісту методики випробувань.
- 13 Підготовка виробів до випробувань.

14 Послідовність проведення випробувань.

15 Звітність при проведенні випробувань.

Відповіді на контрольні питання до теми 5 наведені у навчальному посібнику [10], стор. 62 – 77.

## **2.6 Контрольні питання до теми 6**

1 Способи проведення випробувань

2 У чому полягає суть послідовного способу випробувань?

3 Основна умова проведення послідовних випробувань.

4 Переваги та недоліки послідовних випробувань.

5 У чому полягає суть паралельного способу випробувань?

6 Переваги та недоліки паралельних випробувань.

7 У чому полягає суть послідовно-паралельного способу випробувань?

8 Наведіть приклад групування різних видів випробувань при послідовно-паралельному способі їх проведення.

9 Рекомендована послідовність комбінованих кліматичних та механічних випробувань.

10 Комбіновані випробування.

Відповіді на контрольні питання до теми 6 наведені у навчальному посібнику [10], стор. 78 – 82.

## **2.7 Контрольні питання до теми 7**

1 Вібрації та наслідки їхніх впливів на працездатність виробів.

2 Явище механічного резонансу.

3 Ударні навантаження та наслідки їхніх впливів на працездатність виробів.

4 Лінійні прискорення та наслідки їхніх впливів на працездатність виробів.

5 Акустичні шуми та наслідки їхніх впливів на працездатність виробів.

6 Види механічних випробувань.

7 Поняття октави.

8 Рекомендації щодо проведення випробувань на механічні впливи.

9 Підготовка виробів до випробування.

10 Зовнішній огляд виробів.

- 11 Вимірювання електричних параметрів виробів.
- 12 Вибір випробувальної установки.
- 13 Вибір методу випробувань.
- 14 Вибір засобів вимірювання параметрів.
- 15 Вибір контрольної точки.
- 16 Вимоги до обладнання для механічних випробувань.
- 17 Хід механічних випробувань.
- 18 Випробування на визначення резонансних частот конструкції.
- 19 Випробування на наявність резонансних частот конструкції в заданому діапазоні частот.
- 20 Випробування на вібростійкість при впливі синусоїдальної випадкової вібрації.
- 21 Випробування на вібростійкість при впливі широкосмугової випадкової вібрації.
- 22 Випробування на віброміцність методом частоти, що хитається, у всьому діапазоні частот.
- 23 Випробування на віброміцність методом частоти, що хитається, при підвищених значеннях амплітуди прискорення.
- 24 Випробування на віброміцність методом частоти, що хитається, виключаючи діапазон частот нижче 100 Гц.
- 25 Випробування на віброміцність методом частоти, що хитається, в області резонансних частот.
- 26 Випробування на віброміцність методом частоти, що хитається, з перенесенням діапазону частот випробувань в область резонансних частот.
- 27 Випробування на віброміцність методом методом фіксованих частот у всьому діапазоні.
- 28 Випробування на віброміцність шляхом впливу широкосмугової випадкової вібрації.
- 29 Обладнання для випробувань на вібростійкість та віброміцність.
- 30 Обладнання для випробувань на вібростійкість та віброміцність бортової апаратури.
- 31 Випробування на ударну міцність.
- 32 Випробування на ударну стійкість.
- 33 Випробування на вплив одиночних ударів.
- 34 Обладнання для випробувань на ударну стійкість та ударну міцність.
- 35 Випробування на вплив лінійного прискорення.

36 Обладнання для випробувань на вплив лінійного прискорення.

37 Обладнання для комплексних випробувань на статичні та динамічні прискорення.

38 Випробування на вплив випадкового акустичного шуму.

39 Схема ревербераційної камери.

40 Випробування на вплив акустичного тону мінливої частоти.

Відповіді на контрольні питання до теми 7 наведені у навчальному посібнику [10], стор. 83 – 122.

## **2.8 Контрольні питання до теми 8**

1 Призначення перетворювачів механічних навантажень.

2 Класифікація перетворювачів механічних навантажень за способом створення реакції.

3 Класифікація перетворювачів механічних навантажень за потребами у додаткових джерелах енергії.

4 Методи тензометрії.

5 Схема установки для автоматичного контролю деформацій на основі інтерферометра.

6 Тензометричні перетворювачі.

7 Схема оптичного тензометра з фотодіодом.

8 Класифікація вимірювальних віброперетворювачів (ВВП) за призначенням та фізичним явищем.

9 Класифікація вимірювальних віброперетворювачів (ВВП) за потребами у додаткових джерелах енергії та зв'язком сприймаючої частини з об'єктом виміру.

10 Класифікація вимірювальних віброперетворювачів (ВВП) за принципом виміру щодо системи відліку, родом вимірюваних компонентів вібрації та напрямком прикладення сили.

11 Основні параметри віброперетворювачів.

12 Критерії оцінки безконтактних ВВП.

13 Особливості застосування інерційних ВВП.

14 Умови застосування ВВП інерційної дії.

15 Ємнісні ВВП.

16 Індуктивні ВВП.

17 Електромагнітні ВВП.

18 Тензометричні ВВП.

- 19 Електродинамічні ВВП.
- 20 У чому полягає електретний ефект?
- 21 Електретні ВВП.
- 22 У чому полягає прямий та зворотний п'єзо ефект?
- 23 Принципи дії п'єзоелектричних ВВП.
- 24 Конструкції п'єзоелектричних ВВП.
- 25 Оптичні ВВП.
- 26 Радіаційні ВВП.
- 27 Мікроелектромеханічні ВВП.
- 28 Схема вібростенда ексцентрикового типу.
- 29 Схема вібростенда з відцентровим приводом.
- 30 Принцип дії електродинамічного вібростенда.
- 31 Принцип дії механічних ударних стендів.
- 32 Конструкція електродинамічної ударної установки.
- 33 Схема стенда для випробувань на вплив багаторазових ударів.
- 34 Схема та принцип дії пневматичної ударної установки.
- 35 Принцип дії та структурна схема установок лінійного прискорення.
- 36 Структурна схема установок лінійного прискорення.
- 37 Класифікація центрифуг.
- 38 Основні параметри центрифуг.
- 39 Конструкція центрифуги відкритого типу з неповоротним столом.
- 40 Конструкція центрифуги камерного типу.

Відповіді на контрольні питання до теми 8 наведені у навчальному посібнику [10], стор. 123 – 181.

## **2.9 Контрольні питання до теми 9**

- 1 Температурні впливи.
- 2 Вплив вологи.
- 3 Вплив атмосферного тиску.
- 4 Впливи домішок у повітрі та сонячного випромінювання.
- 5 Структура методики випробувань РЕЗ на кліматичні впливи.
- 6 Особливості проведення випробувань на кліматичні впливи на різних стадіях проектування.
- 7 Нормалізована послідовність кліматичних випробувань.

8 Випробування на вплив підвищеної температури під термічним навантаженням.

9 Випробування на вплив підвищеної температури під суміщеним навантаженням.

10 Обладнання для випробувань на вплив підвищеної температури.

11 Випробування на вплив зниженої температури.

12 Обладнання для випробувань на вплив зниженої температури.

13 Випробування на зміну температур методами двох та однієї камер.

14 Випробування на зміну температур методом дворідних ванн.

15 Випробування на температурні впливи комбінованим методом.

16 Обладнання для випробувань на зміну температур.

17 Випробування на вплив підвищеної вологості без конденсації води (безперервний режим).

18 Випробування на вплив підвищеної вологості з конденсацією води (циклічний режим 16 + 8 годин).

19 Випробування на вплив підвищеної вологості з конденсацією води (циклічний режим 12 + 12 годин).

20 Обладнання для випробувань на підвищену вологість.

21 Випробування на вплив інею і роси.

22 Випробування на вплив соляного туману.

23 Обладнання для випробувань на вплив соляного туману.

24 Випробування на зовнішній вплив води виробів виконання

B1.

25 Схема установки для випробувань на зовнішній вплив води.

26 Випробування на зовнішній вплив води виробів виконання

B2 – B4.

27 Випробування на вплив зниженого атмосферного тиску.

28 Обладнання для випробувань на вплив зниженого атмосферного тиску.

29 Випробування на вплив підвищеного атмосферного тиску.

30 Обладнання для випробувань на вплив підвищеного атмосферного тиску.

31 Випробування на вплив підвищеного гідростатичного тиску.

- 32 Випробування на вплив статичного пилю (піску).
- 33 Випробування на вплив динамічного пилю (піску).
- 34 Обладнання для випробувань на вплив статичного пилю.
- 35 Обладнання для випробувань на вплив динамічного пилю.
- 36 Випробування на вітростійкість.
- 37 Випробування на вплив сонячного випромінювання.
- 38 Обладнання для випробувань на вплив сонячного випромінювання.
- 39 Випробування на герметичність вакуумним способом.
- 40 Випробування на герметичність камерним способом.

Відповіді на контрольні питання до теми 9 наведені у навчальному посібнику [10], стор. 182 – 225.

## **2.10 Контрольні питання до теми 10**

- 1 Засоби вимірювання температури.
- 2 Термоперетворювачі опору.
- 3 Параметри термоперетворювачів.
- 4 Термоелектричні перетворювачі.
- 5 Рідинні термометри.
- 6 Дилатометри.
- 7 Схема дилатометричного датчика.
- 8 Принцип дії пірометрів.
- 9 Оптичні пірометри.
- 10 Радіаційні пірометри.
- 11 Фотоелектричні пірометри.
- 12 Колірні пірометри.
- 13 Вимоги до камер для випробувань на температурні впливи.
- 14 Принципи дії та конструкції камер тепла.
- 15 Принципи дії та конструкції камер тепла і холоду.
- 16 Принципи дії та конструкції обладнання для випробувань на циклічний вплив температур.
- 17 Психрометричний метод вимірювання вологості.
- 18 Конструкція найпростішого психрометра.
- 19 Метод точки роси для вимірювання вологості.
- 20 Сорбційно-деформаційний метод вимірювання вологості.
- 21 Сорбційно-кулонометричний метод вимірювання вологості.
- 22 Сорбційно-ваговий метод вимірювання вологості.
- 23 Сорбційно-термічний метод вимірювання вологості.

24 Дифузійний метод вимірювання вологості.

25 Визначення вологості повітря з допомогою гігрометрів.

26 Принципи дії та конструкції камер для випробувань на вплив вологості.

27 Відкритий спосіб зволоження повітря.

28 Схеми будови камер кімнатного типу зі зволоженням повітря відкритим способом.

29 Закриті способи зволоження повітря.

30 Схеми будови камери Кюльавтома для зволоження повітря закритим способом.

Відповіді на контрольні питання до теми 10 наведені у навчальному посібнику [10], стор. 226 – 243.

### **2.11 Контрольні питання до теми 11**

1 Біологічні зовнішні збуджуючі фактори.

2 Поняття біологічного ушкодження.

3 Механічне руйнування при контакті організмів з виробом.

4 Погіршення експлуатаційних параметрів за рахунок біозабруднення, біозасмічення і біообростання.

5 Біохімічне руйнування та біокорозія.

6 Випробування на вплив цвілевих грибів.

7 Обладнання на вплив цвілевих грибів.

8 Випробування на стійкість матеріалів до дії термітів.

9 Оцінку стійкості матеріалів до впливу молі.

10 Випробування на стійкість матеріалів до впливу гризунів.

Відповіді на контрольні питання до теми 11 наведені у навчальному посібнику [10], стор. 244 – 250.

### **2.12 Контрольні питання до теми 12**

1 Види іонізуючого випромінювання.

2 Вплив радіаційного випромінювання на працездатність виробів.

3 Засоби вимірювань радіаційного випромінювання в залежності від виду випромінювання.

4 Засоби вимірювань радіаційного випромінювання за способом реєстрації випромінювання.

5 Засоби вимірювань радіаційного випромінювання в залежності від параметрів, що вимірюються.

6 Засоби вимірювань радіаційного випромінювання за типом пристрою реєстрації.

7 Особливості випробувань на радіаційні впливи.

8 Блок-схема організації дистанційних вимірювань при проведенні радіаційних випробувань.

9 Мета космічних випробувань на забезпечення теплового режиму.

10 Умови космічних випробувань на забезпечення теплового режиму.

11 Методика космічних випробувань на забезпечення теплового режиму.

12 Випробування на роботу в умовах невагомості.

13 Випробування на вплив потоків твердих частинок, сонячного вітру та різних видів випромінювання.

14 Комплексні космічні випробування.

15 Схема установки для проведення випробувань при спільній або роздільній дії факторів космічного простору.

Відповіді на контрольні питання до теми 12 наведені у навчальному посібнику [10], стор. 251 – 261.

### **2.13 Контрольні питання до теми 13**

1 У чому полягає необхідність автоматизації випробувань?

2 Система Nastran.

3 Система ANSYS.

4 Система T-FLEX.

5 Система Pro/ENGINEER.

6 Система ACOHIKA.

7 Система SolidWorks.

8 Модуль SolidWorks Flow Simulation.

9 Модуль SolidWorks Electronic Cooling.

10 Загальні висновки щодо можливостей застосування САПР при випробуваннях.

Відповіді на контрольні питання до теми 13 наведені у навчальному посібнику [10], стор. 262 – 268.

Під час самостійної підготовки слід також користатися нормативно-технічною документацією [1 – 5], каталогами [6 – 9], [13 – 19], вказаною літературою [11, 12], та даними методичними вказівками.

## **3 ЗАВДАННЯ ДО ІНДИВІДУАЛЬНОЇ РОБОТИ**

### **3.1 Тема та мета роботи**

**Тема роботи:** *вимірювальні віброперетворювачі (ВВП)*

**Мета роботи:** *практичне знайомство з видами, принципами дії, основними параметрами та конструкціями ВВП, що застосовуються для проведення механічних випробувань радіо-, електронно-обчислювальної та мікро- і наносистемної техніки.*

Теоретичні відомості, необхідні для виконання роботи, наведені у навчальному посібнику [10], стор. 150 – 199.

При виконанні індивідуальної роботи рекомендується також користуватися нормативно-технічною документацією [1 – 5], каталогами [13 – 19], вказаною літературою [11, 12], та даними методичними вказівками. Крім того, допускається користуватися будь-якою доступною навчальною і технічною літературою, а також інтернет-ресурсами.

Принципи дії та конструкції віброперетворювачів різної дії наведені у [13 – 19].

Конструкції та характеристики п'єзоелектричних віброперетворювачів наведені у [16, 17].

Конструкція та характеристики оптичного віброперетворювача наведена у [18].

Конструкція та характеристики мікроелектромеханічного віброперетворювача наведена у [19].

### **3.2 Завдання до роботи**

Варіант завдання задається викладачем для кожного студента індивідуально та складається з трьох цифр.

Завдання до роботи відповідно до варіантів наведені у табл. 3.1.

Для кожного з типів ВВП, заданих за першою цифрою (табл. 3.1), вказати принцип дії, описати фізичні закони, що лежать в його основі, навести параметри, особливості використання, переваги та недоліки. Привести два-три варіанти конструктивного виконання та дати їх порівняльну характеристику.

Для кожного з типів ВВП, заданих за другою цифрою (табл. 3.1), вказати принцип дії, описати фізичні закони, що лежить в його основі та привести варіанти конструктивного виконання (за можливістю).

Дати розгорнуті письмові відповіді на контрольні питання, задані за третьою цифрою (табл. 3.1).

При виконанні роботи користуватися рекомендованою літературою та будь-якими інтернет-ресурсами.

Таблиця 3.1 - Завдання до індивідуальної (контрольної) роботи відповідно до варіантів

	Перша цифра	Друга цифра	Третя цифра
	Тип ВВП	Тип ВВП	Номери питань
1	п'єзоелектричний, ємнісний	радіаційний	4.4.1, 4.4.6
2	електретний, тензометричний	мікроелектромеханічний	4.4.7, 4.4.8
3	п'єзоелектричний, індуктивний	радіаційний	4.4.3, 4.4.8
4	електретний, електродинамічний	мікроелектромеханічний	4.4.5, 4.4.9
5	п'єзоелектричний, електродинамічний	радіаційний	4.4.1, 4.4.9
6	електретний, ємнісний	мікроелектромеханічний	4.4.2, 4.4.10
7	п'єзоелектричний, тензометричний	радіаційний	4.4.3, 4.4.4
8	електретний, оптичний	мікроелектромеханічний	4.4.5, 4.4.7
9	п'єзоелектричний, електромагнітний	радіаційний	4.4.2, 4.4.6
0	електретний, індуктивний	мікроелектромеханічний	4.4.4, 4.4.10

### **3.3 Порядок виконання роботи**

3.3.1 Ознайомитися з класифікацією та основними параметрами ВВП.

3.3.2 Для ВВП за першою цифрою варіанту навести принцип дії, описати фізичний закон, що лежить в його основі, навести параметри, особливості використання, переваги та недоліки. Навести варіанти конструктивного виконання.

3.3.3 Для ВВП за другою цифрою варіанту навести принцип дії та описати фізичний закон, що лежить в його основі.

3.3.4 Дати відповіді на контрольні питання за третьою цифрою варіанту.

### **3.4 Контрольні питання**

3.4.1 Класифікація ВВП.

3.4.2 Основні параметри ВВП.

3.4.3 Критерії оцінки безконтактних ВВП.

3.4.4 Особливості застосування інерційних ВВП.

3.4.5 Чуттєвість тензодатчиків та її залежність від матеріалу

3.4.6 Електретний ефект та його основні параметри.

3.4.7 Умови вимірювань за допомогою електретних ВВП.

3.4.8 П'єзо ефект та його основні параметри.

3.4.9 Причини нерівномірності АЧХ п'єзоелектричних ВВП.

3.4.10 Умови створення оптимальної конструкції п'єзоелектричного ВВП.

### **3.5 Зміст звіту**

3.5.1 Тема та мета роботи.

3.5.2 Відповіді на контрольні питання.

3.5.3 Для ВВП за першою цифрою варіанту: описи принципу дії, фізичного закону, що лежить в його основі. Його параметри, особливості використання, переваги та недоліки. Короткий опис конструктивного виконання з ілюстраціями.

3.5.4 Для ВВП за другою цифрою варіанту: описи принципу дії та фізичного закону, що лежить в його основі.

3.5.5 Висновки.

## ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ 3021–95. Випробування і контроль якості продукції. Терміни та визначення. [Чинний від 1996-01-01]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 1995. 70 с.
2. ДСТУ 7655:2014 Вироби електронної техніки. Загальні вимоги щодо надійності та методи випробування. [Чинний від 2014–01–01]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2014. 9 с.
3. ДСТУ 8216:2015. Вироби електронної техніки. Класифікація за умовами застосування та вимоги стійкості до зовнішніх впливових чинників. [Чинний від 2017–01–04]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2017. 11 с.
4. ДСТУ 8280:2015 Вироби електротехнічні. Методи випробування на тривкість до дії зовнішніх кліматичних чинників. [Чинний від 2017–01–07]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2017. 56 с.
5. ДСТУ 3011-95. Устаткування випробувальне кліматичне та механічне. Терміни та визначення. [Чинний від]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 1995. 36 с.
6. Прилади для вимірювання та контролю вібрації URL : <https://vibrationvir.com.ua/> (дата звернення : 06.10.2024).
7. КНМ Обладнання для випробувань URL : <https://termocam.com.ua/katalog.html> (дата звернення : 06.10.2024).
8. Поспеева І.Є., Шило Г.М., Куляба-Харитоновна Т.І. Випробування РЕЗ : навч. посіб. Запоріжжя: НУ "Запорізька політехніка", 2020. 280 с.
9. Аврутов В.В., Аврутова І.В., Попов В.М. Випробування приладів і систем. Види випробувань та сучасне обладнання: навч. посіб. Київ: НТУУ «КПІ», 2009. 64 с.
10. Голобородько М.Ю., Зотова І.Г., Левшенко О.С. Загальні вимоги до видів, послідовності та умов проведення випробувань радіоелектронного обладнання. Збірник наукових праць Центру воєнно-стратегічних досліджень Національного університету оборони України імені Івана Черняхівського. 2018. № 1. с. 86-92.10