

**ХАРКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ**

**На правах рукопису**

**Бредіхін Володимир Михайлович**

**РОЗРОБКА МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ДОСЛІДЖЕННЯ  
МЕХАНІЧНИХ НАПРУЖЕНЬ В ПЛОЩИННИХ  
ФЕРОМАГНІТНИХ ВИРОВАХ ДЛЯ ЗАСТОСУВАННЯ У  
АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ КОНТРОЛЮ**

**05.13.06 - автоматизація наукових досліджень**

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

**Харків - 1996**

46.33.581

ЛННБ України ім.В.Стефаника

Дисертація в рукописі



Робота виконана на кафедрі

00553124 (K)

Харківського

державного технічного університету радіоелектроніки

Наукові керівники - доктор технічних наук, професор  
Себко Вадим Пантелеївич

кандидат технічних наук, професор  
Фролов Валентин Олексійович

Офіційні опоненти - доктор технічних наук, професор  
Кривуля Геннадій Федорович

кандидат технічних наук, старший  
науковий співробітник  
Гуцбін Михайло Володимирович

Провідне підприємство - НДІ радіотехнічних вимірювань,  
місто Харків

Захист відбудеться "31" листопада 1996 р.

на засіданні спеціалізованої вченої ради К 02.25.06 у Харківському  
державному технічному університеті радіоелектроніки (310726,  
Україна, Харків, пр. Леніна, 14)

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Харківського  
державного технічного університету радіоелектроніки.

Автореферат розісланий "31" вересня 1996 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради

Дедіков Е.О.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** У асортименті продукції, яка виробляється нашою промисловістю, важливе місце займають феромагнітні матеріали, контроль фізико-механічних властивостей яких виявляється дуже актуальним завданням тому, що саме прочностні якості визначають надійність та довговічність виробів. У зв'язку з цим важливе значення приймають розробка та дослідження методів та пристроїв для визначення електромагнітних, механічних, хімічних та інших параметрів матеріалів та виробів, а також нові перспективні методи контролю активно розроблялись Волсовським С.В., Дорофєєвим А.Л., Шуром Я.С., Вигода Ю.А., Горкуновим Е.С. та іншими.

Найбільш важливими з них виявляються неруйнуючі методи контролю, при яких використовується кореляційний зв'язок між механічними та електромагнітними якостями матеріалів.

На сучасному етапі отримують широкий розвиток електромагнітні методи та засоби для визначення механічних напружень та деформацій матеріалів виробів, а також вимірювання сил, тиску, ваги, обертаючих моментів та інше.

Має практичний інтерес подальший розвиток видлучених результатів в напрямку розширення меж контролю механічних напружень, спрощення розрахункових функцій перетворювання, зв'язуючих міцності якості виробів з вихідними сигналами перетворювача, застосування різних методик, підвищуючих дозволяючу можливість, точність, чутливість виробів та інше. В цьому плані важливим завданням з'являється виявлення можливостей та умов прогнозування меж текучості та міцності виробів без їх руйнування по підсумкам вимірювань (чи розрахунків) параметрів сигналів перетворювача з виробом при відсутності в ньому механічних напружень.

ЛНБ ім. В. Стефаника  
АН України

У цій роботі розглянуті (теоретично та експериментально) питання встановлення функціональних зв'язків параметрів сигналів електромагнітного перетворювача з механічними напруженнями в плоскій пластині, розміщеної в ньому. При цьому механічні напруження змінювались в широкому діапазоні, відповідно до всієї діаграми розтягування.

Мета роботи - розробка та дослідження електромагнітних методів та засобів вимірювання фізико-механічних параметрів площинних феромагнітних виробів та конструкцій для автоматизованого вимірювання та контролю на основі використання віхретокових перетворювачів. Для досягнення поставленої мети в роботі необхідно було вирішити такі основні задачі:

1. Отримати співвідношення, описуючи роботу електромагнітного перетворювача в плоским феромагнітним виробом для визначення амплітуди та фази магнітного струму усередині зразка;
2. Розробити математичну модель для визначення механічних напружень в широкому частотному діапазоні;
3. Розробити методи автоматизованого контролю механічних напружень;
4. Провести аналіз похибок вимірювань напружень та визначення оптимальних режимів роботи перетворювача;
5. Розглянути можливість прогнозування меж міцності та текучості для різних площинних феромагнітних матеріалів.

Методи досліджень. При виконанні роботи застосовувались аналітичні та експериментальні методи досліджень, які базуються на теорії електромагнітного поля, теорії рядів, інтегрального та диференційного обчислювання, апарата спеціальних функцій, теорії похибок, та теорії магнетизму.

Наукова новизна. 1. Отримані співвідношення для визначення амплітуди та фази магнітного потоку усередині площинного феро-

магнітного виробу та їх зв'язок з механічними напруженнями, які з'являються у виробках;

2. Розроблені автоматизовані методи для визначення механічних напружень із застосуванням віхретокових методів;

3. Визначені оптимальні режими роботи електромагнітного перетворювача за частотою зондуючого поля;

4. Отримані конкретні експериментальні результати, підтверджуючі теоретичні дослідження та можливість контролю з високою точністю механічних напружень, з'являючихся в площинних феромагнітних виробках;

5. Розглянута можливість прогнозування меж текучості та міцності без навантаження виробів.

Практична цінність роботи полягає у тому, що розвинуті методи неруйнуючого контролю, дозволяють визначити фізико-механічні властивості площинних феромагнітних виробів на основі дослідження їх електромагнітних параметрів. Ці методи дають можливість за допомогою віхретокового перетворювача не тільки визначити механічні напруження усередині виробу, але й прогнозувати межі текучості та міцності для різних матеріалів.

Отримані формули, алгоритми, запропоновані методи контролю та реалізуючі їх перетворювачі знайшли практичне застосування при розробці, проектуванні та експлуатації автоматизованих пристроїв контролю матеріалів, виробів та конструкцій.

#### Впровадження результатів роботи.

Результати досліджень по темі дисертації використані при створенні автоматизованої системи контролю механічних напружень при віджигу феромагнітних виробів на державному підприємстві вакуумної металургії конструкційних матеріалів "Рубін" корпорації промислових будівних матеріалів "Укрбудматеріали"

До захисту виносяться:

1) спрощені формули та залежності параметрів електричного

сигналу, який знімається з вимірювальної обмотки електромагнітного перетворювача, відображаючи магнітний стан напружених виробів для використання в технічних розрахунках;

2) оптимізація результатів роботи перетворювача з площиним феромагнітним виробом усередині при застосуванні амплітудного, фазового та змінно-частотного методів;

3) математична модель для оцінки значення механічних напружень які з'являються в матеріалі площиних феромагнітних виробів та вибору раціональних режимів роботи електромагнітного перетворювача з точки зору максимальної чутливості до механічних напружень;

4) алгоритми та функціональна схема автоматизованої системи для дослідження напружень, які з'являються у феромагнітних площинних виробках за допомогою електромагнітних методів. Методика оцінки похибок вимірювання механічних напружень у площинних виробках;

5) прогнозування критичних значень механічних напружень (межі текучості та прочності) у феромагнітних виробках без їх навантаження;

6) експериментальні результати дослідження механічних напружень застосовно до конкретних площинних феромагнітних виробів.

Апробація роботи. Основні висновки роботи докладались на:

Міжнародній науково-технічній конференції "Проблема автоматизованого електроприводу (теорія та практика)". -Харків-Алушта, 1994;

I Українській науково-технічній конференції "Метрологічне забезпечення в галузі електричних, магнітних та радіотехнічних вимірювань". - Харків, 1994;

2-ої Міжнародної конференції "Теорія та техніка передачі прийому та обробки інформації". - Харків-Туансе, 1996.

**Публікації.** За результатами досліджень опубліковано 6 печатних робіт, та є авторське свідотство. Список основних публікацій приведено нижче.

**Структура та обсяг роботи.** Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів і висновку, містить 118 сторінок тексту, список літератури в 98 найменувань, 14 малюнків і додатків.

## ЗМІСТ РОБОТИ

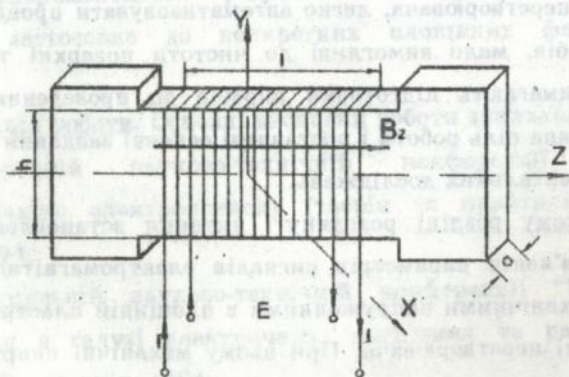
У вступній частині обґрунтована актуальність теми досліджень, визначена практична направленість роботи в різних галузях промисловості, науки та техніки, приведені її структура та сформульовані основні положення, які винесені до захисту.

У першому розділі проведено аналіз існуючих методів та пристроїв для визначення фізико-механічних властивостей феромагнітних матеріалів. Зроблен висновок про те, що найбільш прийнятливим та перспективним виявляється використання віхретокових методів, дозволяючих визначити механічні напруження, які з'являються у феромагнітних виробках. Ці методи дають можливість одержати більш повне знання про стан об'єкта досліджень, які містяться в сигналах перетворювача, легко автоматизувувати процес контролю якості виробів, мало вимогливі до чистоти поверхні та зовнішніх умов, не вимагають підготовки виробів до проведення контролю. Сформульована ціль роботи і поставлені основні завдання теоретичних та експериментальних досліджень.

У другому розділі розглянуті питання встановлення функціональних зв'язків параметрів сигналів електромагнітного перетворювача з механічними напруженнями в площинній пластині, розміщеної усередині перетворювача. При цьому механічні напруження змінювались в широкому діапазоні, відповідно до всієї діаграми розтягування. Відомо, що прикладення сили до феромагнітних матеріалів

приводить до зміни його електромагнітних параметрів, а також магнітної проникності  $\mu$ . Визначення механічних напружень, які з'являються в площинних пластинах, по значенням електричного сигналу, знімаемого з вимірювальної обмотки перетворювача, застосовуються на теорії роботи прохідного електромагнітного перетворювача (ПЕМП) з провідним виробом.

Для проведення експериментів в усіх випадках використовували однотипний зразок, показаний на мал.1, зроблений з феромагнітної пластини, на вузькій частині якої нанесені дві обмотки (намагнічувальна та вимірювальна). Ширина зразка  $h$  істотно більше його товщини  $d$ . Утовщені кінцеві частини зразка призначені для здійснення захвата пристосуваннями розривного пристрою, здійснюючого механічні напруження в зразку. Для того, щоб обмотки не деформувались на протязі розтягування зразка, вони намотувались на ізоляційний тонкостінний каркас, вільно розташований на тонкій частині зразка. Намагнічувальна обмотка (число вітків  $W_1$ ) запитувалась током  $I_m$ . На кінцях вимірювальної обмотки (з числом вітків  $W_2$ ) індуктовалась едс  $E$ .



Мал. 1

Для забезпечення однорідності магнітного поля усередині намагнічуваної обмотки необхідно було виконати умови  $l \gg h$

(де  $l$  - довжина намагнічуваної обмотки, а  $h$  - ширина тонкої частини зразка).

На основі зрівняння проникнення площиною електромагнітної хвилі синусоїдального за часом поля у феромагнітне середовище, можливо записати вираз для Z-ої складової частини магнітної індукції  $B_z$  усередині зразка у вигляді

$$B_z = \mu_0 \mu_r \frac{I_m W_1}{l} e^{-\frac{x}{\delta}} \sin\left(\omega t - \frac{d}{\delta}\right), \quad (1)$$

де  $\mu_0$  - магнітна постійна;  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  Гн/м;  $\mu_r$  - відносна магнітна проникливість матеріалу зразка;  $I_m$  - максимальний намагнічуючий ток;  $\omega$  - циклічна частота;  $x$  - поточна координата вздовж товщини зразка;  $t$  - час;  $\delta$  - глибина проникнення магнітного поля у зразок

$$\delta = \sqrt{2 / \mu_0 \mu_r \sigma \omega}, \quad (2)$$

де  $\sigma$  - питома електрична провідність матеріалу зразка;  $e$  - основа натуральних логарифмів. Маючи на увазі однорідність магнітного поля усередині перетворювача та проінтегрувавши вираз (1) за поперечним перерізом зразка з урахуванням того, що пластинка плоска,  $h \gg d$ , де  $d$  - товщина зразка, вираз для величини магнітного потоку буде мати наступний вигляд

$$\Phi = \sqrt{2} \mu_0 \mu_r \frac{I_m W_1}{l} h \delta \sqrt{1 + e^{-\frac{d}{\delta}} - 2e^{-\frac{d}{2\delta}} \cos\left(\frac{d}{2\delta}\right)}. \quad (3)$$

Для визначення фази цього потоку зробимо зміну

$A = \sqrt{2} \mu_0 \mu_r \frac{I_m W_1}{l} h$  та подамо вираз (3) за допомогою комплексних чисел

$$\Phi = A \int_0^{\frac{d}{2}} e^{-\frac{x}{\delta}} e^{i\left(\omega t - \frac{x}{\delta}\right)} dx = A e^{i\omega t} \int_0^{\frac{d}{2}} e^{-\frac{x}{\delta}} e^{-i\frac{x}{\delta}} dx, \quad (4)$$

$$\Phi = -\frac{A\delta}{2} \left[ \left( e^{-\frac{d}{2\delta}} \cos \frac{d}{2\delta} - e^{-\frac{d}{2\delta}} \sin \frac{d}{2\delta} - 1 \right) - j \left( e^{-\frac{d}{2\delta}} \sin \frac{d}{2\delta} + e^{-\frac{d}{2\delta}} \cos \frac{d}{2\delta} - 1 \right) \right]. \quad (5)$$

Фазу знайдемо як відношення мнимої частини у виразі (5) до дійсної частини

$$\operatorname{tg} \varphi = -\frac{e^{-\frac{d}{2\delta}} \cos\left(\frac{d}{2\delta}\right) + e^{-\frac{d}{2\delta}} \sin\left(\frac{d}{2\delta}\right) - 1}{e^{-\frac{d}{2\delta}} \cos\left(\frac{d}{2\delta}\right) - e^{-\frac{d}{2\delta}} \sin\left(\frac{d}{2\delta}\right) - 1}. \quad (6)$$

Для крайових випадків, коли частота намагнічуючого току тягнеться до 0 чи  $\infty$ , вирази (3) і (6) приймають наступні значення:

при  $f \rightarrow 0$   $\Phi \rightarrow A$ ,  $\varphi \rightarrow 0$ ;

при  $f \rightarrow \infty$   $\Phi \rightarrow 0$ ,  $\operatorname{tg} \varphi \rightarrow 1$ ,  $\varphi \rightarrow \pi/4$ ,

що гарно співвідноситься з теорією електромагнітного поля у перетворювачі з феромагнітним виробом.

Продіференціював вираз для магнітного потоку за часом, отримуємо формулу для розрахунку едс вимірювальної обмотки

$$E = -\mu_0 \mu_r W_2 \frac{I_m W_1}{l} h \delta \sqrt{1 + e^{-\frac{d}{\delta}} - 2e^{-\frac{d}{2\delta}} \cos\left(\frac{d}{2\delta}\right)}, \quad (7)$$

де  $W_2$  - кількість витків вимірювальної обмотки.

Простота та зручність використання є достоїнством вказаних виразів при розрахунках та вимірюваннях по зрівнянню з точними формулами отриманими застосовно до перетворювача з плоским виробом без всяких припущень.

У цьому ж розділі розроблені амплитудний, фазовий та змінно-частотний методи для вимірювання механічних напружень. Експерименти здійснювались на зразках виконаних з матеріалів типу ЖР, пержавіючої сталі ЕП-450, електротехнічної сталі Е3412. Результати експериментів приведені на мал.2.

При зрівнянні результатів, вилучених різними методами, видно, що максимальну розрішуючу здібність можливо отримати, використовуючи змінно-частотний метод, однак він потребує затрат часу для здійснення окремого вимірювання порівняно з іншими і для його реалізації використовується більш складна апаратура. Тому вибір метода залежить від потреб пред'явлених до виробів при його застосуванні в реальних умовах. Зокрема амплітудний та фазовий методи зручно використовувати для проведення допускового контролю механічних напружень в разі граничних механічних напружень у виробах.

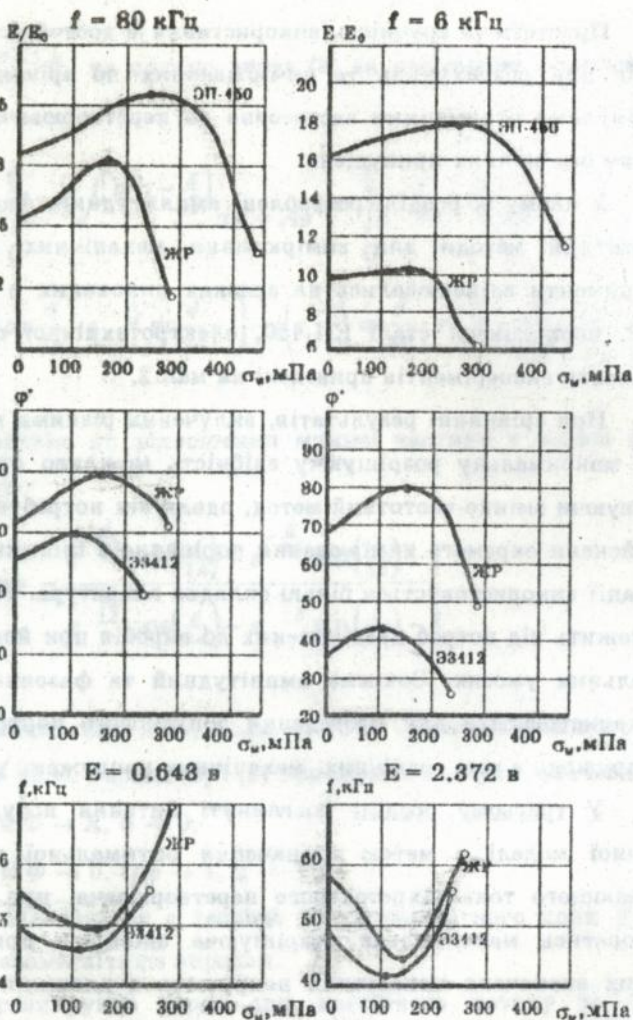
У третьому розділі розглянуті питання побудування математичної моделі з метою визначення оптимальної частоти намагнічуваючого тока віхретокового перетворювача, при якій буде здійснюватись максимальна розрішуюча здібність пристроїв, реалізуючих визначення механічних напружень в площинних феромагнітних виробах.

Базауючись на результатах попередньої глави, була побудована функціональна залежність

$$\varphi(t) = F(f(t), \mu(t)), \quad t=0,1,2,3,\dots; \quad (8)$$

$$E(t) = F(f(t), \mu(t)), \quad t=0,1,2,3,\dots; \quad (9)$$

де  $t$  - момент часу вимірювань.



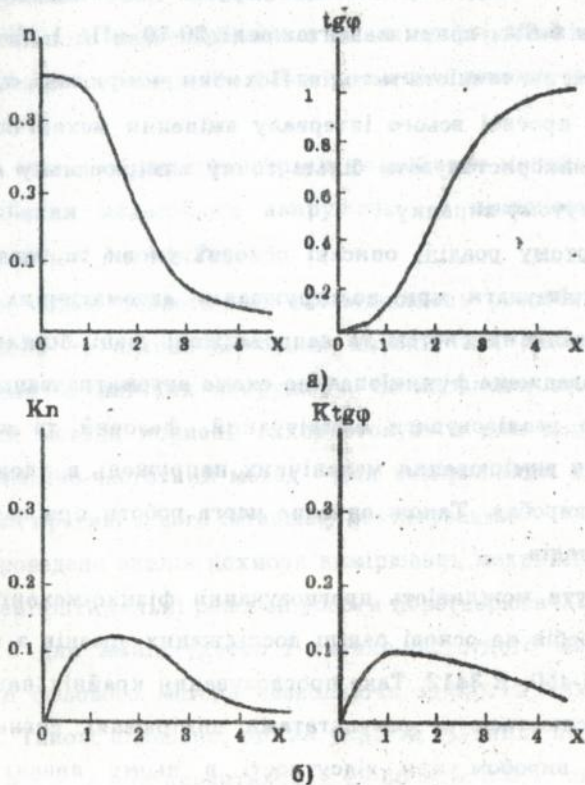
Мал. 2

Визначив через  $X$  відношення товщини виробу до глибини проникнення поля, та скориставшись виразами (3) і (7), запишемо рівняння для нормованої едс і фази за виглядом

$$n = \frac{1}{X} \sqrt{1 + e^{-X} - 2e^{-\frac{X}{2}} \cos \frac{X}{2}}; \quad (10)$$

$$\operatorname{tg} \varphi = - \frac{e^{-\frac{x}{2}} \cos \frac{x}{2} + e^{-\frac{x}{2}} \sin \frac{x}{2}}{e^{-\frac{x}{2}} \cos \frac{x}{2} - e^{-\frac{x}{2}} \sin \frac{x}{2}} \quad (11)$$

Вирішуючи ці рівняння відносно  $X$ , визначимо, що при  $X=1.5$  для амплітудного і змінно-частотного методів, та при  $X=1.1$  для фазового метода, кут нахилення дотичної до кривих відбиваючих залежність параметрів електричного сигналу, який знімається з вимірювальної обмотки датчика від зміни параметра  $X$ , буде максимальним, як показано на мал.3. Отже, у цих точках буде максимальна дозволяюча здібність і чутливість пристроїв, реалізуючих ці методи.



Мал. 3

На математичну модель були накладені наступні обмеження:

модель слуха тільки для площинних феромагнітних виробів;  
 для однорідності магнітного поля усередині прохідного електромагнітного перетворювача було внесене допущення про те, що ширина зразка набагато більше ніж його товщина, і зразок має достатню довжину  $l/h \geq 10$ ;

припускалось, що зразки мають однаковий хімічний склад, та пройшли однакові режими термічної та механічної обробки.

Наприкінці цього розділу розглянуті питання оцінки похибок вимірювань механічних напружень за допомогою електромагнітних методів.

Розрахунки свідчать, що на упругій ділянці похибки не перевищували 5-8%, а при навантаженні 20-70 мПа 1-2%, що свідчить про достатню точність методів. Похибки вимірювань  $\sigma_x$  можливо зменшити на протязі всього інтервалу змінення механічних напружень, якщо використовувати більш точну вимірювальну апаратуру, ніж в розглянутому випадку.

В четвертому розділі описані основні умови та завдання, які необхідно вирішувати при конструюванні автоматичних інформаційно-вимірювальних систем та запровадженні різні шляхи їх вирішення. Запроваджена функціональна схема автоматизованої системи, яка дозволяє реалізовувати амплітудний, фазовий та змінно-частотний методи вимірювання механічних напружень в площинних феромагнітних виробках. Також описана черга роботи при застосуванні кожного з методів.

Розглянута можливість прогнозування фізико-механічних властивостей виробів на основі раніш досліджених зразків з матеріалів типу ЖР, ЕП-450, Е-3412. Таке прогнозування крайніх напружень у виробках здійснюється за результатами вимірювань сигналів перетворювача з виробом при відсутності в ньому навантажень та розтрощень, що набагато скорочує час витрачений для контролю

властивостей матеріалів виробів руйнуючими методами, причому основна частина цього часу використовується на підготовку зразка до проведення вимірювань.

## ВИСНОВОК

За результатами теоретичних та експериментальних досліджень в дисертації вирішені важливі задачі розробки електромагнітних методів неруйнуючого контролю механічних напружень в площинних феромагнітних виробках.

1. Отримані прості розрахункові вирази, які описують роботу електромагнітного перетворювача з плоским феромагнітним виробом для визначення амплітуди та фази магнітного потоку усередині зразка;

2. На основі отриманих виразів розроблена математична модель для визначення механічних напружень в широкому частотному діапазоні ( $10\text{Гц} < f < 60\text{кГц}$ );

3. На основі теоретичних співвідношень розроблені амплітудний, фазовий та змінно-частотний методи, які дають можливість вимірювання механічних напружень. Встановлено, що амплітудний та фазовий методи корисно використовувати для допускового контролю, а змінно-частотний метод - для вимірювання механічних напружень на протязі всього інтервалу розтягування.

4. Проведено аналіз похибок вимірювань механічних напружень та визначені оптимальні режими роботи перетворювача. Показано, що при  $X=1.5$  для амплітудного і змінно-частотного методів, та при  $X=1.1$  для фазового метода дозволяюча здібність цих методів максимальна. Також показано, що на упругій дільниці похибки не перевищують 5-8%, а при навантаженні 20-60 мПа 2-3%, що свідчить про достатню точність методів.

5. Розглянута можливість прогнозування меж міцності та текучості для рівних ферромагнітних матеріалів за підсумками вимірювальних сигналів перетворювача з виробом без його навантаження.

Основний зміст дисертації опубліковано  
у таких роботах

1. Бредихин В.М., Себко В.П., Горкунов Б.М., Сиренко Н.Н. К измерению механических напряжений электромагнитным методом// Дефектоскопия. - 1995. - №7. - С. 67 - 72.

2. В.П. Себко, Б.М. Горкунов, В.М. Бредихин, Нгуен-Лам-Донг, Нгуен Тхя Тху Ха Электромагнитный метод измерения механических напряжений цилиндрических и плоских изделий. - В.сб.: Международная научно-техническая конференция "проблемы автоматизированного электропривода ( теория и практика )". - Харьков-Алушта, 1994, С.156.

3. Себко В.П., Горкунов Б.М., Бредихин В.М., Нго Куанг Зунг Электромагнитный преобразователь усилий и веса грузов. - В сб.: I Украинская научно-техническая конференция "Метрологическое обеспечение в области электрических, магнитных и радиотехнических измерений". - Харьков, 1994, С.358.

4. Бредихин В.М., Фролов В.А. Вихретоковые методы для определения физико-механических свойств ферромагнитных изделий и конструкций. - В сб. 2-я Международная конференция "Теория и техника передачи, приёма и обработки информации". - Харьков-Туапсе, 1996, С.222.

5. Бредихин В.М., Себко В.П., Фролов В.А. Погрешности измерения механических напряжений электромагнитным методом. Рукопись деп. в УкрИНТЭИ, Киев, №1718-УК-95, 1995, 4с.

6. Бредихин В.М., Себко В.П., Горкунов В.М., Сиренко Н.Н. определение механических напряжений электромагнитным методом. Рукопись деп. в УкрИНТЭИ, Киев, №1299-УК-94, 1994, 5с.

7. Бредихин В.М., Фролов В.А. Расчёт погрешности определения механических напряжений электромагнитным методом. Рукопись деп. в УкрИНТЭИ, Киев, №2276-УК-95, 1995, 7с.

#### АНОТАЦІЯ

Бредихин В.М. -А. Разработка методов и средств исследования механических напряжений в плоских ферромагнитных изделиях для использования в автоматизированных системах контроля.

Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 - автоматизация научных измерений. Харьковский государственный технический университет радиосэлектроники. Харьков. 1996.

В диссертации разработаны автоматизированные методы и средства неразрушающего контроля для исследования механических напряжений возникающих в плоских ферромагнитных изделиях на основе использования электромагнитных преобразователей, а также приведены результаты экспериментальных исследований. Рассчитаны рациональные по чувствительности режимы работы преобразователя при использовании амплитудного, фазового и переменного частотного методов. Предложенные методы будут полезны при необходимости оценить фактическое напряжённое состояние плоских ферромагнитных изделий.

## SUMMARY

Bredixin V.M. -A. The creation of methods and means of the investigation of mechanical tension in the flat ferromagnetic manufactured for using in the automatic control systems.

The dissertation on competition of a scientific degree of candidate of tehcnical sciences on speciality 05.13.06 - automatization of scientyfic investigation. Kharkov state technical university of radioelectronics. Kharkov 1996.

Automatic methods and means of the non-destructive testing for investigation of the mechanical tensions in the flat manufactured on the basis used electromagnetic alteration are developed, and also results of experimental research are indicated in the dissertation. Rational for sensitiveness regimes works alteration for ampletud, phase and change-frequentes methods are calculated. The offered methods will be useful in that case, when necessary estimate real tension conditions flat ferromagnetic manufactured.

Ключові слова: прохідний електромагнітний перетворювач, площивий вироб, магнітна проникливість, магнітний потік, точність вимірювання, частота, амплітуда, фаза, автоматична інформаційно-вимірювальна система.

В. Бредіхін В.М., Сабко В.П., Філатов В.А. Нормированности

Українська тех. акад. наук, Київ, №118-Укр. 96, 1996, 1с

Бредіхін Володимир Михайлович

РОЗРОБКА МЕТОДІВ ТА ЗАСОВІВ ДОСЛІДЖЕННЯ  
МЕХАНІЧНИХ НАПРУЖЕНЬ В ПЛОЩИННИХ  
ФЕРОМАГНІТНИХ ВИРОВАХ ДЛЯ ЗАСТОСУВАННЯ У  
АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ КОНТРОЛЮ

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Відповідний за випуск Фролов В.О.

---

Підписано до друку 12.9.86 р. Друк. арк. 1  
Формат 60x84/16. Папір друкарський. Тираж 100  
Замовлення 22/272  
Друкарня ХВУ

---

М.Свободи, 6

357109

