

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет



РОБОЧА ПРОГРАМА
та МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до самостійної, контрольної та індивідуальної роботи з
дисципліни
“Фізико-теоретичні основи конструювання електронних
апаратів”
для студентів спеціальності
172 «Телекомунікації та радіотехніка» (освітні програми
«Радіоелектронні апарати та засоби» та «Інтелектуальні
технології мікросистемної радіоелектронної техніки»)
усіх форм навчання

2017

Робоча програма та методичні вказівки до самостійної, контрольної та індивідуальної роботи з дисципліни "Фізико-теоретичні основи конструювання електронних апаратів" для студентів спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» (освітні програми «Радіоелектронні апарати та засоби» та «Інтелектуальні технології мікросистемної радіоелектронної техніки») усіх форм навчання / Уклад.: Поспеева І.Є., Фурманова Н.І., Шинкаренко Е.М.. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2017. – 18 с.

Укладачі: Фурманова Наталія Іванівна, канд. техн. наук,
 доцент;
 Поспеева Ірина Євгенівна, ст. викладач;
 Шинкаренко Едуард Миколайович.

Рецензент: Фарафонов Олексій Юрійович, канд. техн.
наук, доцент

Відповідальний за випуск: Шило Галина Миколаївна,
канд. техн. наук, доцент, в.о. зав. каф. ІТЕЗ

Розглянуто
на засіданні кафедри ІТЕЗ
протокол № 5 від 16.12.16 р.

Затверджено
на засіданні НМК ФРЕТ
протокол № 4 від 22.12.16 р.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1 ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ	5
1.1 Мета вивчення дисципліни	5
1.2 Задачі вивчення дисципліни	5
1.3 Рекомендації по вивченню дисципліни	5
2 РОБОЧА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ	7
2.1 Системний аналіз в конструюванні електронних апаратів	7
2.2 Тепло-масообмін в електронних апаратах	7
2.3 Механічні впливи на електронні апарати	8
2.4 Фізичні основи надійності і старіння	9
3 ПИТАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ	10
4 ЗАВДАННЯ ДО КОНТРОЛЬНОЇ ТА ІНДИВІДУАЛЬНОЇ РОБОТИ	12
4.1 Задача 1	12
4.2 Задача 2	14
4.3 Задача 3	16
ЛІТЕРАТУРА	17

ВСТУП

Конструювання електронних апаратів нового покоління потребує від спеціаліста оволодіння системою знань про сучасні досягнення прикладних фізико – теоретичних галузей наук, які складають фундаментальні основи конструювання і технології сучасних електронних апаратів.

Після вивчення дисципліни “Фізико – теоретичні основи конструювання електронних апаратів” студенти повинні

знати:

- системний аналіз в конструюванні електронних апаратів;
- основні закони теплообміну в електронних апаратах;
- основні теорії теплових кіл;
- основні теорії подібності;
- системи охолодження електронних апаратів;
- механічні впливи на електронні апарати та їх параметри;
- показники надійності електронних апаратів;

вміти:

- застосовувати системний аналіз в конструюванні електронних апаратів;
- розраховувати теплові режими електронних апаратів;
- виконувати розрахунки теплових кіл;
- вибирати систему охолодження електронних апаратів;
- виконувати розрахунки параметрів надійності електронних апаратів;

Вивчення дисципліни базується на знаннях, одержаних студентами при засвоєнні всіх попередніх фундаментальних дисциплін.

1 ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

1.1 Мета вивчення дисципліни

Метою вивчення дисципліни є оволодіння студентами сучасних досягнень прикладних фізико-теоретичних галузей наук, які складають фундаментальні основи конструювання і технології сучасних електронних апаратів.

1.2 Задачі вивчення дисципліни

Завданням вивчення дисципліни є засвоєння студентами основних електрофізичних процесів і явищ на етапах розробки, виробництва і експлуатації електронних апаратів при їх оптимізації, моделюванні і автоматизації виробництва.

1.3 Рекомендації по вивченню дисципліни

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

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

Самостійне вивчення матеріалу слуд проводити згідно з питаннями до самостійної роботи, що наведені у розділі 3.

Вивчати курс самостійно необхідно послідовно за темами, дотримуючись наступного порядку:

- ознайомлення з темою, що підлягає вивченню за програмою, та добір літератури зі списку, що рекомендується;

- ознайомлення з методичними вказівками за темою, що вивчається, і з'ясування обсягу вимог, які пред'являються до знань студента;

- вивчення матеріалу за рекомендованою літературою з конспектуванням основних положень теми;

- рішення задач контрольного завдання які відносяться до теми, що вивчається;

- перехід до вивчення наступної теми і т.д.

Студенти денної форми навчання виконують індивідуальне завдання.

Студенти заочної форми навчання виконують контрольну роботу.

2 РОБОЧА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ

2.1 Системний аналіз в конструюванні електронних апаратів

Основні задачі, які виникають при конструюванні електронних апаратів. Загальна модель електронного апарата. Зовнішні впливи на електронні апарати. Системний аналіз. Система, її основні риси. Основні принципи системного аналізу. Методологічні засоби системного аналізу. [3], с. 9-18; [9], с. 34-39.

2.2 Тепло-масообмін в електронних апаратах

Основні закони теплообміну в електронних апаратах. Види теплообміну і їх вплив на параметри електронних апаратів. Теплопередача теплопровідністю. Закон Фур'є. Коефіцієнт теплопровідності. Основні властивості теплового поля. Ізотермічна поверхня. Градієнт температур. Тепловий потік, щільність теплового потоку. Закон Фур'є для стаціонарного одновимірного теплового поля. [1], с. 4-14.

Основні властивості теплопередачі конвекцією. Закон Ньютона – Ріхмана. Коефіцієнт тепловіддачі конвекцією. Ламінарний і турбулентний режим. Число Рейнольдса та його фізичний смисл. Динамічна і кінематична в'язкість. Теплові і аерогідродинамічні явища. Модель пограничного шару. Процес вільної конвекції біля нагрітої вертикально-орієнтованої стінки. Примусовий рух рідини в каналі. Розподілення швидкості руху рідини та температури у межовому шарі. [1], с. 14-18.

Особливості теплового випромінювання. Поняття чорного та сірого тіла. Закон Планка для абсолютно чорного тіла. Графічне відображення закону Планка. Закон Стефана – Больцмана для абсолютно чорного тіла, для сірих тіл. [1], с. 18-21.

Теорія теплових кіл. Закони Фур'є, Ньютона – Ріхмана, та Стефана – Больцмана у формі, аналогічній закону Ома для електричних кіл. Закони Кірхгофа для теплових кіл. Поняття теплового опору. Тепловий опір однорідної стінки (плоскої, циліндричної, кульової). Критична товщина ізоляції. Використання рівняння теплопровідності при розрахунку теплового опору циліндричного резистора. [1], с. 26-36.

Основи теорії подібності. Критерії подібності. Числа Нуссельта, Гросфода, Прандтля. Критеріальне рівняння і його використання для аналізу теплових процесів. [1], с. 63-68.

Вільна конвекція в необмеженому просторі. Визначаючий розмір. Вплив орієнтації поверхні в просторі на коефіцієнт тепловіддачі. [1], с. 68-70.

Системи охолодження електронних апаратів. Класифікація систем охолодження. Вибір системи охолодження. [1], с. 116-122.

Радіатори. Типи радіаторів. Вихідні дані для розрахунку радіаторів. Розрахунок радіаторів. [1], с. 129-134.

2.3 Механічні впливи на електронні апарати

Механічні впливи і їх параметри. Види механічних дій (лінійне прискорення, вібрація, удар). Коефіцієнт навантаження.

Вібро- та удароміцність. Вібро- та ударостійкість електронних апаратів. [2], с. 8-15.

Фізичні явища в електронних апаратах при механічних впливах. [2], с. 15-30.

Вплив механічних дій на міцність електронних апаратів. Умови міцності і жорсткості, допустимі напруги. Основні характеристики міцності. Втомна міцність матеріалу. Криві втоми. [2], с. 31-35.

2.4 Фізичні основи надійності і старіння

Показники надійності електронних апаратів. Раптові і поступові відмови. Імовірність безвідмовної роботи. Імовірність відмов.

Показники надійності невідновлюваних систем. Частота відмов, інтенсивність відмов. „Крива життя ” електронних апаратів. Середній час безвідмовної роботи. [3], с. 137-147.

Показники надійності відновлюваних систем (напрацювання на відмову, коефіцієнти готовності та вимушеного простою). Резервування. [3], с. 147-154; [9], с. 101-115.

Вибір форми теоретичного розподілу випадкової величини. Критерії Пірсона, Стюдента, Фішера, Кохрена. Експериментальна оцінка критеріїв надійності. [3], с. 163-181; [9], с. 171-189.

3 ПИТАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

3.1 Системний підхід до конструювання, технології та експлуатації електронних апаратів. Методологічні засоби системного аналізу.

3.2 Види теплообміну і їх вплив на параметри надійності електронних апаратів.

3.3 Теплопередача теплопровідністю. Закон Фур'є. Коефіцієнт теплопровідності.

3.4 Основні властивості теплопередачі конвекцією. Закон Ньютона – Ріхмана. Коефіцієнт тепловіддачі конвекцією.

3.5 Особливості теплового випромінювання. Закон Планка для чорного тіла та його графічне відображення.

3.6 Закон Стефана – Больцмана. Випромінювання чорного і нечорного тіла. Коефіцієнт теплопередачі випромінюванням.

3.7 Теорія теплових кіл. Закони Ома та Кірхгофа для теплових кіл.

3.8 Поняття теплового опору. Тепловий опір стінок (плоскої, циліндричної, сферичної).

3.9 Критична товщина ізоляції.

3.10 Основні теорії подібності. Числа Нуссельта, Гросфора, Прандля. Критеріальне рівняння подібності і його використання для аналізу теплових процесів.

3.11 Системи охолодження електронних апаратів та їх класифікація. Вибір системи охолодження.

3.12 Механічні впливи та їх параметри. Види механічних дій. Вібро –, удароміцність, вібро –, ударостійкість електронних апаратів.

3.13 Фізичні явища в електронних апаратах при механічних впливах.

3.14 Розрахункові моделі механічних систем електронних апаратів.

3.15 Рівняння руху системи з одним ступенем вільності. Визначення власної частоти коливань системи.

3.16 Коливання механічної системи з демпфуванням. Характеристики демпфування.

3.17 Надійність. Параметри надійності електронних апаратів. Раптові і поступові відмови. Імовірність безвідмовної роботи.

3.18 Показники надійності невідновлюваних систем (частота відмов, інтенсивність відмов, середній час безвідмовної роботи).

3.19 „Крива життя” електронних апаратів. Розрахунок параметрів надійності в період нормальної експлуатації.

3.20 Параметри надійності відновлюваних систем (напрацювання на відмову, коефіцієнти готовності та вимушеного простою).

4 ЗАВДАННЯ ДО КОНТРОЛЬНОЇ ТА ІНДИВІДУАЛЬНОЇ РОБОТИ

Студенти денної форми навчання в процесі самостійного вивчення дисципліни виконують індивідуальну роботу, яка включає вирішення задачі 1 згідно з варіантом.

Студенти заочної форми навчання в процесі самостійного вивчення дисципліни виконують контрольну роботу, яка включає вирішення задач 1, 2, 3 згідно з варіантом.

Номер варіанту кожної задачі визначається останньою цифрою шифру залікової книжки і вибирається у відповідності з таблицею, яка наведена в кожній задачі.

При виконанні індивідуальної та контрольної роботи студенти можуть користуватися не тільки літературою, що рекомендована, але і будь-якою доступною навчальною і технічною.

4.1 Задача 1

Визначити власну частоту резистора C2-33 при коливанні його в площині XOZ – вздовж осі Z за наступними даними: маса резистора m , діаметр виводів резистора d , довжина виводів до місця сгинання або кріплення a , b , відстань між точками кріплення резистора L . Модуль пружності $E = 1,2 \cdot 10^{11}$ н/м². Варіанти

установки резистора на платі та його розрахункові моделі наведені на рис. 4.1. Вихідні дані для розрахунку наведені в табл. 4.1.

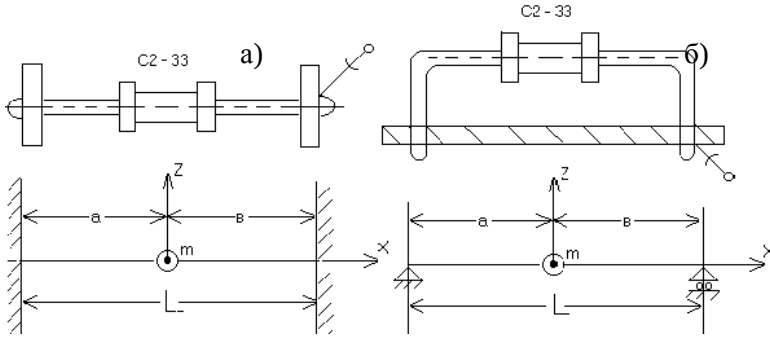


Рисунок 4.1 – Резистор на платі та його розрахункова модель

Таблиця 4.1 – Варіанти вхідних даних для розрахунку власної частоти резистора

Варіант №	Варіант установки	m , г	d , мм	$a = b$, мм
1	а	5	1,0	10
2	а	2	0,8	8
3	а	1	0,8	5
4	а	0,25	0,6	3
5	а	0,25	0,6	2
6	б	5	1,0	6
7	б	2	0,8	8
8	б	1	0,8	5
9	б	0,25	0,6	3
0	б	0,25	0,6	2

При розв'язанні цієї задачі необхідно звернутися до [2], с. 42-45.

4.2 Задача 2

Випробувалось 10000 інтегральних мікросхем, кількість відмов $\Delta n(t)$ яких фіксувались через кожні 100 годин іспитів. Побудувати гістограму і визначити закон розподілення відмов електронних приладів, інтенсивність відмов та частоту відмов; накреслити графіки залежності їх від часу.

Вихідні дані для розрахунку наведені в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Вихідні дані для розрахунку параметрів надійності

№ іспиту	Δt	$\Delta n(t)$	$p(t)$	$\lambda(t)$	$\alpha(t)$
1	2	3	4	5	6
1	100	50+k			
2	200	40+k			
3	300	32+k			
4	400	25+k			
5	500	20+k			
6	600	17+k			
7	700	16+k			

8	800	$16+k$			
9	900	$15+k$			

Продовження табл. 4.2

10	1000	$14+k$			
11	1100	$15+k$			
12	1200	$14+k$			
13	1300	$14+k$			
14	1400	$13+k$			
15	1500	$14+k$			
16	1600	$13+k$			
17	1700	$13+k$			
18	1800	$13+k$			
19	1900	$14+k$			
20	2000	$12+k$			
21	2100	$12+k$			
22	2200	$13+k$			
23	2300	$12+k$			
24	2400	$13+k$			
25	2500	$14+k$			
26	2600	$16+k$			
27	2700	$20+k$			
28	2800	$25+k$			
29	2900	$30+k$			
30	3000	$40+k$			

K – остання цифра шифру залікової книжки. При розв’язанні цієї задачі необхідно звернутися до [4], с. 137 – 147; [5], с. 93 – 101.

4.3 Задача 3

Досліджувана невідновлювана система має експоненціальне розподілення напрацювання на відмову. Необхідно визначити середнє напрацювання системи на відмову $t_{ср}$ при умові, що імовірність її безвідмовної роботи була не менш $p(t)$ протягом t годин.

Вихідні дані для розрахунку наведені в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Вихідні дані для розрахунку

№ варіанту	0	1	2	3	4
$p(t)$	0,999	0,998	0,997	0,996	0,995
t , год.	500	600	700	800	1000
№ варіанту	5	6	7	8	9
$p(t)$	0,994	0,993	0,992	0,991	0,99
t , год.	800	700	600	500	400

При розв’язанні цієї задачі необхідно звернутися до [5], с. 97 – 100.

ЛІТЕРАТУРА

Базова

1. Дульнев Г.Н. Тепло-массообмен в радиоэлектронной аппаратуре.– М.: Высш.Шк., 1984 – 247 с.
2. Токарев М.Ф., Талицкий Е.Н., Фролов В.А. Механические воздействия и защита электронной аппаратуры/ под ред. В.А. Фролова – М.: Радио и связь, 1984 – 224 с.
3. Кофанов Ю.Н. Теоретические основы конструирования, технологии и надежности радиоэлектронных средств. – М.: Радио и связь, 1991 – 360 с.
4. Конструирование экранов и СВЧ устройств. Учебное пособие для ВУЗов /под ред. А.М. Чернушенко. – М.: Радио и связь, 1983 – 400 с.

Допоміжна

5. Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи. – М.: Энергия, 1973 – 320 с.
6. Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвеев В.В., Справочник по сопротивлению материалов/ под ред. Г.С. Писаренко. – Киев: Наук. думка, 1988 – 736 с.

7. Львович Я.Е., Фролов В.Н. Теоретические основы конструирования, технологии и надежности. – М.: Радио и связь, 1986 – 192 с.

8. Яншин А.А. Теоретические основы конструирования, технологии и надежности ЭВА. – М.: Радио и связь, 1983 – 312 с.

9. Яншин А.А. Конструирование микроблоков с общей герметизацией. – М.: Радио и связь, 1985 – 100 с.