

**ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ НАФТИ І ГАЗУ**

**На правах рукопису**

**ВАЩИШАК СЕРГІЙ ПЕТРОВИЧ**

**РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО  
КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОДИНАМІЧНИХ  
ВИПРОМІНЮВАЧІВ ЗВУКУ**

**05.11.13.**

**- Прилади і методи контролю та захисту  
навколишнього середовища, речовин  
матеріалів та виробів**

**АВТОРЕФЕРАТ**

**дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук**

**Івано-Франківськ - 1996**



00752629 (V)

Дисертація є рукопис

Робота виконана в Івано-Франківському державному технічному університеті нафти і газу на кафедрі методів та приладів контролю якості

Науковий керівник - кандидат технічних наук, професор  
**ЧЕХОВСЬКИЙ** Степан Андрійович

Офіційні опоненти:

1. Доктор фізико-математичних наук, професор  
**ОСТАФІЙЧУК** Богдан Константинович
2. Кандидат технічних наук, доцент  
**ДОБРОВ** Євген Євгенович

Провідна організація: державний науково-дослідний інститут метрології вимірювальних і управляючих систем (ДНДІ "Система") м.Львів

Захист відбудеться "26" вересня 1996 р. о 14<sup>00</sup> год. на засіданні спеціалізованої вченої ради К 09.02.03. при Івано-Франківському державному технічному університеті нафти і газу за адресою 284018, Україна, м.Івано-Франківськ, вул. Карпатська 15.

З дисертацією можна ознайомитись в науково-технічній бібліотеці університету (284018, м.Івано-Франківськ, вул. Карпатська 15)

Автореферат розісланий "22" серпня 1996 р.

Вчений секретар спеціалізованої  
вченої ради

М.М.Дранчук

## **ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ**

### **Актуальність і ступінь дослідженості тематики дисертації.**

В сучасних акустичних системах для високоякісного звуковідтворення використовуються різнотипні вузькосмугові випромінюючі головки. Кількість електродинамічних випромінювачів звуку (ЕВЗ) становить близько 80% від загальної кількості гучномовців, що пояснюється їх невисокою вартістю та достатньо високими акустичними характеристиками. В процесі виробництва, виготовлення та експлуатації цих виробів встановлено, що при роботі ЕВЗ на частотах 600-3000 Гц найбільш несприятливими для слуху людини дефектами, які виникають в ЕВЗ є призвук і деренчання. Існуючі методи забезпечують достатню точність контролю цих дефектів, однак вимагають значних витрат часу. Застосування кожного з цих методів для контролю випромінювачів різних типів потребує постійного переналаштовування вимірювальної апаратури, що створює значні незручності при масовому контролі великої кількості ЕВЗ. В умовах масового виробництва гучномовців можуть виникати незначні відхилення від технології виготовлення чи складання окремих вузлів ЕВЗ, які не створюють безпосереднього дефекту, але з часом можуть призвести до його виникнення. Існуючі методи не дають змоги прогнозувати виникнення дефектів такого типу з достатньою точністю та вірогідністю. Вищенаведені твердження вказують на необхідність створення методів та пристроїв, які дозволяли б з високою швидкістю та точністю здійснювати в автоматичному режимі контроль якості ЕВЗ в умовах їх масового виробництва.

**Мета і задачі досліджень.** Метою роботи є розробка та дослідження системи автоматизованого контролю якості електродинамічних випромінювачів звуку. Досягнення поставленої мети вимагає вирішення наступних задач:

- 1) дослідити вплив дефектів гучномовців на зміну форми акустичного відгуку при імпульсному збудженні;
- 2) розробити математичну модель звукозаглушеної камери малого об'єму для здійснення акустичних вимірювань;
- 3) розробити метод для швидкого встановлення типу

досліджуваного електродинамічного гучномовця в залежності від трьох його параметрів (смуги відтворюваних частот, струму в звуковій катушці, магнітної індукції) та пристрій для його реалізації;

4) розробити, виготовити, дослідити та випробувати систему для автоматизованого контролю якості електродинамічних випромінювачів звуку.

**Наукова новизна** отриманих результатів визначається наступними основними положеннями:

1) розроблено модифікований метод імпульсного контролю на основі Фур'є аналізу відгуку гучномовця. Це дозволяє встановити найбільш інформативні гармоніки і синтезувати з них вхідний тестуючий імпульс;

2) розроблено математичну модель акустичної камери для реалізації умов вільного поля в напівпросторі;

3) розроблено метод встановлення типу гучномовця в залежності від трьох його параметрів;

4) розроблено принципи побудови нових типів випромінювачів, які дають можливість проектувати високопотужні гучномовці для високоякісних акустичних систем з відносно невеликим внутрішнім об'ємом.

**Теоретична і практична цінність роботи** полягає в розробці:

1) пристрою для встановлення типу гучномовця, що дозволяє за час 5...6с автоматично встановлювати тип вузькосмугового електродинамічного випромінювача потужністю від 1 до 100 Вт з достовірністю 95%;

2) системи автоматизованого контролю якості ЕВЗ;

3) методики метрологічного аналізу системи автоматизованого контролю якості ЕВЗ;

4) конструкції здвоєного електродинамічного низькочастотного гучномовця.

**Рівень реалізації роботи.** Наукові результати роботи реалізовані при розробці і виготовленні системи контролю якості ЕВЗ, яка пройшла випробування в цехових та лабораторних умовах виробничого об'єднання "Карпати" (м. Івано-Франківськ).

Результати наукових досліджень використовуються в навчальному процесі на кафедрі методів та приладів контролю якості ІФДТУНГ.

**Публікації та апробація роботи.** За матеріалами дисертації опубліковано 8 праць. Основні результати роботи доповідались

і обговорювались на конференціях "Контроль і управління в технічних системах" (Вінниця, 1995 р.) та "Автоматика - 95" (Львів, 1995 р.), наукових семінарах кафедри методів та приладів контролю якості (1993, 1994, 1995, 1996 р.), на науково-технічних конференціях професорсько-викладацького складу Івано-Франківського державного технічного університету нафти і газу (1994, 1995, 1996 р.).

**Структура та обсяг роботи.** Дисертація складається із вступу, п'яти розділів і висновків, викладених на 124 стор. машинописного тексту, 42 рисунків, списку використаної літератури із 91 найменування і додатків.

**На захист виносяться такі наукові положення:**

- 1) методика вибору тестуючого імпульсу для контролю якості гучномовців,
- 2) методика розробки та розрахунку акустичних камер малого об'єму під заданий діапазон потужностей гучномовців,
- 3) методика встановлення типу вузькосмугових ЕВЗ в залежності від трьох їхніх параметрів,
- 4) принципи схемні і конструктивні рішення, що закладені в основу вузлів системи автоматизованого контролю якості гучномовців.
- 5) методика метрологічних досліджень системи контролю якості ЕВЗ.

**Особистий внесок автора.**

Автор брав безпосередню участь в проведенні лабораторних експериментів, виконував обробку і аналіз результатів досліджень по вивченню впливу імпульсного збудження на оцінку якості гучномовців.

1. Розроблено принципи проектування звукомірних акустичних камер малого об'єму [3,6].
2. Здійснено розробку системи для автоматизованого контролю якості гучномовців [2].
3. Приведена методика метрологічного аналізу системи контролю якості [4,8].
4. Здійснено розробку та дослідження методу встановлення типу електродинамічного гучномовця [5].
5. Запропоновано принципи побудови та конструкцію здвоєних низькочастотних гучномовців [1,7].

**ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

**У вступі** обґрунтована актуальність теми дисертації,

ЛНБ ім. В. Стефаника  
АН України

сформульована мета і задачі роботи, її наукова новизна та практична цінність.

**В першому розділі** подана характеристика об'єкта контролю, обґрунтована необхідність вимірювання параметрів гучномовців, виконаний аналіз існуючих методів контролю характеристик ЕВЗ, показана доцільність модифікації імпульсного методу контролю, яка забезпечувала б проведення вимірювань з високою швидкістю і точністю, поставлені задачі даної роботи.

Об'єктом контролю є електродинамічні вузькосмугові випромінювачі звуку прямого випромінювання з діапазоном потужності від одиниць до ста Вт, які використовуються в акустичних системах першого та вищого класів. Оскільки ЕВЗ є електромеханоакустичним перетворювачем, то, як об'єкт контролю, він характеризується значною складністю, що зумовлена впливом багатьох взаємопов'язаних параметрів на його характеристики.

Проведений аналіз існуючих методів для визначення характеристик та параметрів гучномовців показав, що для повної оцінки якості ЕВЗ потрібна значна кількість вимірювань та великий час для їх проведення. Внаслідок цього, повна оцінка якості здійснюється тільки для взірцевих випромінювачів, а основна маса гучномовців проходить контроль за кількома параметрами. Найменш чутливими та найбільш інформативними з усіх існуючих є імпульсні методи контролю, які полягають в аналізі сигналу відгуку, що несе значну кількість інформації про стан об'єкту. Аналіз спотворень форми імпульсної характеристики дає інформацію про сумарні спотворення часової структури тестового сигналу гучномовця. На основі Фур'є розкладу та перетворення Вігнера будуються фазові та кумулятивні спектри. Аналіз таких спектрів дає інформацію про характер перехідного процесу на будь-якій частоті у визначений момент часу, дозволяє оцінити вклад окремих резонансних частот і їх взаємний вплив на характер перехідного процесу, а звідти розрахувати амплітудо-частотну характеристику гучномовців. Ці методи дозволяють здійснювати оцінку таких характеристик гучномовця, як групова затримка, нерівномірність огибаючої спектра, кількість резонансів мембрани в задані проміжки часу та ін. Однак вимірювання з застосуванням такої спектральної обробки проводяться на протязі доволі тривалого часу і

вимагають значного об'єму обчислень. Тому вони використовуються тільки на стадії проектуванні гучномовців. В зв'язку з цим виникає необхідність в розробці модифікованого методу, який би забезпечував контроль якості гучномовців за основними видами дефектів з високою швидкістю і точністю. В результаті аналізу літературних джерел було встановлено, що найбільш придатними для вдосконалення є імпульсні методи контролю якості ЕВЗ, які дозволяють визначити і реалізувати оптимальну форму тестуючого сигналу. Крім того, незначна складність в реалізації дозволяє створити на їх основі систему, яка б забезпечувала проведення вимірювань в автоматичному режимі.

**В другому розділі** викладено методику та результати проведення експериментальних досліджень по встановленню різних типів дефектів гучномовців. Розкрито суть модифікованого імпульсного методу вимірювань та синтезу на його основі оптимальної форми тестуючого сигналу.

Суть модифікації методу полягає в оцінці характеру дефекту ЕВЗ по формі сигналу відгуку на імпульсне збудження. При цьому форма тестового сигналу синтезується на основі інформації про частотні складові енергетичного спектру сигналу відгуку, зміна амплітуди яких найбільше корелює з наявністю конкретного типу дефекту ЕВЗ.

Обробка результатів експериментальних досліджень проводилась на основі методів дисперсійного аналізу. Це дало можливість встановити найбільш інформативні гармоніки для класифікації гучномовців за дефектами призвуку та деренчання.

На основі проведених досліджень встановлено, що форма тестуючого імпульсу для дефектоскопії гучномовців може бути визначена з аналізу спектральних складових акустичного відгуку ЕВЗ на імпульсний електричний сигнал.

Процес відтворення звуку гучномовцем можна представити як деякий оператор перетворення множини спектрів електричного сигналу  $S_e$  в множини спектрів акустичного сигналу  $S_a$ :

$$S_a = \alpha(S_e) \quad (1)$$

де,  $\alpha$ - оператор перетворення.

В першому наближенні  $\alpha$  може бути представлений деяким лінійним оператором. Множини спектрів представляються, як

матриці, що мають розмірності  $n \times 3$  для електричного та  $m \times 3$  для акустичного сигналів:

$$\overline{A}_{m \times n} \overline{S}_{e_{n \times 3}} = \overline{S}_{a_{m \times 3}} \quad (2)$$

де,  $\overline{A}_{m \times n}$  - прямокутна матриця лінійного оператора перетворення розмірністю  $m \times n$ ;

$m$  та  $n$  - кількість складових акустичного та електричного спектрів сигналів.

У виразі (2) цифра 3 в розмірності матриць означає, що перший стовбчик матриці - це частота, другий - амплітуда, третій - фаза сигналу. Оскільки матриця оператора перетворення є прямокутною, то для отримання оператора зворотного перетворення використовується метод псевдообертання прямокутної матриці. Згідно з цим спектральна характеристика тестового електричного сигналу в Фур'є просторі для дефектоскопії гучномовців визначиться з виразу:

$$\widetilde{S}_{e_{m \times n}} = \widetilde{A}^+ \cdot \overline{S}_{a_{m \times n}} \quad (3)$$

де,  $\overline{S}_{a_{m \times n}}$  - матриця спектрів розрахованого акустичного сигналу;

$\widetilde{S}_{e_{m \times n}}$  - спектральна оцінка електричного тестового сигналу;

$\widetilde{A}^+$  - псевдообернена матриця до матриці лінійного оператора перетворення  $A$ .

Оскільки спектри електричних та акустичних сигналів нам відомі, то розрахунок оцінки оператора перетворення можна подати у виді:

$$A = S_a \cdot S_e^+ \quad (4)$$

де,  $S_e^+$  - псевдообернена матриця до матриці спектру електричного сигналу.

У випадку суттєвої нелінійності  $\alpha$  він представляється у виді множини кількох лінійних операторів:

$$\overline{A}_i \overline{S}_e = \bigcup_{i=1}^N \overline{S}_{a_i} \quad (5)$$

де,  $N$  - кількість лінійних операторів.

При використанні кусочно-лінійної апроксимації спектру акустичного сигналу впорядковується по частоті, діапазон частот розбивається на  $N$  інтервалів, для кожного з яких оператором перетворення є матриця розмірністю  $m \times 3$ , а форма електричного тестового сигналу визначиться зі спектру:

$$\tilde{S}_{e_{\text{mescm}}} = \bigcup_{i=1}^N \tilde{A}_i \tilde{S}_{a_{\text{mescm}}} \quad (6)$$

**Третій розділ** присвячений розробці звукомірної звукозаглушеної камери, конструкція якої забезпечувала б виконання умов вільного поля в напівпросторі при проведенні акустичних досліджень гучномовців. Розроблена математична модель звукомірної камери, яка дозволяє проектувати камери малого об'єму під заданий діапазон потужностей електродинамічних гучномовців.

Для розробки математичної моделі акустичної камери були поетапно розв'язані такі основні задачі:

1) проаналізовано існуючі види акустичних камер та заглушених боксів, вказано їх переваги та недоліки, визначено напрямок подальших досліджень;

2) обґрунтовано вибір сферичної форми акустичної камери;

3) розглянуто механізм дії звукопоглинаючих матеріалів;

4) розраховано процеси відбивання і розсіювання звукових хвиль та відношення їх інтенсивностей при різних параметрах акустичних розсіювачів, якими викладена внутрішня поверхня камери.

В основу математичного моделювання процесів, що відбуваються в акустичній камері покладено геометричний метод Гюйгенса.

Проведені дослідження дозволили зробити висновок, що оптимальна форма камери - це сфера. На рис.1 зображено розподіл розсіювачів звукової енергії по поверхні сферичної акустичної камери (САК). На поверхні камери знаходиться отвір для кріплення гучномовця (ГМ). Мікрофон (МК) знаходиться всередині САК на акустичній осі ЕВЗ.

Внаслідок того, що гучномовець під час проведення вимірювань розміщується у вхідному отворі САК створювані ним звукові хвилі падають на внутрішню поверхню камери, під різними кутами. У відповідності з цим змінюються

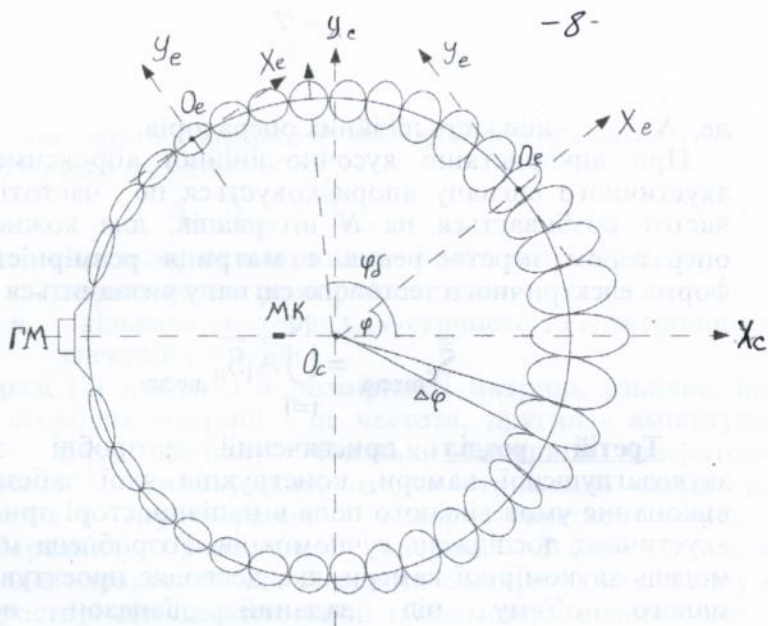


Рис.1. Розподіл розсіювачів звукової енергії по поверхні акустичної камери.

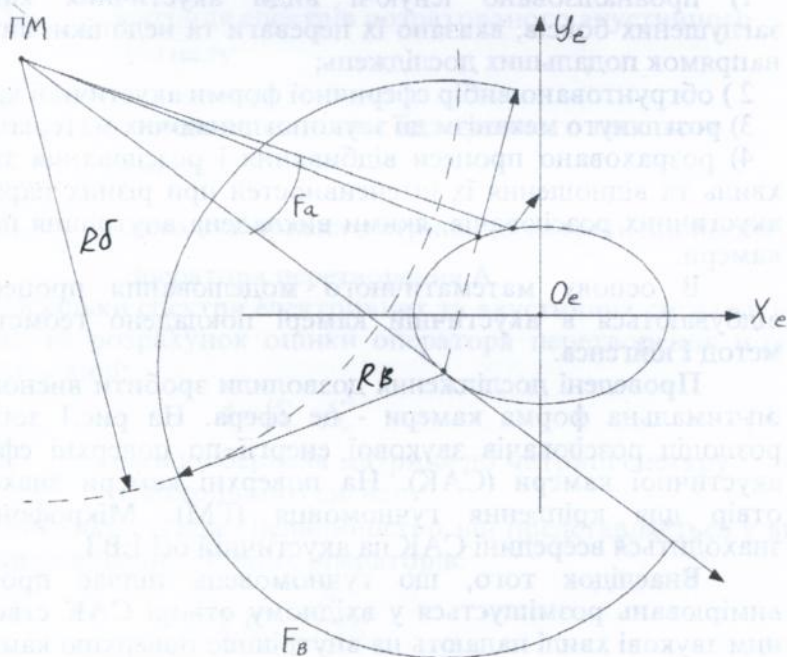


Рис.2. Відношення інтенсивностей відбитої та падаючої звукових хвиль.

поглинальні, відбивальні та розсіювальні властивості її стінки. Максимальне поглинання звуку буде в тому місці стінки САК, де локальна кривизна внутрішньої поверхні звукопоглинаючого матеріалу є максимальною. У відповідності з цим звукопоглинач всередині камери викладений у вигляді акустичних розсіювачів (АР), що мають форму еліпсоїдів, параметри яких змінюються вздовж поверхні камери. Параметрами еліпсоїдів є: ексцентриситет  $e$  (параметр сплюсненості), що визначає локальну кривизну внутрішньої поверхні камери, розмір великої пів осі  $r$  та ступінь висування еліпсоїда всередину камери  $k$ . Ці параметри є функціями від координат розміщення АР і можуть змінюватись вздовж лінії поверхні камери довільним чином. Крім цього, параметрами моделі є: конструктивний радіус камери по повітрю  $R_k$ , відстань між гучномовцем та мікрофоном  $R_6$ , коефіцієнт відбивання для певного типу звукопоглинаючого матеріалу  $K_6$ .

Критерій оптимальності моделі, який враховує взаємний вплив її геометричних та акустичних характеристик може бути представлений у вигляді:

$$I = \delta \left\{ \frac{J_e}{J_n} \right\} + (1 - \delta) \frac{R_6}{L} \quad (7)$$

- де,  $\frac{J_B}{J_n}$  - відношення інтенсивностей відбитої та падаючої звукових хвиль, дБ;  
 $R_6$  - відстань від випромінювача до мікрофона, м;  
 $L$  - середня довжина шляху хвилі гучномовець - звукопоглинач - мікрофон, м;  
 $\delta$  - ваговий коефіцієнт, що враховує ступінь важливості параметру інтенсивності або геометричних розмірів камери.

Знаходження оптимальних параметрів звукомірної камери, таким чином, зводиться до екстремальної задачі мінімізації функціоналу (7) відносно параметрів САК:

$$I_{opt} = \min_p J(P) \quad (8)$$

де,  $p$  - сукупність параметрів камери.

Рівняння (8) вирішується при таких обмеженнях:

$$e \in [0,1] \quad ; R_K > r/2 \leq 15m$$

$$r \in [0, R_K / 5] \quad ; R_G \geq 0.5m$$

$$k \in [0,1] \quad ; \frac{J_B}{J_\Pi} \geq 10dB$$

При розрахунку моделі використовуються дві системи координат.

Глобальна система  $\Sigma_c$  пов'язана з камерою і її центр  $O_c$  знаходиться в центрі САК. Локальна система  $\Sigma_e$  пов'язана з АР і її центр  $O_e$  знаходиться в центрі еліпса. Згідно з рис.2 кут розкриття АР  $\Delta\varphi$  знаходиться як вирішення відносно Z рівняння:

$$F(Z) = 0 \quad (9)$$

$$F(Z) = \begin{cases} Z^2 + (1-e^2) \left[ R_K + r(1-k) - \sqrt{R_K^2 - Z^2} \right]^2 - r^2(1-e^2) & \text{при } \varphi \leq \varphi_6 \\ (1-e^2)Z^2 + \left[ R_K + r(1-k) \sqrt{1-e^2} - \sqrt{R_K^2 - Z^2} \right]^2 - r^2(1-e^2) & \text{при } \varphi > \varphi_6 \end{cases}$$

$$Z = R_K \cdot \sin \frac{\Delta\varphi}{2} \quad (10)$$

де  $\varphi_6$  - кут перевероту осей АР;

$\varphi$  - кут напрямку на вісь АР.

Моделльне (розрахункове) розміщення АР починається від АР, що є діаметрально протилежний гучномовцю і проводиться вздовж сферичної поверхні камери в напрямі до випромінювача. При цьому використовується ітераційна процедура знаходження геометричного місця розміщення наступного АР відносно попередньо розміщеного АР, з використанням формули (9). Процес розміщення АР закінчується з врахуванням технологічного отвору під гучномовець. Розрахунки розміщення АР здійснюються в глобальній системі координат

Внаслідок зміни параметрів АР по поверхні камери їхне освітлення звуковим пучком буде також змінюватись.

Існують три варіанти поведінки звукового променя в зоні освітлення АР акустичною хвилею: 1) коли акустичний промінь падає на лінію перетину АР і внутрішньої поверхні камери, 2) коли промінь проходить по дотичній до поверхні АР, 3) коли

акустичний промінь попадає на границю тіні, яку утворює на поверхні АР суміжний АР.

Поверхня АР, на яку падають акустичні хвилі утворює зону освітлення. В зоні освітлення може існувати певна зона відбившись від якої акустичний промінь попадає на суміжний АР і відбивається назад на попередній АР. Кількаразово відбивання променя утворюють зону затухання. В цій зоні внаслідок багаторазового відбивання променя від двох АР його енергія повністю затухає. Таким чином зона відбиття звукового пучка - це зона освітлення за виключенням зони затухання.

При розрахунку відношення інтенсивностей відбитої та падаючої звукових хвиль (рис.2) використано зону освітлення для променя, який падає на АР, і зону відбиття для променя, що відбивається. Відношення інтенсивностей відбитої та падаючої звукових хвиль знаходиться з виразу:

$$\frac{J_B}{J_{\Pi}} = K_B \frac{F_a}{F_B} \quad (11)$$

- де,  $K_B$  - коефіцієнт відбивання звукового променя;  
 $F_a$  - поверхня частини сфери радіусом  $R_a$ , що обмежена променями, які падають на границю зони освітлення;  
 $F_B$  - поверхня частини сфери радіусом  $R_b$ , обмежена променями, що відбиваються від границі зони відбиття.

Відстань  $R_b$  визначається віддаллю від вершини пучка променів, що відбиваються від АР до мікрофона. Коефіцієнт відбивання знаходиться з виразу:

$$K_B = \frac{1 - \omega_1 / \omega_2}{1 + \omega_1 / \omega_2} \quad (12)$$

- де,  $\omega_1$  та  $\omega_2$  - хвильові опори повітряного середовища та звукопоглинаючого матеріалу відповідно.

Довжина ходу акустичного променя в напрямку випромінювач - АР - мікрофон може бути представлена у виді:

$$L = \sqrt{(Y_d - Y_e)^2 + (X_d - X_e)^2} + \sqrt{(Y_m - Y_e)^2 + (X_m - X_e)^2} \quad (13)$$

де,  $X_d, Y_d$  - координати точки розміщення гучномовця;  
 $X_m, Y_m$  - координати точки розміщення мікрофона;  
 $X_e, Y_e$  - координати точки розміщення АР;

При визначенні числового значення критерію оптимальності площі поверхонь сумуються для всіх АР.

**Четвертий розділ** присвячений розробці методу та пристрою для встановлення типу електродинамічного гучномовця за трьома його параметрами, структурної схеми системи автоматизованого контролю якості та її метрологічному дослідженню. Суть методу встановлення типу гучномовця полягає у вимірюванні акустичного відгуку та струму катушки гучномовця на фіксованій частоті синусоїдального збуджуючого сигналу, а також магнітної індукції магнітної системи гучномовця, після чого з отриманих даних формується код, який несе інформацію про тип досліджуваного пристрою. Даний метод має найбільш доцільне застосування при контролі параметрів вузькосмугових електродинамічних гучномовців для високоякісних акустичних систем. Щоб визначити параметри, за допомогою яких можна охарактеризувати випромінювач певного типу було проведено експериментальні дослідження, обробка результатів яких дозволила встановити три параметри, що характеризують певний тип гучномовця. Ними виявились: смуга частот відтворення, струм звукової катушки та магнітна індукція. Згідно з цим гучномовець можна представити, як об'єкт моделювання з трьома вхідними і одним вихідним параметрами. Загальна формула для визначення стану об'єкта контролю має вигляд:

$$D = \alpha' \cdot \Delta X + \beta' \cdot \Delta Q + \gamma' \cdot \Delta H \quad (14)$$

де  $\Delta X, \Delta Q, \Delta H$  - вхідні параметри;  
 $D$  - вихідний параметр (тип ЕВЗ);  
 $\alpha', \beta', \gamma'$  - припустимі коефіцієнти.

За результатами аналізу даних експериментів методом Брандона та найменших квадратів було отримано формулу, яка визначає тип вузькосмугового електродинамічного гучномовця з достовірністю не менше 95%:

$$U_{\text{від}} = \left( (1 - e^{-1.5 \frac{f}{f_n}}) (0.1334 \sqrt{\frac{P_{\text{ном}}}{2I_k}} + 5.4564 \sqrt{\frac{2I_k}{P_{\text{ном}}}} - 1.322) \right) \cdot B \quad (15)$$

де,  $P_n$  - номінальна потужність гучномовця, Вт;  
 $I_k$  - струм в катушці гучномовця, А;

$f$  - частота сигналу збудження, Гц;

$f_H$  - нижня частота робочого діапазону частот ЕВЗ, Гц;

$B$  - магнітна індукція магнітної системи ЕВЗ, Тл.

В розробленому пристрої, що реалізує наведений метод, частота сигналу збудження становить 130 Гц, а обробка інформації здійснюється в цифровому вигляді за допомогою мікроконтролера.

Структурна схема системи автоматизованого контролю якості була розроблена на основі установки для проведення експериментальних досліджень, і доповнена мікроконтролером обробки та управління, пристроєм індикації, та розробленою акустичною камерою. Функціональна схема системи зображена на рис.3. Система складається з двох основних функціональних вузлів: вхідного та вихідного. До складу вхідного вузла входять: акустична камера 1 з розміщеними в ній досліджуванним гучномовцем 2 та мікрофоном 3, блок програмно керованих генераторів 4, електронний ключ 5, підсилювач потужності 6 та пристрій для автоматичного встановлення типу електродинамічного гучномовця 7. Вихідний вузол містить мікрофонний підсилювач 8, блок аналогових фільтрів 9, електронні ключі 10, 11, аналого-цифровий перетворювач (АЦП) 12, мікроконтролер 13, пристрій індикації 14. При необхідності до вихідного вузла можуть додатково входити аналізатор спектру 15, осцилограф 16, мілівольтметр 17 та магнітофон 18. Управління блоками системи здійснюється мікроконтролером 13. Система може працювати в ручному та автоматичному режимах. Ручний режим роботи використовувався під час проведення експериментальних досліджень.

Метрологічне дослідження розробленої системи було проведене шляхом порівняння з двома незалежними стандартними лабораторними системами для контролю якості гучномовців. Кожна з систем використовувалась для оцінки звукового тиску ЕВЗ у смугах частот, на яких градувальні залежності систем є практично лінійними. Ці залежності пов'язують інформаційний електричний сигнал на виході мікрофонного підсилювача з електричним вхідним сигналом, що подається на зразковий гучномовець в окремих частотних смугах сигналу. Виникнення похибок вимірювань в окремих частотних смугах зумовлено тим, що в широкому частотному діапазоні сигналу вказані градувальні залежності будуть мати

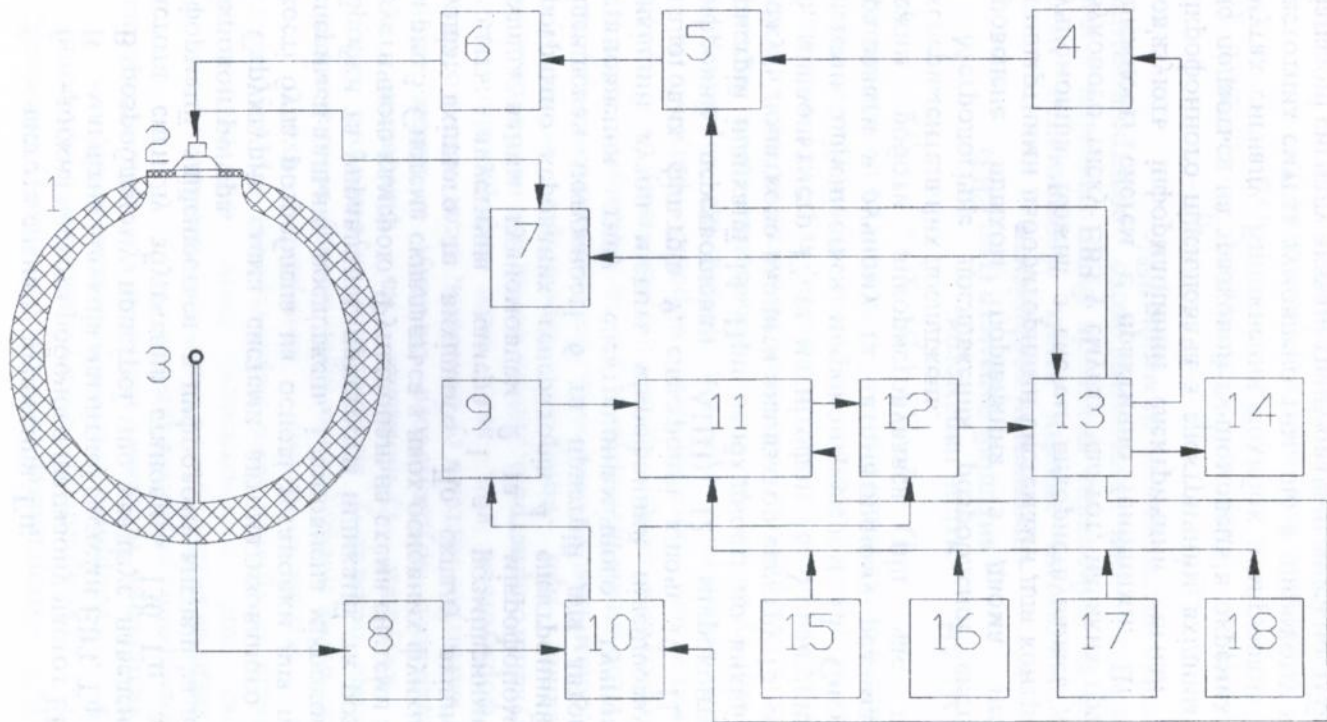


Рис.3. Функціональна схема системи автоматизованого контролю якості ЕВЗ.

суттєво нелінійний характер. Але для окремих ділянок частотних смуг спектра сигналу, ширина яких не перевищує  $1/3$  октави градувальні характеристики будуть мати практично лінійний характер. Здійснені за методом найменших квадратів розрахунки дозволили зробити висновок про те, що похибка вимірювань системи не перевищує 1.5%.

**П'ятий розділ** присвячено конструюванню низькочастотних гучномовців з покращеними акустичними характеристиками.

В даному розділі сформульованото принципи проектування нових типів потужних низькочастотних гучномовців у відповідності до сучасних вимог підвищення якості звуковідтворення акустичних систем. На основі теоретичних та експериментальних даних встановлено недоліки існуючих низько та середньочастотних випромінювачів звуку і вказано шляхи їх виникнення. Згідно з цим запропоновано та розроблено конструкцію нового типу електродинамічного низькочастотного гучномовця із застосуванням зведеної електромеханічної системи, сферичних випромінюючих поверхонь та глибоким демпферуванням рухомої системи.

## ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ

1. Встановлено зв'язок дефектів призвука і деренчання гучномовців при імпульсному збудженні із спектральними складовими тестового сигналу, що дозволило однозначно ідентифікувати дефекти за акустичним відгуком випромінювача.
2. Розроблено математичну модель звукозаглушеної камери малого об'єму, що дало можливість виготовити сферичну акустичну камеру об'ємом 1.1м для здійснення акустичних вимірювань і провести дослідження акустичних відгуків гучномовців на імпульсне збудження в умовах вільного поля в напівпросторі.
3. Розроблено метод встановлення типу досліджуваного електродинамічного гучномовця в залежності від трьох його параметрів, на підставі якого розроблено пристрій, що дозволив підвищити швидкість ідентифікації гучномовців.
4. Розроблено систему для автоматизованого контролю якості електродинамічних випромінювачів звуку, яка дозволяє з точністю 1.5% визначати виробничі дефекти гучномовців і прогнозувати виникнення механічних дефектів в процесі їх

експлуатації.

5. Результати експериментальних досліджень системи контролю якості на стенді і в умовах виробництва підтвердили теоретичні положення і ефективність нового методу контролю якості випромінювачів. Застосування системи контролю дозволить підвищити швидкість перевірки гучномовців в 4-5 разів.

**Основний зміст дисертації відображений в роботах:**

1. Ващишак С.П., Чеховський С.А. Підвищення якісних показників випромінювачів звуку методами демпферування // Тези наук.-техн. конф. проф.-викл. складу інституту нафти і газу.- Івано-Франківськ, 1994.- С.171-172.
2. Ващишак С.П., Чеховський С.А., Микитин О.Т. Система контролю якості електродинамічних випромінювачів звуку // Тези третьої міжнародної наук.-техн. конф. "Контроль і управління в технічних системах".- Вінниця, 1995.
3. Ващишак С.П. Розрахунок та проектування звукомірних камер малого об'єму // Тези наук.-техн. конф. проф. викл. складу університету нафти і газу.- Івано-Франківськ, 1996.
4. Ващишак С.П., Райтер П.М., Чеховський С.А. Метрологічні дослідження системи контролю якості електродинамічних випромінювачів звуку методом порівняльних випробувань // Тези наук.-техн. конф. проф.-викл. складу університету нафти і газу.- Івано-Франківськ, 1996.
5. Чеховський С.А., Ващишак С.П. Автоматична ідентифікація класу електродинамічних випромінювачів звуку // Тези другої української конференції з автоматичного керування "Автоматика - 95".- Львів, 1995.- том 4 С.73.
6. Чеховський С.А., Ващишак С.П., Лютак З.П. Сферична акустична камера для контролю якості випромінювачів звуку //Тези наук.-техн. конф. проф.-викл. складу університету нафти і газу.- Івано-Франківськ, 1995.
7. Позитивне рішення на заявку 95020939 від 28.05.95. Електродинамічний здвоєний низькочастотний гучномовець./ С.П.Ващишак, С.А.Чеховський, П.Н.Райтер, З.П.Лютак.
8. Теоретичні основи створення системи контролю якості електроакустичних випромінювачів звуку методом порівняльних випробувань /Ващишак С.П.; Івано-Франк. держ.техн.ун-т нафти і газу . - Івано-Франківськ, 1996. - 12с. - Укр. - Деп. в ГНТБ України 12.06.96. №1395-Ук96.

Ващишак С.П. Разработка системы автоматизированного контроля качества электродинамических излучателей звука.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 - приборы и методы контроля и защиты окружающей среды, веществ, материалов и изделий. Ивано-Франковский государственный технический университет нефти и газа, Ивано-Франковск, 1996.

Разработано методы и устройства для создания систем контроля качества электродинамических громкоговорителей прямого излучения. Система дает возможность осуществлять дефектоскопию громкоговорителей за их акустическими отзывами на тестовый сигнал специальной формы в условиях свободного поля в полупространстве. Форма сигнала синтезируется на основе полученной информации о интенсивности сигнала отзыва на его информационных частотных составляющих. Произведены метрологический анализ и испытания прибора. Основные результаты работы изложены в 8 публикациях.

Vaschyshak S.P. The Elaboration of the system for automated tests of quality sound radiators.

The thesis for the candidate of technical science degree in speciality 05.11.13 - devices and methods to control environment, substances, materials and products. Ivano-Francivsk, Technical University Oil and Gas, Ivano-Francivsk, 1996.

The methods and devices for creation of quality control system of direct radiations electrodynamical loudspeakers is developed. The system enables to execute flaw direction loudspeakers for their acoustic recalls on test signal of special form in conditions of free field in hemisphere. The form of signal synthesis on basic receipted information about signal strength of recall on its information frequent component. The main result of the thesis are presented in 8 papers.

Ключові слова: гучномовець, акустична камера, система контроль, дефект, призвук, деренчання



438741

А 35480  
АВ 35.480

Підписано до друку 13.08.96 Формат паперу 60×84/16  
Друк, аркушів 1.0 Тираж 80 Зам. 179  
Віддруковано на різнографі.

ДОО Івано-Франківського державного технічного університету нафти і газу  
284018, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15