

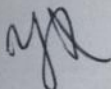
**Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут"**

На правах рукопису
УДК 681.327.636

КУТИЩЕВА Ганна Вікторівна

**МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ПІДВИЩЕННЯ
ЕФЕКТИВНОСТІ МАГНІТНИХ НОСІЇВ
ІНФОРМАЦІЇ**

**Спеціальність 05.13.08. - "Обчислювальні машини,
системи та мережі, елементи пристроїв обчислювальної
техніки та систем керування"**



Автореферат
дисертації на здобуття вченого ступеня кандидата
технічних наук

Київ - 1996



00739712 (Т)

AB 35.938

роботу виконано на кафедрі Автоматики та керування в технічних системах Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут".

Науковий керівник - Доктор технічних наук, професор
Краснопрошина Аїда Андріївна.

Офіційні опоненти - Доктор технічних наук, професор
Синьков Михайло Вікторович
- Кандидат технічних наук
Будкевич Володимир Вікторович

Провідна установа - НДІ електромеханічних приладів,
м. Київ

Захист дисертації відбудеться " 16 " 12 1996 р.
о 14³⁰ годині на засіданні спеціалізованої Ради Д 01.02.06
при Національному технічному університеті України "КПІ", за
адресою: 252056, м. Київ-56, пр. Перемоги, 37, корп.18,
ауд.306.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Наці-
онального технічного університету України "КПІ".

Автореферат розіслано " 1 " 11 1996 р.

Вчений секретар
спеціалізованої Ради
Д 01.02.06
доктор технічних наук,
професор

О.В. ВУЗОВСЬКИЙ

Мета дисертаційної роботи - підвищення ефективності магнітного носія інформації - металевої магнітної стрічки - шляхом комплексної оцінки, прогнозування і корекції її параметрів у процесі виробництва, а також розробка наукових основ фізичних та технічних принципів створення інформаційної системи АСК технологічним процесом виробництва металевої магнітної стрічки, що дозволяє здійснювати керування у реальному масштабі часу.

Згідно з поставленою метою, основними **задачами** роботи є:

- розробка комплексного підходу до оцінки параметрів металевої магнітної стрічки;
- розробка методики прогнозування електромагнітних параметрів металевої магнітної стрічки по її геометрії;
- розробка математичних моделей процесів, що визначають умови вимірювання параметрів металевої магнітної стрічки, у тому числі:
 - розробка математичної моделі стрічкопротяжного механізму пристрою оцінки параметрів стрічки для прогнозування можливих змін форми дефектної стрічки у процесі вимірювання і визначення оптимальних умов вимірювання;
 - розробка математичної моделі оптичного перетворювача;
 - розробка алгоритмів обробки даних, що надходять з перетворювача інформації.

Автор захищає:

- 1.Класифікацію дефектів площинності і рельєфу поверхні металевої магнітної стрічки і методику їх виявлення;
- 2.Математичну залежність між формою, розмірами мікрорельєфу металевої магнітної стрічки та прогнозованим рівнем відтворюваного сигналу;
- 3.Математичні моделі процесів, що визначають умови вимірювання;

4. Фізичні і технічні принципи створення фотоелектричного перетворювача інформації;

5. Структуру пристрою комплексної (електромагнітної і оптикогеометричної) оцінки параметрів металевої магнітної стрічки у реальному масштабі часу.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Носії магнітного запису з повздовжнім намагнічуванням - магнітні стрічки, жорсткі і гнучкі магнітні диски - становлять більш ніж 90% від загальної кількості використовуваних у світі носіїв інформації. Вони відіграють важливу роль у сучасній науці, техніці та промисловості, являючись одним з основних функціональних елементів обчислювальної техніки: супер-ЕОМ, міні- та мікро-ЕОМ, а також апаратури звуко- і відео-запису, точного магнітного запису. Технічний рівень переліченого обладнання на 20 .. 40% і більше визначається досягнутими робочими параметрами і експлуатаційною надійністю використовуваних у них носіїв магнітного запису.

Існують наступні види носіїв магнітного запису:

- магнітні стрічки і диски з феролаковим і металізованим робочим шаром;
- дротові носії магнітного запису;
- носії магнітооптичного запису;
- носії інформації на циліндричних магнітних домках.

В даній роботі розглядаються часто використовувані у пристроях обчислювальної техніки, апаратурі реєстрації і зберігання параметрів польоту (у космічній та авіаційній техніці) запам'ятовуючі пристрої на магнітній стрічці та пов'язані з їх виробництвом проблеми.

Сучасний інформаційно-обчислювальний комплекс, включаючи запам'ятовуючі пристрої на магнітній стрічці, забезпечує зберігання, відтворення, передачу інформації. Ефективне виконання вказаних функцій запам'ятовуючими пристроями - задача великої технічної і технологічної складності. Вона успішно вирішується

(стосовно до стрічок для магнітного відеозапису і електронної обчислювальної техніки) тільки небагатьма найбільш промислово-розвиненими країнами ціною великих зусиль і матеріальних витрат.

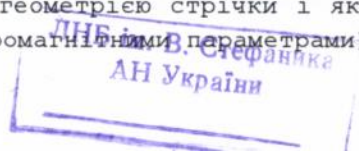
Удосконалення технології виробництва магнітних носіїв неможливо без застосування автоматичних систем керування (АСК).

Необхідною умовою комплексної автоматизації є використання АСК із застосуванням керуючих обчислювальних машин. Такі системи забезпечують швидке переналагодження технологічного процесу по різних критеріях оптимальності, здійснюють реєстрацію параметрів технологічного процесу і стану готової продукції, здійснюють видачу команд керування процесом, вимірювальними пристроями і виконавчими механізмами.

Ефективність і чіткість роботи АСК істотно залежить від повноти, достовірності і оперативності одержуваної ними інформації про хід технологічного процесу і стан продукції. При виборі перетворювачів інформації, що входять до складу АСК і алгоритмів обробки результатів вимірювань, слід враховувати зв'язок між різними видами дефектів і відхиленнями параметрів технологічного процесу, а також діапазони регулювання цих параметрів. Послідовність виявлення, класифікація дефектів і виділення відповідних їм порушень технологічного процесу в значній мірі визначають вибір і ефективність закону керування. В свою чергу, створення (або вибір) перетворювача інформації здійснюється на основі дослідження особливостей об'єкту керування (або його елементів) і розробці фізичних і технічних принципів створення засобів і методів вимірювання.

Особливість носія інформації, що розглядається у даній роботі - металевої магнітної стрічки - у тому, що він має магнітні властивості, пов'язані зі складом, структурою, мікро- і макрорельєфом стрічки, а також має дефекти геометрії, типові для металу, що піддався холодній прокатці.

Оскільки залежність між геометрією стрічки і якістю відтворюваного сигналу (електромагнітними параметрами)



неоднакова для різних режимів запису-відтворення, недостатньо вивчена для металевої магнітної стрічки і є тільки одним з факторів, хоч і істотним, що визначає відповідність стрічки електроакустичним характеристикам (окрім хімічного і структурного складу заготовок), доводиться оцінювати як її електроакустичні, так і геометричні параметри.

У теперішній час вимірювання вказаних параметрів здійснюється не у комплексі, відсутні методики прогнозування електроакустичних параметрів по геометрії поверхні металевої магнітної стрічки, що негативно позначається на її характеристиках. Забезпечення АСК станів холодної прокатки металевої магнітної стрічки винятково датчиками її геометричних параметрів призводить до ускладнень у визначенні допусків на мікрорельєф стрічки і значній вибравковці продукції по електромагнітним параметрам при проведенні контролю готової продукції. З іншого боку, застосування апаратури вимірювання електроакустичних параметрів у АСК виробництвом дозволяє тільки зробити висновок про відповідність або невідповідність параметрів стрічки прийнятним допускам, але не дозволяє виявити причини їх відхилень і пов'язані з цими дефектами порушення технологічного процесу.

У теперішній час не існує засобів і методик комплексної оцінки і прогнозування параметрів металевої магнітної стрічки, що дозволяють підвищити ефективність даного носія інформації.

Методи дослідження. Для рішення поставлених у дисертаційній роботі задач використовувались наступні методи досліджень: математичний апарат теорії магнітного запису, теорії пружності, геометричної оптики, методи вирішення диференціальних рівнянь у часткових похідних, планування експерименту.

Наукова новизна одержаних результатів міститься у розробці комплексного підходу до задачі підвищення ефективності магнітних носіїв інформації у процесі їх

виробництва, а також розробці відповідних моделей, алгоритмів і технічних принципів побудови перетворювача інформації для АСК процесом виробництва металевої магнітної стрічки.

Практична цінність роботи міститься в тому, що розроблений пристрій і запропоновані методики вимірювання дозволяють істотно підвищити ефективність магнітного носія шляхом автоматизації його виробництва.

Апробація роботи. Результати роботи обговорювались на конференції "Сучасні системи управління і обробки баз даних. Нові технології. Об'єктно-орієнтоване програмування і ділова графіка" (7-9 липня 1993 р, м. Київ) і I Українській конференції по автоматичному керуванню "Автоматика-94" (18-23 травня 1994 р, м. Київ).

Впровадження результатів. Метод знаходження і класифікації дефектів поверхні магнітної стрічки математичні моделі процесів, що проходять в інформаційно-вимірювальній системі, впроваджені НДІ електромеханічних приладів у виробі "Стенд 10И-М" и ДКР "Метал-2", подано заявку на винахід "Пристрій для комплексної оцінки параметрів металевої магнітної стрічки".

Публікації. По матеріалах дисертації опубліковано 7 робіт.

Структура та об'єм дисертації. Дисертація складається з вступу, шести розділів, висновка, списку літератури і додатка. Робота викладена на 140 сторінках основного тексту, містить 22 малюнок, 15 таблиці, список літератури з 112 найменувань на 9 сторінках і 34 сторінок додатка.

У вступі обґрунтована актуальність теми, сформульована мета роботи, перелічені вирішені задачі, визначена наукова новизна і практична цінність одержаних у роботі результатів.

В першому розділі проведений огляд існуючих магнітних носіїв інформації показав, що одна з основних тенденцій підвищення їх ефективності міститься у використанні АСК ТП виробництва носіїв і систем комплексної оцінки і прогнозування параметрів у складі АСК.

Огляд і аналіз існуючого виробництва металевої магнітної стрічки виявив необхідність розробки засобів комплексної оцінки, прогнозування і корекції її параметрів у процесі виробництва, а також розробки наукових основ фізичних і технічних принципів створення відповідної інформаційної системи АСК технологічним процесом виробництва металевої магнітної стрічки, дозволяючої здійснювати керування у реальному масштабі часу.

Сформульовані мета і задачі дослідження.

У другому розділі проведений огляд існуючих електромагнітних і оптичних пристроїв і методів вимірювання параметрів носіїв інформації показав, що вони не забезпечують комплексної оцінки параметрів і не відповідають вимогам, що пред'являються до інформаційних систем АСК ТП.

Для металевої магнітної стрічки подібних методик і засобів у теперішній час не існує.

У третьому розділі виконана розробка комплексного підходу до оцінки параметрів металевої магнітної стрічки. З цієї метою розроблені математичні моделі процесів, що визначають умови вимірювання параметрів металевої магнітної стрічки, у тому числі:

- математичні моделі стрічкопротяжного механізму пристрою оцінки параметрів стрічки для прогнозування можливих змін форми дефектної стрічки у процесі вимірювання і визначення оптимальних умов вимірювання;

- математичні моделі оптичного перетворювача;

У четвертому розділі розроблені методики прогнозування електромагнітних параметрів металевої магнітної стрічки по її геометрії.

У п'ятому розділі описані алгоритми та методи обробки даних, що надходять з перетворювача інформації:

- методи попередньої обробки поступаючої з перетворювача інформації і формального опису рельєфу поверхні металеві магнітної стрічки;

- запропонований робочий словник ознак, розроблений на основі виконаної класифікації дефектів металеві магнітної стрічки і спосіб знаходження поверхонь, що розділяють простір ознак.

У загальних висновках приведені основні результати роботи.

У додатку описана практична реалізація результатів роботи: структура і основні параметри пристрою комплексної оцінки параметрів металеві магнітної стрічки.

ЗМІСТ РОБОТИ

Встановлено, що для металеві магнітної стрічки існує істотна кореляція між формою, мікрорельєфом її поверхні і формою відтворюваного сигналу. Дана залежність дозволяє на основі вимічених геометричних параметрів металеві магнітної стрічки, керованих у процесі її виробництва, прогнозувати електромагнітні характеристики стрічки і вчасно коригувати параметри технологічного процесу.

Для комплексної оцінки параметрів металеві магнітної стрічки необхідно вирішити таку задачу: для стрічки, що рухається, описаної групою рівнянь

$$\frac{d\rho}{dt} + \rho \operatorname{div} \vec{V} = 0, \quad (1)$$

$$\rho \frac{d\vec{V}}{dt} = (\lambda + \mu) \operatorname{grad} \operatorname{div} \vec{U} + \mu \Delta \vec{U} + \rho \vec{F}, \quad (2)$$

$$\vec{V} = \frac{d\vec{U}}{dt}, \quad (3)$$

у тракті стрічкопротяжного механізму, описаного слідуючими рівняннями:

$$\mathfrak{I}_{\text{дв}} \ddot{q}_{\text{дв}} = \hat{M} - M_y, \quad (4)$$

$$\mathfrak{I}_{\text{н}} \ddot{q} = \check{M} - M_y, \quad (5)$$

$$M_y = M_{\text{д}} + M_{\text{л}}, \quad (6)$$

формальний опис геометрії (рівняння поверхні Φ) якої одержується за допомогою фотоелектричного перетворювача (рівень фотоелектричного сигналу $P = P(t)$) і деяких алгоритмів обробки даних \aleph :

$$\Phi = \aleph(P), \quad (7)$$

необхідно:

- 1) виробити процедуру розпізнавання дефектів стрічки;
- 2) зпрогнозувати рівень відтворюваного сигналу U пр на основі одержаної інформації про стан поверхні стрічки:
$$U_{\text{пр}} = \Phi(P); \quad (8)$$
- 3) оптимізувати умови, що визначають процес оцінки параметрів стрічки;
- 4) зформулювати принципи побудови інформаційної системи АСК ТП виробництва стрічки.

У формулах (1) - (8):

ρ - густина середовища (стрічки);

\vec{V} - швидкість руху стрічки;

λ, μ - постійні Ламе;

\vec{U} - вектор переміщення середовища;

\vec{F} - масові сили;

$M_{\text{дв}}$ - момент інерції двигуна з котушкою на валу;

$M_{\text{н}}$ - момент інерції навантаження (датчика);

$q_{\text{дв}}, q$ - узагальнені координати;

\hat{M} - сумарний момент, що діє з боку привода на ділянку стрічкопротяжного механізму;

$\overset{\vee}{M}$ - сумарний момент, створюваний навантаженням;

$M_{\text{у}}$ - момент сил пружності;

$M_{\text{д}}$ - момент, створюваний пружиною датчика натягу;

$M_{\text{л}}$ - момент, створюваний пружною магнітною стрічкою.

Аналіз існуючих засобів і пристроїв оцінки параметрів магнітних стрічок показав, що вони не можуть бути застосовані для вирішення такої задачі.

Неможливо також використати існуючі методики і пристрої для виявлення і класифікації дефектів подібної прокатної продукції, оскільки вони дозволяють одержати інформацію про геометрію об'єктів, але не дають представлення про його електромагнітні властивості.

Для підвищення ефективності магнітних носіїв інформації (металевих і металізованих) подібна задача комплексної оцінки параметрів у процесі виробництва раніше не вирішувалась.

При вирішенні задачі було виділено декілька етапів:

1) вирішення групи рівнянь (1)-(3) для опису змін форми дефектної магнітної стрічки при різних натягах у тракті стрічкопротяжного механізму;

2) одержання моделі стрічки для торцових точок (для датчика натягу і приймального вузла) з метою моделювання динаміки стрічкопротяжного механізму (4)-(6);

3) побудова моделі фотоелектричного перетворювача інформації для оцінки адекватності формального опису поверхні стрічки.

Для вирішення поставлених задач введені відповідні початкові і граничні умови, а також ряд припущень, котрі дозволили звести задачу (1)-(3) до змішаної крайової для системи трьохрозмірних хвильових рівнянь:

$$\rho \frac{\partial^2 u'}{\partial t^2} - \mu p (f_1 - f_2) - \rho p \left(\left[\left[lx - \frac{x^2}{2} \right] \ddot{f}_1 + \frac{x^2}{2} \ddot{f}_2 \right] + \right.$$

$$\left. + \mu p \left\{ \left[\left[lx - \frac{x^2}{2} \right] \frac{\partial^2 f_1}{\partial y^2} + \frac{x^2}{2} \frac{\partial^2 f_2}{\partial y^2} \right\} = F \right.$$

$$\rho \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} - \mu \mathcal{L} v = 0,$$

$$\rho \frac{\partial^2 \omega}{\partial t^2} - \mu \mathcal{L} v = 0,$$

де

$$p = \frac{1}{2\mu ah},$$

f_1, f_2 - погонні сили,

u', v, ω - переміщення точок середовища по осях X,

Y, Z, відповідно;

\mathcal{L} - оператор Лапласа;

a, h, l - параметри стрічки (ширина, товщина, довжина).

Рішення задачі при заданих граничних і початкових умовах у даному вигляді знаходиться:

- за допомогою кінцево-різностних методів (кінцево-різностного аналогу оператора Лапласа) і подальшого застосування методу розщеплення - для дослідження змін форми стрічки;

- за допомогою методу Фур'є для багатьох незалежних змінних - для дослідження динаміки системи стрічка - стрічкопротяжний механізм.

Підстановка рішення, одержаного для другого випадку, у систему рівнянь (4)-(6) дозволяє досліджувати перехідні процеси у стрічкопротяжному механізмі при зміні натягу стрічки.

Таким чином, спільне рішення задачі (1)-(6) дає повний опис динаміки (зміни форми) стрічки, на основі котрого встановлюються оптимальні значення швидкостей, прискорень, коливання натягів, при яких не відбувається значних змін форми стрічки.

Остаточні діапазони коливань вказаних параметрів і знаходження їх оптимальних значень здійснюється після побудови моделі фотоелектричного перетворювача інформації і відповідного формального опису поверхні стрічки.

Прогнозування електромагнітних параметрів металевої магнітної стрічки по її геометрії здійснюється на основі встановленої залежності:

$$Unp = \exp \left[-\frac{\pi f}{v(d-d_0)} \right] \frac{1 - \exp \left(-4\pi d f \frac{h}{v} \right)}{1 - \exp \left(-4\pi d f \frac{h_0}{v} \right)},$$

де

U_{np} - відносне значення рівня сигналу відтворення,

f - частота сигналу, що записується,

d, d_0 - відстань між магнітною голівкою і магнітною стрічкою при наявності і відсутності дефектів, відповідно,

v - швидкість руху стрічки,

h, h_0 - товщина дефектної і бездефектної стрічки, відповідно.

Розроблений комплекс моделей дозволяє повністю описати динаміку металевої магнітної стрічки і оптимізувати умови вимірювань.

Запропонована класифікація дефектів металевої магнітної стрічки, на основі якої розроблений словник системи розпізнавання дефектів поверхні.

Розроблені процедура формального опису поверхні стрічки, алгоритм попередньої обробки поступаючої з перетворювача інформації, процедура навчання, метод знаходження розділяючих поверхнь і алгоритм класифікації дефектів.

ГОЛОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ

1. Розроблений комплексний підхід до проблеми підвищення ефективності магнітних носіїв інформації у процесі їх виробництва.

2. Створені математична модель каналу цифрового магнітного запису-відтворення і методика, що дозволяють прогнозувати електромагнітні параметри носія інформації по його геометрії;

3. Розроблені моделі, алгоритми і технічні принципи побудови перетворювача інформації для АСК процесом виробництва металевої магнітної стрічки: розроблені математичні моделі процесів, що визначають умови вимірювання параметрів металевої магнітної стрічки, у тому числі:

- математична модель стрічкопротяжного механізму оцінки параметрів стрічки для прогнозування можливих змін форми дефектної стрічки у процесі вимірювань і визначення оптимальних умов вимірювання;

- математична модель оптичного перетворювача;
- алгоритми обробки даних, що надходять з перетворювача інформації.

4. Встановлена залежність між формою, розмірами мікрорельєфу металеві магнітної стрічки і рівнем і формою відтворюваного сигналу. На основі цієї залежності вироблені критерії оцінки геометричних параметрів стрічки, виходячи з вимог до електромагнітних.

5. Запропонований оптичний метод виявлення дефектів металеві магнітної стрічки, розроблений на основі дослідження особливостей геометрії дефектної магнітної стрічки.

6. Запропонований алгоритм класифікації дефектів металеві магнітної стрічки і формування відповідних повідомлень для АСК процесом її виробництва.

7. Запропонована структура пристрою комплексної оцінки параметрів металеві магнітної стрічки.

Розроблені пристрій, методи і алгоритми впроваджені у виробках "Стенд 10ИМ-М" НДІ електромеханічних приладів.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИСЕРТАЦИИ

1. Кутищева Г.В., Гайворонська Я.В., Черноус Д.П. Система автоматичного контролю якості металеві магнітної стрічки у процесі виробництва. - "Автоматика-94": Тези доповідей I Української конференції з автоматичного керування (18-23 травня 1994 р.) - Київ, 1994. - С. 423.

Автором запропонована структурна схема системи автоматичного контролю якості та пристрій комплексної оцінки параметрів металеві магнітної стрічки.

2. Кутищева А.В. Моделирование канала магнитной записи-воспроизведения //Управляющие системы и машины.- 1995.- №1/2.-С.46-48.

3. Кутищева А.В. Информационно-измерительное устройство оптогеометрических параметров металлической магнитной ленты //Управляющие системы и машины.- 1995.- №1/2.-С.77-78.

4. Кутищева А.В. Моделирование лентопротяжного механизма контрольно-измерительного стенда 10 ИМ-М: Київський

політехнічний інститут.- Київ, 1995. Деп. у УкрНДІТІ, 3.01.95, №9-Ук 95.

5. Кутищева А. В. Моделирование пространственных колебаний металлической магнитной ленты в тракте лентопротяжного механизма контрольно-измерительного стенда 10 ИМ-М: Київський політехнічний інститут.- Київ, 1995. Деп. у УкрНДІТІ, 3.01.95, №8-Ук 95.

6. Кутищева А. В. Особенности производства холоднокатанной металлической магнитной ленты: Київський політехнічний інститут.- Київ, 1995. Деп. у УкрНДІТІ, 3.01.95, №7-Ук 95.

7. Кутищева А. В. Применение методов объектно-ориентированного проектирования при создании математической модели контрольно-измерительного устройства: Київський політехнічний інститут.- Київ, 1995. Деп. у УкрНДІТІ, 3.01.95, №6-Ук 95.

АННОТАЦИЯ

Кутищева Анна Викторовна

Методы и средства повышения эффективности магнитных носителей

Работой является рукопись на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.08.-Вычислительные машины, системы и сети, элементы устройств вычислительной техники и систем управления Национальный технический университет Украины "КПИ" г. Киев, 1996 г.

Целью диссертационной работы является повышение эффективности магнитного носителя информации - металлической магнитной ленты - путем комплексной оценки, прогнозирования и коррекции ее параметров в процессе производства, а также разработка научных основ физических и технических принципов создания информационной системы АСУ технологическим процессом производства металлической магнитной ленты, позволяющей осуществлять управление в реальном масштабе времени.

Представлены: комплексный подход к оценке параметров металлической магнитной ленты, методики прогнозирования электромагнитных параметров ленты по ее геометрии; математические модели процессов, определяющих условия измерения параметров металлической магнитной ленты.

THE SUMMARY

Kutishcheva Ann

Methods and means of increasing efficiency of magnetic medium

The work is the manuscript to submit a scientific degree of the candidate of technical sciences on speciality 05.13.08 - Computers, systems and networks, elements of systems of computer facilities and control systems

National technical university of Ukraine "KPI"
Kiev, 1996

The purpose of the work is to increase efficiency of the magnetic medium - metal magnetic tape - by complex valuation, forecasting and correction of its parameters during production, and also the development of scientific bases of natural and technical creation principles of control system for technological process of production of a metal magnetic tape, enabling to execute a management in real time scale. Are submitted: the complex approach to valuation of parameters of a metal magnetic tape, technique of forecasting of electromagnetic parameters of a tape on its geometry; mathematical models of processes determining conditions of measurement of parameters of a metal magnetic tape.

Ключові слова: металева магнитна стрічка, носії інформації, канал запису-відтворювання, стрічкопротяжний механізм, комплексна математична модель.

111012

AB 35.938