

# АКУСТИЧНА ТЕХНІКА

В.С. Дідковський, С.М. Порошин, О.Г. Лейко,  
А.О. Лейко, О.І. Дрозденко

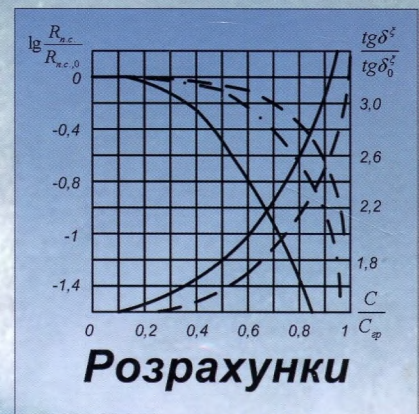
## КОНСТРУЮВАННЯ ЕЛЕКТРОАКУСТИЧНИХ ПРИЛАДІВ І СИСТЕМ ДЛЯ МУЛЬТИМЕДІЙНИХ АКУСТИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

$$\sigma_m = k_{\text{дин}} \frac{f_p}{f} \sqrt{W_{\text{пит}}} \sqrt{\frac{2(\rho c)_k^2}{\alpha(\rho c)_c}}$$

$$T(x, t) = T_{\infty}(x) + \sum_{i=1}^{\infty} A_i X_i(x) e^{-m_i^2 t}$$

$$C_2(x, t) = \left( A_1 \cos \sqrt{\frac{\lambda}{D}} \cdot x + B_1 \sin \sqrt{\frac{\lambda}{D}} \cdot x \right) e^{-\lambda t}$$

**Аналітика**



---

БІБЛІОТЕКА АКУСТИКА  
СЕРІЯ ЗАСНОВАНА У 2000 РОЦІ

---

АКУСТИЧНА ТЕХНІКА

---

ЗІБРАННЯ ТВОРІВ У 15 ТОМАХ  
Під загальною редакцією професора Дідковського В.С.

---

Редакційна колегія "Бібліотеки акустика"  
Бабаєв А. Е., Вовк І. В., Грінченко В. Т., Дідковський В. С., Кубенко  
В. Д., Лейко О. Г., Мелешко В. В., Савін В. Г., Селезов І. Т., Улітко А. Ф.

Україна, 03056, м. Київ, пр. Перемоги, 39, НТУУ "КПІ"

БІБЛІОТЕКА АКУСТИКА  
СЕРІЯ ЗАСНОВАНА У 2000 РОЦІ

---

В. С. Дідковський, С. М. Порошин, О. Г. Лейко, А. О. Лейко,  
О. І. Дрозденко

Конструювання електроакустичних приладів і систем  
для мультимедійних акустичних технологій

---

Навчальний посібник

Рекомендовано Міністерством освіти і науки, молоді та спорту України як  
навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів.

Рішення № 1/11 - 11632 від 16.07.2012

Присвячується 50-річчю з дня  
заснування факультету  
електроніки НТУУ "КПІ"

ТОМ **14**

Київ 2013

ББК 32.875  
УДК 681.883.67

Серія "БІБЛІОТЕКА АКУСТИКА"  
Акустична техніка. Т. **14**

Д 44 Дідковський В. С., Порошин С. М., Лейко О. Г., Лейко А. О., Дрозденко О. І.  
Конструювання електроакустичних приладів і систем для мультимедійних  
акустичних технологій. Навчальний посібник. —

**ISBN 966-8861-43-4**

Узагальнені сучасні методологічні підходи до конструювання електроакустичних приладів та систем для мультимедійних акустичних технологій. Для типових видів електроакустичних приладів, призначених для технічного забезпечення практичної реалізації акустичних технологій в трьох середовищах - газах, рідинах та твердих тілах, викладено суть, особливості і розвиток найпоширеніших методів їх конструювання. Наведені аналітичні співвідношення, які дозволяють виконати розрахункову оцінку відповідності розроблюваних конструкцій механічним, електричним та тепловим вимогам до них на різних етапах проектування приладів. Значна увага приділена якісному та кількісному аналізу впливу можливих конструкційних рішень на електроакустичні параметри розроблюваних електроакустичних приладів та систем.

Для інженерно-наукових працівників, студентів і аспірантів, які спеціалізуються в галузі практичного застосування акустики в різних природних та штучних середовищах.

Рецензенти:

**В. Г. Савін**, д-р техн. наук, професор, зав. кафедрою теоретичної та прикладної механіки НТУУ "КПІ"

**М. Ю. Артеменко**, д-р техн. наук, професор, зав. кафедрою телекомунікаційних технологій, ДУІКТ

**В. М. Шарапов**, д-р техн. наук, професор, зав. кафедрою комп'ютеризованих і інформаційних технологій у приладобудуванні, ЧДТУ

**ISBN 966-8861-43-4**

## ЗМІСТ

Передмова.....	7
Вступ.....	9
<b>Розділ 1. Вимоги і підходи до конструювання електроакустичної апаратури для мультимедійних акустичних технологій.....</b>	<b>11</b>
Глава 1. Загальні поняття про мультимедійні акустичні технології та технічні засоби їх реалізації.....	11
1.1. Мультимедійні акустичні технології.....	11
1.2. Практичне застосування мультимедійних акустичних технологій.....	13
1.3. Технічні засоби реалізації мультимедійних акустичних технологій.....	20
1.4. Електроакустична апаратура для акустичних технологій, які реалізуються в газових середовищах.....	24
1.5. Електроакустична апаратура для акустичних технологій, які реалізуються в рідинних середовищах.....	30
1.6. Електроакустична апаратура для акустичних технологій, призначених для роботи з твердими середовищами.....	39
Питання для самоконтролю.....	45
Глава 2. Конструкційно-технологічні та експлуатаційні вимоги до електроакустичної апаратури різного призначення для мультимедійних акустичних технологій.....	46
2.1. Вимоги загального характеру.....	46
2.2. Експлуатаційні навантаження і вимоги до конструктивно-технологічного забезпечення їх реалізації.....	48
2.2.1. Кліматичні дії обумовлені температурою, вологістю та домішками в повітрі.....	48
2.2.2. Механічні дії, удароно-вібраційні навантаження та статичний тиск.....	49
2.2.3. Вплив іонізуючих випромінювань.....	49
2.3. Навантаження і вимоги, які створюються режимом випромінювання звуку та можливі конструкторсько-технологічні шляхи їх реалізації.....	55
2.4. Технологічні вимоги та технологічність конструкцій.....	59
Питання для самоконтролю.....	62
Глава 3. Загальні і спеціальні питання розробки і постановки на виробництво нових конструкцій електроакустичної апаратури.....	63
3.1. Технічне конструювання. Етапи життєвого циклу нових конструкцій.....	63
3.2. Особливості креслярського способу конструювання.....	64
3.3. Сучасні методи технічного конструювання.....	66
3.3.1. Стратегія конструювання.....	67
3.3.2. Сучасні методи конструювання.....	69
3.3.3. Принципи конструювання та методи їх реалізації.....	70
3.4. Основні стадії розробки конструкторської документації.....	71
3.5. Комплекси державних стандартів і рекомендацій ЄСКД і ЄСТД.....	73
3.5.1. Єдина система конструкторської документації (ЄСКД).....	73
3.5.2. Єдина система технологічної документації (ЄСТД).....	76
3.6. Види і комплектність конструкторських і технологічних документів.....	77
3.6.1. Види конструкторських документів.....	77
3.6.2. Комплектність конструкторських документів.....	81
3.6.3. Основна технологічна документація.....	81
Питання для самоконтролю.....	83

**Розділ 2. Конструкторське забезпечення розробки, виготовлення та експлуатації електроакустичної апаратури для мультимедійних акустичних технологій..... 84**

Глава 4. Основні експлуатаційні навантаження та підходи до їх вирішення при конструюванні сучасних електроакустичних приладів та їх вузлів.....	84
4.1. Сучасні підходи до конструювання електроакустичних приладів різних типів.....	84
4.2. Зовнішній статичний тиск і конструкторські способи нейтралізації його впливу.....	87
4.3. Довготривала механічна міцність конструкцій електроакустичних приладів і конструкторські рішення щодо її забезпечення.....	94
4.4. Довготривала електрична міцність конструкцій електроакустичних приладів і конструкторські рішення щодо її забезпечення.....	104
Питання для самоконтролю.....	116
Глава 5. Конструктивні схеми побудови та особливості конструювання елементів електроакустичної апаратури для роботи в рідинних середовищах.....	117
5.1. Конструктивні схеми побудови електроакустичної апаратури та її елементів для рідини.....	117
5.2. Конструктивні схеми побудови і особливості конструкцій електроакустичних антен для роботи в рідині.....	117
5.2.1. Дискретні антенні решітки.....	124
5.2.2. Конструктивно сумісні антенні системи.....	127
5.2.3. Антенні решітки з трансформацією їх розмірів та форми.....	132
5.3. Акустичні екрани і особливості їх конструювання.....	139
5.3.1. Основні види екрануючих матеріалів.....	141
5.3.2. Сучасні підходи до конструювання акустичних екранів.....	144
5.4. Обтічники конструкцій електроакустичних антен і особливості їх конструювання.....	151
5.5. Особливості конструювання елементів конструкцій електроакустичних приладів, що працюють у рідині.....	156
5.5.1. Електричні лінії комунікацій.....	156
5.5.2. Компенсатори тиску.....	157
5.5.3. Елементи механічних розв'язок.....	158
5.5.4. Елементи ущільнення.....	161
Питання для самоконтролю.....	161
Глава 6. Конструктивні схеми побудови та особливості конструювання електроакустичних перетворювачів для рідини.....	163
6.1. Загальні положення.....	163
6.2. Активні матеріали для електроакустичних перетворювачів.....	163
6.3. Особливості конструювання циліндричних перетворювачів.....	166
6.4. Особливості конструювання стержньових перетворювачів.....	181
6.5. Особливості конструювання пластинчастих перетворювачів.....	189
Питання для самоконтролю.....	201
Глава 7. Конструктивні схеми побудови і особливості конструювання електроакустичних приладів для акустичних технологій, що використовуються в газових середовищах і при роботі з твердими середовищами.....	202
7.1. Загальні вимоги і особливості конструювання електроакустичних перетворювачів для роботи в газових середовищах і з твердими середовищами.....	202
7.2. Типові конструктивні схеми побудови і особливості конструювання п'єзокерамічних перетворювачів для контрольно-вимірювальної електроакустичної апаратури.....	204
7.2.1. Тримачі п'єзоелементів та корпуси перетворювачів.....	204
7.2.2. Перехідні шари між п'єзоелементом та робочим середовищем.....	206

7.2.3. Демпфери.....	206
7.3. Типові конструктивні схеми побудови і особливості конструювання перетворювачів для приладів і систем неруйнівного контролю.....	212
7.4. Особливості конструювання електроакустичних перетворювачів спеціального призначення.....	216
7.5. Типові конструктивні схеми побудови і особливості конструювання перетворювачів з концентраторами акустичної енергії.....	219
Питання для самоконтролю.....	221
 Глава 8. Конструктивні схеми і конструкторсько-технологічні особливості електронних трактів електроакустичної апаратури.....	222
8.1. Загальні вимоги до конструкцій електронних трактів електроакустичної апаратури.....	222
8.2. Принципи конструювання електронних трактів електроакустичної апаратури.....	223
8.3. Розрахункове забезпечення розробки конструкцій електронних трактів електроакустичної апаратури.....	227
Питання для самоконтролю.....	232
 <b>Розділ 3. Розрахункове забезпечення конструювання електроакустичних приладів.....</b>	<b>233</b>
 Глава 9. Методи розрахунку механічної міцності конструкцій електроакустичних приладів різного виду і призначення.....	233
9.1. Загальні положення.....	233
9.2. Механічні статичні напруження, що створюються в конструкціях зовнішнім тиском.....	234
9.3. Механічні динамічні напруження, які виникають при коливаннях активних елементів електроакустичних приладів.....	240
9.4. Механічні напруження, які створюються в активних елементах електроакустичних приладів при їх зміцнюванні.....	248
9.5. Практичне застосування методик розрахунків механічної міцності конструкцій електроакустичних приладів.....	256
Питання для самоконтролю.....	261
 Глава 10. Методи розрахунку електричної міцності конструкцій електроакустичних приладів різного виду і призначення.....	263
10.1. Загальні положення.....	263
10.2. Електрична міцність конструкцій випромінюючих електроакустичних приладів, обумовлена дією збуджуючих електричних напруг.....	265
10.3. Електрична міцність конструкцій електроакустичних приладів, обумовлена дією зволоження їх електричної ізоляції.....	276
Питання для самоконтролю.....	279
 Глава 11. Методи розрахунку теплової міцності конструкцій електроакустичних приладів.....	280
11.1. Загальні положення.....	280
11.2. Методи розрахункової оцінки температури розігріву конструкцій електроакустичних приладів.....	281
11.3. Температурні напруження, які виникають при виготовленні і експлуатації конструкцій електроакустичних приладів, та методи їх розрахунків.....	287
Питання для самоконтролю.....	297

Глава 12. Методи розрахунку герметичності конструкцій електроакустичних приладів, призначених для роботи в рідинах.....	298
12.1. Загальні положення.....	298
12.2. Розрахунки вологостійкості активних елементів в конструкціях електроакустичних приладів.....	300
12.3. Розрахунки дифузії рідини крізь елементи герметизації конструкцій електроакустичних приладів.....	305
12.4. Методики розрахунків герметичності конструкцій електроакустичних приладів різних типів.....	313
12.5. Методи розрахунків концентрації парів рідини в конструкціях електроакустичних приладів різних типів.....	322
Питання для самоконтролю.....	338
Глава 13. Методи розрахункової оцінки впливу елементів конструкцій, процесів виготовлення та умов експлуатації на параметри електроакустичних приладів.....	339
13.1. Загальні положення.....	339
13.2. Метод розрахункової оцінки впливу елементів конструкцій.....	344
13.2.1. Круговий циліндричний перетворювач силової конструкції.....	344
13.2.2. Круговий циліндричний перетворювач компенсованої конструкції.....	348
13.2.3. Пластинчастий перетворювач компенсованої конструкції.....	353
13.3. Метод розрахункової оцінки впливу розмірів деталей конструкцій та характеристик конструкційних матеріалів на параметри електроакустичних приладів.....	355
13.4. Метод розрахункової оцінки механічних втрат електроакустичних приладів.....	361
13.5. Метод розрахункової оцінки впливу умов виготовлення і експлуатації конструкцій на параметри активних елементів електроакустичних приладів.....	366
13.6. Метод розрахункової оцінки впливу технології виготовлення конструкцій на параметри електроакустичних приладів.....	371
13.7. Метод розрахункової оцінки впливу наявності акустичних екранів у складі конструкцій електроакустичних приладів на їх параметри.....	377
13.8. Метод розрахункової оцінки впливу зволоження ізоляції конструкції активного елемента на ефективність електроакустичного приладу.....	380
Питання для самоконтролю.....	383
Післямова .....	384
Література.....	386