

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
КОНОТОПСЬКИЙ ІНСТИТУТ

Кафедра електронних  
приладів і автоматики

**Кваліфікаційна робота**

**Розробка електронного пристрою автоматичного контролю зносу сталевих канатів шахтних підйомних машин**

Студент гр. ЕП- 61к

С. Ю. Ковтун

Науковий керівник  
к.т.н., доцент

М. П. Матвієнко

Конотоп 2020

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота присвячена розробці електронного пристрою автоматичного контролю зносу сталевих канатів шахтних підйомних машин.

Об'єктом розробки такого пристрою є сталеві канати шахтних підйомних машин.

Метою роботи є розробка електронного пристрою автоматичного контролю зносу сталевих канатів шахтних підйомних машин.

При виконанні кваліфікаційної роботи по розробці електронного пристрою автоматичного контролю зносу сталевих канатів шахтних підйомних машин сталевий канат розглянутий як єдине ціле з навколишнім середовищем і системою заміру площинності перерізу самого канату в площині контролю з урахуванням набору більш впливових параметрів навколишнього середовища і збуджуючих технологічних факторів. З урахуванням цього побудована модель, розроблений алгоритм заміру зносу сталевих канатів, який реалізований у контролері MSP430F2013. Виконаний аналіз існуючих контролерів і вибраний такий, який найбільше відповідає реалізації задачі поставлений в кваліфікаційній роботі .

Робота викладена на 38 сторінках, у тому числі включає 16 рисунків, список цитованої літератури із 24 джерел, додаток А.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ЕЛЕКТРОННИЙ ПРИСТРІЙ, АВТОМАТИЧНИЙ КОНТРОЛЬ, СТАЛЕВИЙ КАНАТ, ЗНОС СТАЛЕВОГО КАНАТУ, ШАХТНА ПІДЙОМНА МАШИНА, ЗБУРЮЮЧІ ФАКТОРИ, МАГНІТНА ІНДУКЦІЯ, МОСТОВА СХЕМА ВИМІРЮВАННЯ, ОЦИНКОВАНИЙ КАНАТ, КОНТРОЛЕРИ, ПРОГРАМУВАННЯ КОНТРОЛЕРА.

## ЗМІСТ

	стор.
<b>ВСТУП</b> .....	4
<b>РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СПОСОБІВ І ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ ЗНОСУ СТАЛЕВИХ КАНАТІВ</b> .....	5
1.1. Оцінка існуючих способів і засобів контролю зносу сталевих канатів.....	5
1.2. Стан питання по дослідженню критеріїв бракування канатів для розробки вимог, пред'являємих до системи.....	13
<b>РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА НОВИХ МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ ЗНОСУ СТАНУ СТАЛЕВИХ КАНАТІВ</b> .....	15
2.1 Дослідження залежностей параметрів електромагнітного вимірювального перетворювача, впливаючих параметрів і збурюючих факторів.....	15
2.2. Нові способи контролю зносу сталевих канатів .....	18
<b>РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ ЗНОСУ СТАЛЕВИХ КАНАТІВ</b> .....	24
3.1 Розробка датчика зносу сталевих канатів .....	24
3.2. Вибір контролера для обробки, запису і представлення інформації про знос сталевих канатів .....	28
3.3.Розробка системи, алгоритму і програми роботи контролера зносу сталевих канатів.....	31
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	35
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b> .....	36
<b>ДОДАТОК А</b> .....	39

## ВСТУП

Сталеві канати застосовуються в різних підйомно-транспортних механізмах і машинах, в газонафтовій і, особливо, в гірничорудній промисловості. Збільшення глибин копалень веде до збільшення інтенсивності експлуатації канатів. Але із збільшенням довжин канатів, зменшується їх надійність, де вони в процесі експлуатації піддаються дуже швидкому і нерівномірному зносу, що веде до ще більшого зменшення їх надійності.

Тому, щоб уникнути аварій у шахтах, необхідний точний, достовірний і легко виконуваний контроль стану канатів у процесі експлуатації, так як його обрив, як правило, веде до великих аварій на шахті і часто з людськими жертвами.

Методи і системи контролю сталевих канатів у теперішній час мають низку швидкість контролю, невелику точність, велику залежність від впливу зовнішніх параметрів і факторів. Тому в кваліфікаційній роботі розглядаються нові методи, на основі яких будується система контролю зносу сталевих канатів з більш високими якісними показниками.

У роботі сталевий канат розглядається як єдине ціле з навколишнім середовищем і системою заміру площності перерізу самого канату, з урахуванням на цій основі набору впливаючих параметрів каната, навколишнього середовища і збуджуючих технологічних факторів. На цій основі побудована модель і алгоритм об'єкта контролю, процесу заміру і сумарної погрішності заміру. Показано, що найбільш впливаючими параметрами на канат є температура, волога, замасленість, товщина цинкового покриття, кількість ржавчини, натяг і витяжка каната. З урахуванням цього приведена аналітична залежність сумарної аналітичної похибки заміру, яка виражена через чутливість до перерізу каната. На цій основі розроблені методи і система для контролю і вибраковки сталевих канатів для шахтних підйомних машин.

## РОЗДІЛ 1

# АНАЛІЗ СПОСОБІВ І ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ ЗНОСУ СТАЛЕВИХ КАНАТІВ

### 1.1. Оцінка існуючих способів і засобів контролю зносу сталевих канатів

Сталевий канат є одним з найдорожчих пристроїв експлуатації на шахтах. З використанням канатів переміщуються мільйони тонн вантажів, сотні тисяч людей. У цих умовах особливого значення набуває питання безпеки по запобіганню аваріям, зокрема, обривам канатів. Правилами безпеки регламентований комплекс заходів, які забезпечують безпечну експлуатацію канатів на шахтних підйомних установках. У практиці експлуатації сталевих канатів вироблена певна система методів контролю за станом канатів: щоденний візуальний огляд канатів контроль запасу міцності приймальні і періодичні руйнівні випробування відрізків каната; контроль обривів провідників і стан поверхні; періодичний неразрушаючий контроль зменшення перетину каната вимірювальними приладами; періодичний контроль внутрішніх і зовнішніх обривів провідників дефектоскопами [1].

Основоположником робіт в області дефектоскопії сталевих канатів електромагнітним методом був професор В.С.Кравченко, який досліджував ряд основоположних теоретичних питань. За наслідками його робіт в ІГД ім. А.А.Скочинського ( Росія ) були розроблені перші зразки канатних дефектоскопів [2, 3]. Подальший розвиток магнітна дефектоскопія отримала в працях таких вчених СНД, як М.Б. Трейгер, Б.Я.Погребцов, А.І.Бакулін, В.М.Приходько, І.І.Міненков, А.Г.Ксюнін [ 4, 5, 6, 7]. Магнітні методи контролю перетину сталевих канатів слід розділити на декілька підвидів: метод постійного струму; метод змінного струму; метод з використанням датчиків Холла або магнітодіодів; метод з використанням індукційної чутливої котушки; метод змінного струму в слабких полях; метод, що

використовує намагнічення змінним струмом до насичення; сюди ж слід віднести метод, що використовує шуми Баркгаузена.

Метод змінного струму вперше був запропонований Уоллом, який дослідив можливості методу і розробив електромагнітні пристрої для контролю сталевих канатів. У роботі було вказано на ряд переваг методу змінного струму: сигнал змінного струму легко виявляється; метод не вимагає безперервного переміщення через магнітну систему перетворювача; виключається залишкове намагнічення із-за раніше проведеного випробування. Тут же приведені відомості, що розроблений ними пристрій дозволяє виявляти обірвані дроти усередині каната закритої конструкції, які складають менше 5% зменшення повної площі перетину.

Стахурський описав основи магнітних методів постійного струму, на яких ґрунтуються дефектоскопи сталевих канатів, що виготовляються у ПНР. Приводяться дані про типи дефектів, що створюються у контрольних зразках для калібрування дефектоскопів. Один з приладів, що випускається тривалий час в ПНР під назвою дефектограф МД-8, запатентований в [ 8, 9, 10 ]. Канат намагнічується в полі постійного магніта до точки насичення і переміщається з постійною швидкістю.

У описі винаходу [ 11 ] викладений пристрій для контролю кабелів із сталевими жилами, схожих по конструкції із сталевими канатами. Пристрій містить чутливу головку, розміщену навколо багатожильного кабелю. Головка містить котушки збудження для створення магнітного поля співісного з ділянкою кабелю, що перевіряється. Приймальна котушка охоплює ділянку кабелю і реєструє магнітний потік, паралельний осі кабелю і що проходить через площину приймальної котушки. Сигнали з приймальної котушки містять дані про амплітуду і фазу магнітного потоку. При аналізі цих даних встановлюють наявність дефектів і їх величину в багатожильному кабелі.

У Канадському патенті [ 12 ] описаний пристрій, який дозволяє контролювати перетини каната і розриви структури. У вимірювальному пристрої [ 13 ] зондує поле утворюється двома електромагнітами постійного струму, які розміщуються один проти одного із зазором до контрольованого каната. Як вимірювальний

пристрій використовуються датчики Холла, що розміщуються у зазорах між полюсними наконечниками електромагнітів і контролюємим об'єктом і в проміжку між полюсами. Датчики, розташовані в зазорах, необхідні для визначень зменшення площі поперечного перетину канатів за результатом порівняння величини магнітних полів бездефектної ділянки каната і дефектної. Вимірювання незалежить від швидкості переміщення пристрою щодо каната.

Датчик магнітного дефектоскопа для вимірювання пошкоджень канатів, прутків і тому подібних предметів з феромагнітних матеріалів [ 14 ] містить магнітні концентратори, складені з сегментів кільця. У щілини вставлені холлотронні перетворювачі (датчики Холла). Концентратори виконані з феромагнітного матеріалу з малою коерцетивною силою. Лінії магнітного поля каната, що виникає у місці пошкодження, збираються концентратором. Датчики Холла перетворюють магнітну індукцію у напругу. Винахід переслідує мету підвищення точності контролю, отримання сигналу, не залежного від швидкості руху каната, усунення впливу поперечних переміщень каната і нерівномірності швидкості його руху.

Цифровий дефектоскоп для визначення ослаблення сталевих канатів [15 ] складається з датчика, сполученого з імпульсно-цифровим перетворювачем, що містить блок компараторів, сполучений з дефектором локального зосередження пошкоджень і блоком генератора одиночних імпульсів, сполучених через суматор з блоком формування.

Робота дефектоскопа згідно винаходу полягає в наступному. Імпульси, що поступають з датчика, аналізуються в блоці компараторів, який управляє роботою блока генераторів одиночних імпульсів у послідовні моменти часу і детектора локального зосередження пошкоджень. Цими імпульсами управляється блок формування через суматор. Блок формування виробляє прямокутні імпульси із стандартними параметрами. Кількість імпульсів з блоку формування, що характеризує втрату міцності каната, підраховує лічильник і аналізує аналізатором на заданому шляху. Координати місця контролю або дослідження по довжині каната видаються у цифровій формі цифровим індикатором, а число ділянок перевищення допустимої величини пошкоджень підраховує і сигналізує детектор.

У пристрої для автоматичного виявлення пориву провідників у канатах [ 16] характерною особливістю є диференціальне включення датчикових котушок. Таке включення забезпечує датчику таку перевагу, як нечутливість до таких перешкод, як поперечні коливання канатів, сторонні магнітні поля.

Необхідна роздільна здатність забезпечується пустим виконанням полюсних наконечників, які зближуючись над поверхнею каната утворюють вузьку щілину. Для налаштування вхідної робочої крапки на характеристиці магнітопроводів, що намагнічує, введені додаткові компенсаційні котушки. Пристрій забезпечений датчиком і індикатором координати досліджуваної ділянки каната. Датчик безконтактний і не містить рухомих частин. У магнітному пристрої для неруйнівного контролю і оцінки протяжних виробів типу сталевих троса, труб і так далі [ 17 ] контролюється зменшення перетину і локальні дефекти типу обривів і вм'ятин. Детектор для вимірювання змін потоку містить чутливу котушку, встановлену в безпосередній близькості від каната між полюсами магніту, яка сприймає малі зміни потоку розсіяння. Сигнали зміни потоку розсіяння поступають в інтегратор для визначення сумарної зміни потоку розсіяння і відповідно сумарної зміни поперечного перетину. Внутрішні дефекти також впливають на потік розсіяння і детектуються на якісному рівні. Пристрій видає сумарний сигнал про перетин незалежно від швидкості переміщення каната відносно пристрою і пригнічує перешкоди на виході, викликані неоднорідною будовою каната.

Ефект Холла використовується і в патенті Фінляндії [ 18 ] під назвою "Магнітний випробувальний пристрій для виявлення несплошностей металу, внутрішніх і зовнішніх дефектів у довгастих предметах, що володіють магнітною провідністю, таких як сталеві канати і тому подібне". Пристрій містить постійний магніт, полюси якого знаходяться один від одного на деякій відстані для створення в продовжньому напрямі випробовуваного протяжного виробу магнітного потоку і достатньо могутнього для забезпечення магнітного насичення, що знаходиться між полюсами магніта ділянки предмету, і трубообразний полюсний наконечник, який встановлюється з можливістю обхвату вказаного протяжного виробу таким чином,



що обидва полюси постійного магніту розташовуються поблизу від вказаного предмету, а магнітний потік направлений радіально до предмету в області одного полюса і радіально назовні від предмету в області іншого полюса.

Особливістю даного пристрою є використання датчиків Холла в місці входу і виходу магнітного потоку у виріб і з виробу усередині полюсних наконечників для реєстрації зміни площі перетину канатів і установка інших датчиків Холла між полюсними наконечниками для виявлення внутрішніх і зовнішніх дефектів типу обриву дроту. Полюсні наконечники виконані у вигляді труби з двох частин роз'ємними. У перспективному варіанті виконання описаний пристрій для орієнтації дефектоскопа відносно каната. Полюсні наконечники ізолювані від постійного магніта немагнітним і непровідним матеріалом для створення магнітного опору заданої величини в магнітному ланцюзі дефектоскопа.

У пристрої для магнітного контролю сталевих тросів [ 19 ], розробленого інститутами МакНДІ і "Автоматвуглерудпромом", індуктивний датчик представляє собою дві котушки, намотані на залізні сердечники П-образної форми, набрані з трансформаторного заліза. Залізні сердечники закінчуються сталевими роликами, які в процесі контролю обжимають канат. При установці на канаті обидві половинки датчика скріпляються між собою за допомогою болтів з баранчиками. Для усунення впливу поперечних коливань каната на показання приладу із-за можливих змін повітряного зазору між канатом і залізним сердечником ролики притискаються до каната за допомогою спеціальних пружин. У 1964 р. групою авторів з інституту МакНДІ був запропонований частотний метод вимірювання величини натягіння в шахтних підйомних канатах [ 19, 20 ], який був використаний і для контролю розподілу навантаження між канатами багатоканатних машин. Суть методу полягає в тому, що частота поперечних коливань будь-якої зафіксованої ділянки підйомного каната визначається за інших рівних умов величиною натягіння в даній ділянці каната. Вимірювання величини розтягуючого зусилля у канаті проводиться таким чином: жорстко фіксують опорними пристроями ділянку завдовжки в декілька метрів, де необхідно провести заміри. У виділеній ділянці порушують поперечні

коливання і вимірюють їх частоту. По частоті поперечних коливань розрахунковим шляхом або за досвідченими даними визначають величину розтягуючого зусилля.

Використовуючи викладені вище винаходи в області магнітної дефектоскопії, в світовій практиці випускається велика різноманітність дефектоскопів, що виявляють знос і обриви канатів. У моєму огляді я торкнувся лише найвідоміших приладів, що серійно випускаються і які набули найбільшого поширення. З радянських дефектоскопів слід зазначити ИИСК-1, ИИСК-3, ИИСК-4 і ИИСК-5, що отримали велику популярність із-за надійності, простоти, невеликих габаритів і маси. Вимірник ИИСК-1 був описаний раніше. ИИСК-3 відрізняється від ИИСК-1 більшою стабільністю свідчень, замість роликів застосовані особливої форми полюсні наконечники, також як і в ИИСК-1 для зондування каната використовувався змінний магнітний потік з живленням від мережі і подвійний резонансний міст. ИИСК-4 живився від автономного джерела-акумуляторної батареї, для зондування каната використовувалася частота 20 Гц, що дозволило понизити погрішність при випробуваннях канатів з металевим сердечником і багатопрядних, а батарейне живлення і виконання РП-И дозволило проводити випробування канатів в стовбурі шахт, у вибухонебезпечній атмосфері.

Відомий вплив цинкового покриття на результати вимірювань перетину каната методом змінного струму. Для усунення впливу цинкового покриття на показання приладу в ИИСК-5 розроблені заходи, завдяки яким визначається спочатку поправка і результати вимірювань коректуються в ході аналізу стану каната. Для більш рівномірного розподілу магнітного потоку усередині каната особливим чином виконані полюсні наконечники і бокові магнітопроводящі накладки. Для контролю кількості обривів дроту в канатах якийсь час випускався Харківським заводом маркшейдерських інструментів дефектоскоп сталевих канатів ДСК-У, за допомогою якого можна було поррахувати внутрішні і зовнішні обриви провідників каната на всій його довжині.

Індикатор для контролю канатів типу Mid-3 [13, 21] розроблений науково-дослідним вугільним інститутом Острава-Радваніце, Чехословакія, призначений для визначення як зовнішніх, так і внутрішніх дефектів каната, що виявляються у

вигляді зломів провідників, корозії, стирання. За допомогою індикатора можна визначити їх об'єм і частково місце знаходження дефекту. Прилад призначений для регулярних перевірок канатів, пов'язаних з офіційним продовженням терміну служби каната. Індикатор працює, на принципі насичення ділянки каната магнітним полем постійного струму і счислення магнітного поля розсіювання за допомогою счислюючої котушки.

Прилад MID -3 складається з счислюючої головки, що включає постійний магніт, счислюючі котушки, імпульсний тахогенератор і обчислювальний прилад. Для отримання постійного запису до комплекту підключається самописний прилад.

Корозію стирання і концентрацію зламів дроту можна розрізнити за допомогою рівня сигналу на світловій шкалі по величині свідчень інтегруючого вольтметра, по числу імпульсів на встановленому рівні. За допомогою двоканального самописного приладу додатково отримують інформацію про стан каната. Окремі пориви дроту виявляється як імпульс підвищеної амплітуди на тлі шумів каната. Корозія або стирання провідників виявляється підвищеним шумом каната. Приладом можливий контроль канатів в двох діапазонах від 15мм до 46 мм і від 46 мм до, 76 мм залежно від типу вимірювальної головки.

Устаткування для магнітної неруйнівної дефектоскопії підрозділяється на:

1. Первинні перетворювачі, що включають серію магнітних вимірювальних головок від GP-I до GP-6 з відповідними чутливими елементами у вигляді індуктивних котушок або датчиків Холла для діаметрів канатів від 8мм до 85 мм;

2. Устаткування для перевірки, яке включає спеціальні реєструючі прилади, такі як дефектограф MD -8M (з маркіровкою місць пошкодження більше заздалегідь заданого рівня спеціальним чорнилом) і реєстратор пошкоджень каната MD - 12, остання модель (з термічною реєстрацією);

3. Контрольне устаткування, що включає монітор пошкоджень канатів MD-IOP, який перевіряє кількість і рівень дефектів каната, а також може контролювати введення результатів перевірок на друкуючий пристрій;

4. Допоміжне устаткування, що включає датчики шляху і швидкості переміщення каната, а також аерограф-маркер, що приводиться в дію в місцях

дефектів в канаті і полекшуюче їх виявлення і усунення після ретельного огляду і інші сервісні пристрої.

Вимірювальні можливості випробувального устаткування були всесторонньо випробувані і перевірені в Науково-дослідному центрі по техніці безпеки в гірничій промисловості, м. Катовіце (ПНР). Ці випробування проводилися за планом впровадження широкої програми випробувань Комісії з безпеки і охорони праці в шахтах країн, членів ЄЕС. Згідно доповіді за наслідками випробувань, підготовленому в Шеффільді, вимірювальна головка, використовувана для перевірки сталевих канатів, забезпечує краще детектування обривів проводів в канаті, чим інше аналогічне устаткування. Оскільки робота з такими дефектоскопами вимагає певних знань у споживачів, що експлуатують дефектоскопи, Гірничометалургійна академія в Кракові проводить навчання персоналу, випускає підручники і організовує семінари з техніки перевірки і інтерпретації результатів вимірювання. У технологічну схему використання дефектоскопів Meruster входить ще ряд приладів:

1. Індуктивний датчик, сумісний з реєстратором пошкодження каната MD-I2 і монітором пошкодження каната MD-IOP;

2. Гібридний датчик, що складається з індуктивного датчика і датчика, заснованого на ефекті Холла, сумісний з реєстратором, пошкодження каната MD-I2. Він може також використовуватися з монітором MD-IOP, проте в даному випадку він не містить датчиків на ефекті Холла;

3. Портативний тестер MD-20, що включає вбудовану вимірювальну головку для канатів діаметром до 20 мм;

4. Датчик довжини каната, сумісний зі всіма вимірювальними головками. Датчик, що є джерелом шляхових сигналів, дозволяє судити про напрям і величину переміщення каната, призначений для включення в комплект з реєстратором MD-I2 і монітором MD-IOP.

## **1.2. Стан питання по дослідженню критеріїв бракування канатів для розробки вимог, пред'являємих до системи**

Важливе значення для забезпечення безпечної експлуатації канатів є вибір норм бракування і критеріїв бракування. Вирішенню проблеми наукового обґрунтування критеріїв граничного стану сталевих канатів приділяли увагу такі учені як М.Ф.Глушков, Д.Г.Ітков, І.Т.Поспехов, А.І.Кольчин, К.М.Масленников, А.С.Похољченко, С.Т.Сергєєв і ін. Всі вищеназвані вчені обґрунтовували норми бракування канатів по обривах провідників, враховували вплив сил тертя між провідниками, але не враховували статистичний аспект процесу усталостного руйнування в реальних умовах експлуатації. Аналіз статистики процесу накопичення обривів провідників вперше був проведений І.А.Окіншевічем і І.Б.Тартаковським. На жаль, вони тільки вказали на можливість прогнозу числа обривів провідників. Запас міцності як критерій, по якому вирішується експлуатація людських підйомів, не має бути нижче за деяке число, яке в різних країнах для одного і того ж типу і діаметру каната буде різним, для шестипрядних канатів, наприклад, це число коливається в різних країнах від 4,7 в США до 9,4 в Австралії.

Дуже значно відрізняються в різних країнах і норми бракування по обривах провідників.

Відрізняються методи і норми бракування за показниками продовження і стоншування, по ступеню корозії, визначенню органолептично або суб'єктивно при неруйнуючому контролі, за результатами руйнівних випробувань відрізків канатів.

У створенні приладів неруйнівного контролю сталевих канатів важливо вирішити, яким чином використовувати сигнал, що отримується з приладу. Другими словами, знайти досить надійний критерій бракування. Із всього різноманіття критеріїв, вибраних для контролю міцності канатів, придатні ті, між значеннями якого і міцністю каната існує значуща кореляція, а кращим критерієм є критерій, для якого така кореляція найбільш тісна [16]. Найбільш тісна кореляція з міцністю каната спостерігається у таких показників, як зменшення площі перетину канатів, їх стоншування при повторних руйнівних випробуваннях і втрата перетину каната, визначувана по зміні індуктивності і вимірювального перетворювача, що містить котушку на П-образному магнітопроводі, для якого контрольована ділянка каната є

замикаючим елементом [17 ]. З погляду оперативного контролю по всій довжині, останній показник є найбільш привабливим.

## **РОЗДІЛ 2**

### **РОЗРОБКА НОВИХ МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ СТАНУ ЗНОСУ СТАЛЕВИХ КАНАТІВ**

#### **2.1. Дослідження залежностей параметрів електромагнітного вимірювального перетворювача, впливаючих параметрів і збурюючих факторів**

Для визначення кількісних характеристик взаємного впливу один на одного об'єкта контролю, засобів контролю, параметрів навколишнього середовища і технологічних факторів, а також для побудови математичної моделі вимірювань втрати перерізу, необхідні експериментальні дані. Були проведені ряд експериментів та отримано залежності основного параметра вимірювального перетворювача - його індуктивності - від найбільш сильних впливаючих параметрів і факторів. У більшості випадків залежності зняті для декількох діаметрів канатів, що охоплюють весь діапазон їх застосування на підйомних установках вугільних шахт.

На рис.2.1.1. наведена залежність похибки визначення перерізу каната електромагнітним перетворювачем на канаті від впливу вологості каната.

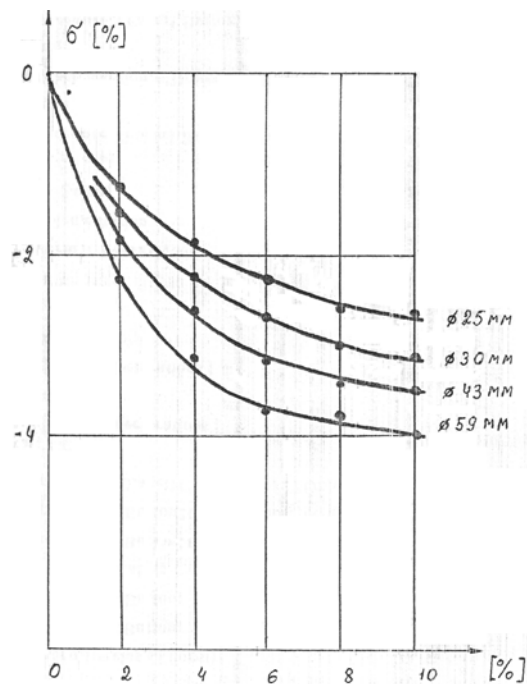


Рис. 2.1.1. Залежність похибки електромагнітного перетворювача на канаті від вологості каната

Для зняття характеристик були виготовлені зразки канатів з декількома штучними втратами перерізу, виконаними шляхом рівномірного по перетину видалення дротів, які приведені на рис.2.1.2. За допомогою насичення міжпроволочного простору, органічного сердечника в канаті і гігроскопічного матеріалу безпосередньо навколо каната встановлювалася пропитана "шахтною водою" задана вологість каната, замірялася втрата перетину перетворювачем і визначалася похибка вимірювання для чотирьох діаметрів канатів: 15мм, 30мм, 43мм і 59 мм. Видно, що зі збільшенням вологості каната збільшується і похибка вимірювання перерізу, яка має негативний знак.

Похибка збільшується і з збільшенням діаметра каната. Подальше зростання вологості робить все менший вплив на похибку визначення втрати перерізу перетворювача.

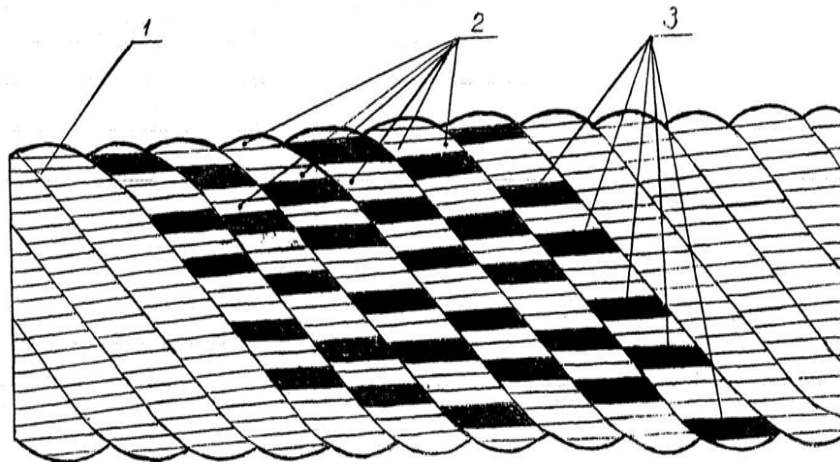


Рис.2.1.2 Схема виконання штучного зносу на контрольному відрізку каната.

1 – контрольний відрізок каната; 2 – пасми каната з виведеними проволочками; 3 – расташування виведених проволоок в пасмах

На рис. 2.1.3 наведена залежність похибки електромагнітного перетворювача на канаті від товщини цинкового покриття дротів. Для проведення експерименту були виготовлені набори відрізків канату однієї і тієї ж бухти довжиною 400 мм без покриття і з цинковим покриттям товщиною 4, 8, 12, 16, 20 і 24 мкм. У кожному наборі було по  $19 * 6 = 114$  дротин, зібраних в шість пучків по 19 дротів, що імітують пасма каната.

Покриття здійснювалось гальванічним шляхом за технологією, аналогічної застосовуваної при виготовленні канатного оцинкованого дроту. Товщина покриття в процесі виготовлення підбиралася експериментально зміною часу покриття. Контроль товщини покриття здійснювався по зміні діаметра дротів оптиметром. Однакове покриття товщиною навіть у кілька мікрон виявляє помітний вплив на похибку вимірювання зносу сталевих канатів, і з подальшим зростанням товщини покриття похибка змінюється слабо. Поздовжні порушення суцільності цинкового покриття на всю його товщину зводять нанівець вплив цинкового покриття на величину похибки.



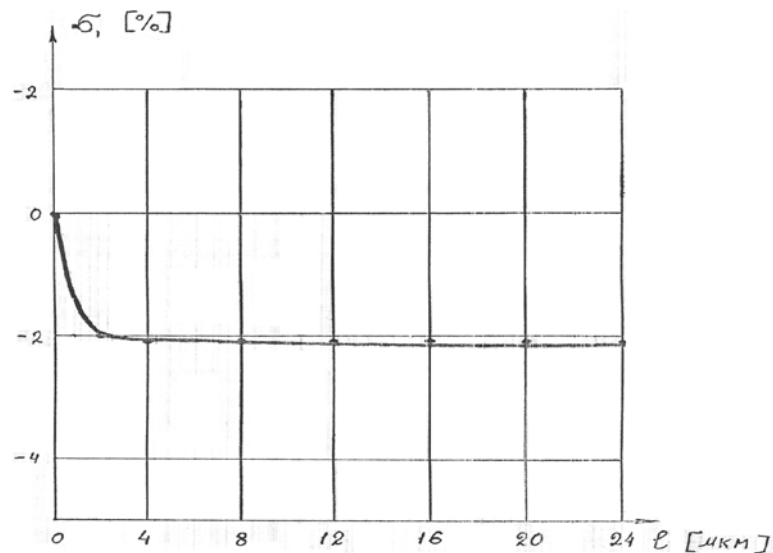


Рис.2.1.3 Залежність похибки електромагнітного перетворювача на канаті від товщини цинкового покриття дротів

Для визначення глибини проникнення магнітного поля в канат і її залежності від частоти зондуючого поля були виготовлені чотири макета канатів відповідного діаметра, у яких в кожному шарі (а таких верств сім) було влаштовано симетрично по три дроту, які можна було витягувати і вводити на місце. Всіх дротів було  $19 * 6 = 114$ . Під час вилучення дроту з різних верств по приладу вимірювалася відносна похибка, що змінювалася в залежності від глибини знаходження шару дроту, від частоти зондуючого поля та від діаметра каната. При частоті зондуючого поля до 25 Гц проникнення поля в канат навіть для максимальних діаметрів каната було повним. Для більш високих частот зондування таке проникнення було частковим.

На похибку перетворювача впливають і інші фактори і параметри. Так, наприклад, в залежності від матеріалу і стану органічного осердя змінюється зовнішній діаметр каната, а разом з тим - показник вимірювача, хоча власне перетин дротів залишається без зміни.

На основі проведеного вище системного аналізу завдань і результатів досліджень були синтезовані кілька нових способів і пристроїв виміру зносу сталевих канатів.

## 2.2. Нові способи контролю зносу сталевих канатів

Розроблені нові способи і системи принципово відрізняються від існуючих не тільки суттєвими відмітними ознаками, а й тим, що в кожному з них одночасно знижуються дії флуктуацій кількох впливових параметрів, а також тим, що в кожному з них долається те чи інше технічне протиріччя. Подолання протиріч означає поліпшення споживчих властивостей розробок при одночасному їх спрощенні.

Сутність першого розробленого способу полягає у наступному: канат перемагнічується під час його прямолінійного і рівномірного руху низькочастотним полем прохідного електромагнітного перетворювача; першою котушкою перетворюють в електричний сигнал  $U_1$  магнітні шуми, що виникають у канаті поза зоною перемагнічування із - за руху каната; другою котушкою перетворюють в електричний сигнал  $U_2$  магнітні шуми, що виникають у канаті через його перемагнічування електромагнітним перетворювачем; сигнал  $U_1$  затримується щодо сигналу  $U_2$  на час  $\Delta t$ , пропорційним відстані  $L$  між котушками і обернено пропорційно швидкості  $V$  переміщення перетворювача щодо каната; підсилюють сигнал  $U_1$  в  $K$  разів; за величиною різниці  $(U_2 - K * U_1)$  судять про перетин каната  $S$ .

На рис. 2.2.1. наведена функціональна схема пристрою, що реалізує цей спосіб. Пристрій для магнітношумового контролю феромагнітних виробів містить перетворювач, що включає джерело низькочастотної напруги  $I$  (ИНН), два П-подібних феромагнітних сердечника 2 і 3 з намагнічуючими котушками 4 і 5, включеними послідовно і зустрічно по відношенню до замкнутого магнітного ланцюга, складеної з П-образних феромагнітних сердечників у показаному стрілкою на рис. 2.2.1. напрямку рухається сталевий канат  $Ю$  зі швидкістю  $V$ .

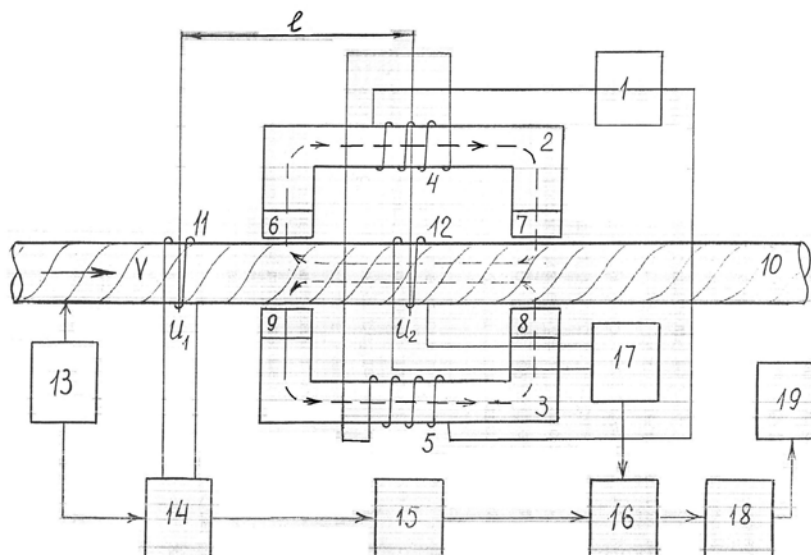


Рис. 2.2.1. Функціональна схема пристрою, що реалізує спосіб магнітошумового контролю ферромагнітних виробів

Робота всього пристрою магнітошумового контролю здійснюється наступним чином. Прохідний перетворювач, що складається з двох П-образних ферромагнітних сердечників 2 і 3 з полюсними наконечниками 6, 7, 8 і 9 разом з намагнічуючими котушками 4 і 5, встановлюється на вимірюваний канат 10. На канат також встановлюють індуктивні (чутливі) котушки 11 і 12. При русі каната 10 в першій індуктивній котушці 11 наводиться е.р.с.  $U_1$  магнітних шумів, частота і амплітуда яких залежить від локальних неоднорідностей каната. Е.р.с. магнітних шумів з першої індуктивної котушки 11 подається на вхід елемента 14 регульованої затримки, на керуючий вхід якого з ИСДК 13 подається сигнал, пропорційний швидкості  $V$  переміщення каната 10 щодо перетворювача. В елементі 14 сигнал затримується на час, рівний  $\frac{l}{V}$ , тобто пропорційно відстані між індуктивними котушками 11 і 12 і обернено пропорційно швидкості переміщення каната щодо перетворювача. Після затримки в елементі 14 сигнал  $U_1$  посилюється підсилювачем 15 в  $K$ -разів, у результаті чого посилений сигнал  $K \cdot U_1$  подається на перший вхід вимірювача різниці 16. При проходженні каната через прохідний перетворювач канат 10 перемагнічується низькочастотним полями, яке порушується котушками 4 і

5 при проходженні по них тимчасового низькочастотного струму від джерела низькочастотної напруги (ИПН) 1. Магнітний потік від кожної з котушок 4 і 5 замикається через П-образні феромагнітні сердечники 2 і 3 на канат. У максимальному (подовжньому) напрямку виникає сумарний магнітний потік від струму в котушках 4 і 5 з частотою намагнічення, рівною частоті змінного напруги джерела 1 (ИПН). При перемагніченні каната в ньому виникають шуми, які разом з низькочастотним магнітним полем каната збуджують у індуктивній котушці 12 е.р.с. індукції  $U_2$ . Низькочастотна складова напруги  $U_2$  замкнута режекторним фільтром 17. Високочастотна ж складова напруги  $U_2$ , викликана шумами Баркгаузена, визначається перетином каната і, крім того, як і напруга  $U_1$ , залежить від локальних неоднорідностей каната. Ця високочастотна складова напруги через режекторний фільтр 17 подається на другий вхід вимірювача різниці 16. Коефіцієнт підсилення  $K$  підсилювача підбирається таким, щоб високочастотна складова напруги  $K \cdot U_1$  дорівнювала високочастотній складовій напруги  $U_2$ , пов'язаної локальними неоднорідностями каната, його температурою, кислотністю, засмальцьованістю та іншими впливаючими параметрами і факторами. За цих умов на виході вимірювача різниці 16 формується сигнал  $(U_2 - K \cdot U_1)$ , який не залежить від всієї сукупності впливаючих параметрів і факторів і визначається тільки лише тертям каната. Крім перерахованих вище впливаючими параметрами і факторами можуть бути, наприклад, натяг, місцеві подовження, степінь змикання дротів і тому подібне. Сигнал  $(U_2 - K \cdot U_1)$ , у функціональному перетворювачі 18 перетворюється у величину  $C = a + b \cdot (U_2 - K \cdot U_1)$ , чисельно рівну процентному зменшенню перерізу каната в порівнянні з новим, бездефектним канатом. Значення вільного члена  $a$  й кутового коефіцієнта  $b$  встановлюють у функціональному перетворювачі 18 при градуванні пристрою магнітошумового контролю феромагнітних виробів. Сигнал  $C$  індицирується блоком індикації 19 безпосередньо у відсотках зменшення перерізу каната.

З урахуванням усіх зазначених вище обставин у запропонованому способі перетині каната судять за величиною  $U_2 - K \cdot U_1$ . Будь-яка із зазначених вище причин призводить до виникнення електричного сигналу в котушці 11 і потім в котушці

12. При цьому сигнали в обох котушках виникають як за законами електромагнітної індукції, так і з-за точкообразних зсувів доменних меж, що викликає скачки (шуми) Баркгаузена. Тому сигнали в котушках 11 і 12 мають двояку природу - індуктивну і магнітошумову, причому, через доменній структури сталі дротів каната індуктивна і магнітошумова складова сигналу є високочастотними та їх частоти більш ніж на два порядки перевищують частоту перемагнічування каната.

Сущість другого способу пояснюється рис. 2.2.2, рис.2.2.3.

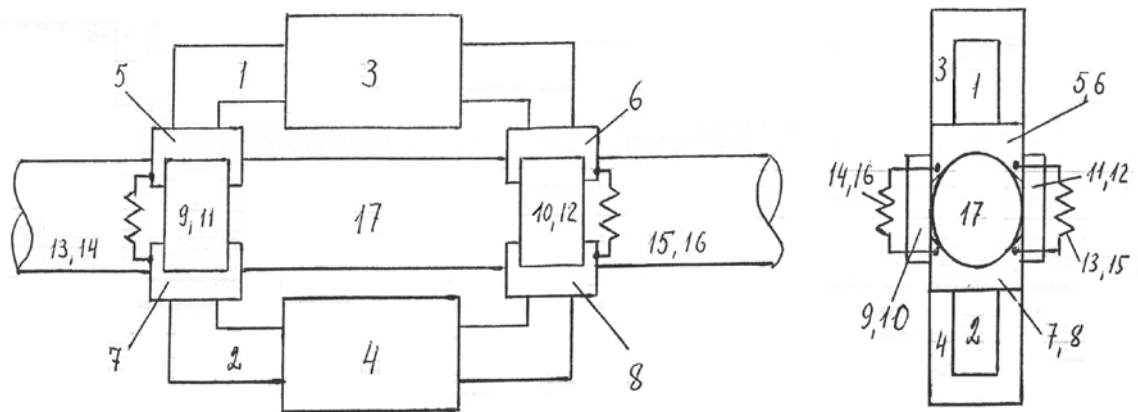


Рис. 2.2.2. Розміщення електромагнітів на канаті при реалізації другого способу

На рис. 2.2.2 зображено розташування електромагнітів на канаті. На рис. 2.2.3 наведена функціональна схема пристрою, що реалізує даний спосіб.

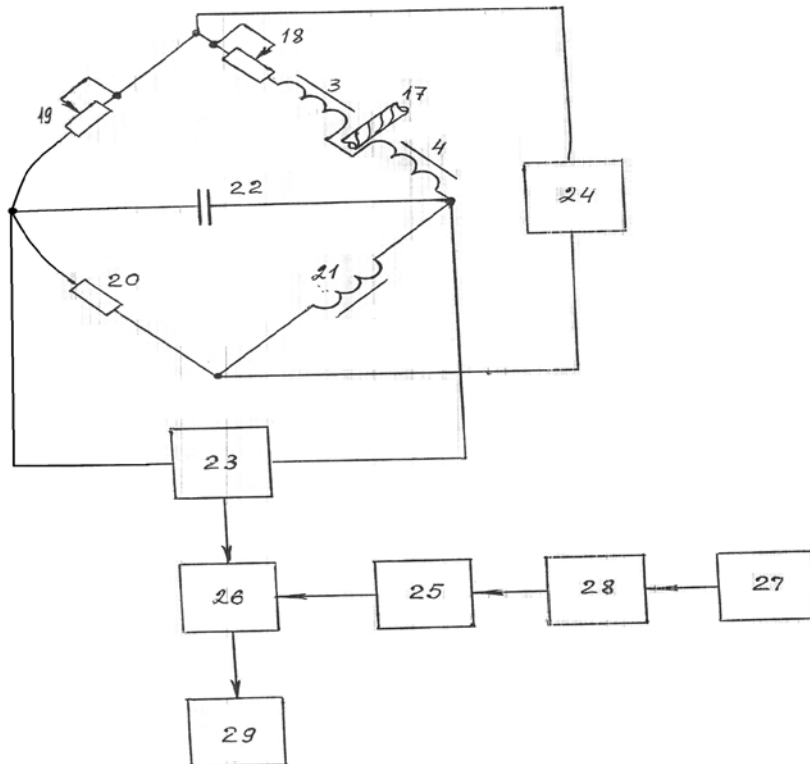


Рис. 2.2.3 Функціональна схема пристрою, що реалізує другий спосіб

Пристрій, що реалізує цей спосіб, працює так. Низькочастотний генератор 24 живить діагональ вимірювального моста синусоїдальною напругою фіксованої частоти в діапазоні від 18 до 40 Гц. Оптимальна частота вибирається залежно від параметра каната за критерієм мінімуму сумарної похибки вимірювання площі перерізу каната. В одне з плечей вимірювального мосту послідовно включені котушки 3 і 4 електромагнітів. Перед вимірами змінними резисторами 18 і 19 встановлюють міст в рівновагу, балансують, встановивши перед цим магнітну систему пристрою на бездефектній ділянці контрольного каната. У цьому випадку добиваються на вимірювальному виході мінімуму напруги. Перемістивши магнітну систему пристрою на ділянку контрольного каната з штучним дефектом, регулюють коефіцієнт підсилювача 23 так, щоб показання пристрою збігалися з величиною штучного дефекту у відсотках від повного перерізу. Таким чином, пристрій відкалібрований і готовий до проведення вимірювань. Далі сигнал з виходу підсилювача 23 надходить на перший вхід блоку ділення 26, від магнітодіода 28 через полосовий підсилювач 25 надходить сигнал про величину індукції розсіювання  $B$  біля каната в зоні його намагнічування

котушками 3 та 4. Робоча точка магнітодіода 28 джерелом опорного напруги 27 вибирається таким чином, щоб при зміні втрати перерізу від 0 до 30% від загального перерізу каната відносна величина сигналу з магнітодіода 3 змінювалася від 1 до 0,7.

С метою підвищення точності вимірювання зносу сталевих канатів шляхом зниження впливу флуктуацій натягу каната на показання приладу розроблений викладений наступний метод.

При цьому методі у вимірюваній ділянці каната наводиться змінний низькочастотний магнітний потік від накладних електромагнітів, магнітопроводи яких разом з вимірюваною ділянкою каната складають замкнутий магнітний ланцюг і заміряють такі параметри котушок електромагнітів, як індуктивність  $L$  і повний електричний опір  $Z$ -величини, що залежать від перетину вимірюваної ділянки каната, а перетин каната визначають по відношенню збільшень індуктивності та комплексного опору зазначеного ланцюга.

## **РОЗДІЛ 3**

### **РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ ЗНОСУ СТАЛЕВИХ КАНАТІВ**

#### **3.1. Розробка датчика зносу сталевих канатів**

Система автоматичного контролю зносу сталевих канатів шахтних підйомних машин містить в своєму складі електромагнітний датчик перерізу каната, структурна схема якого приведена на рис.3.1.1, а принципіальна схема –на рис. 3.1.2.

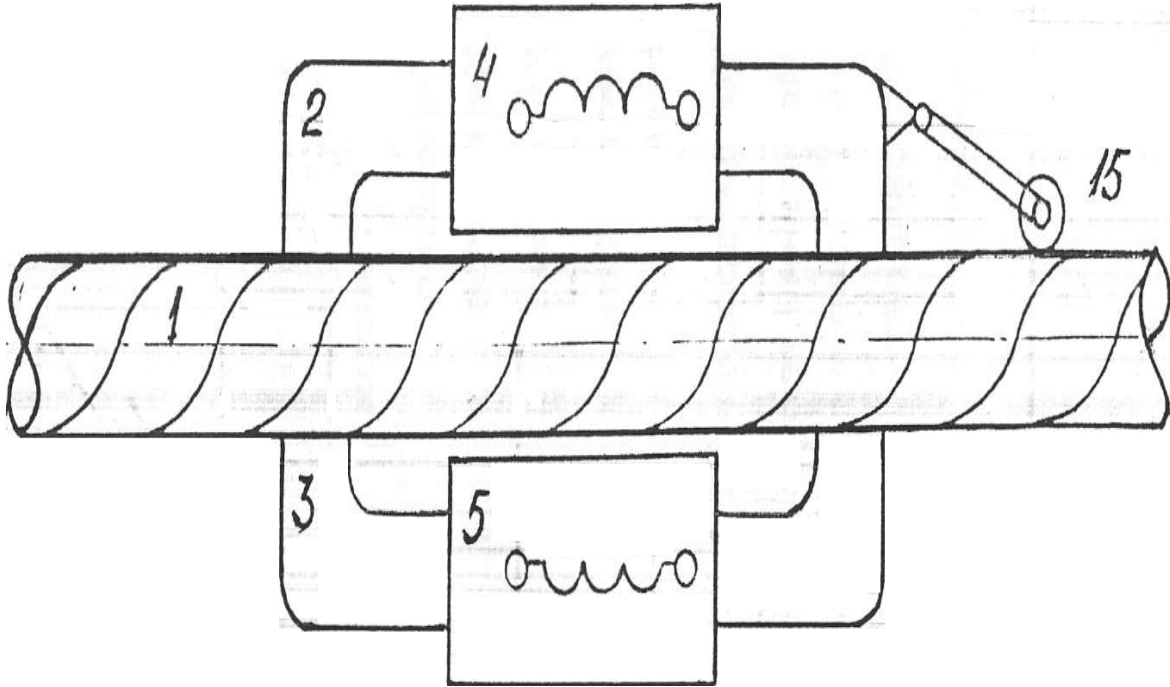
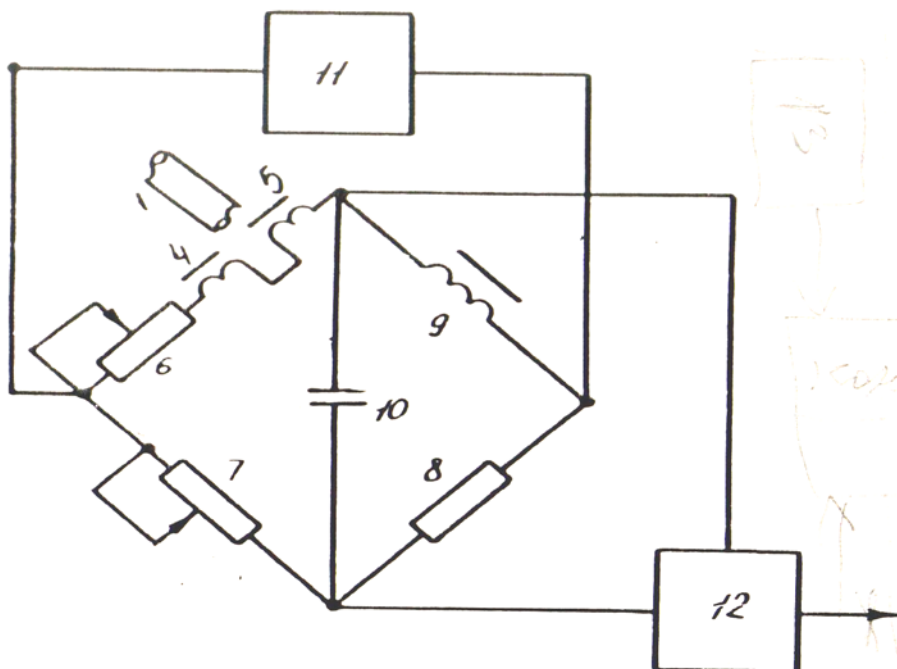


Рис.3.1.1. Структурна схема електромагнітного датчика перерізу каната





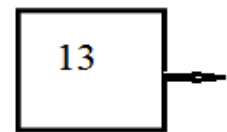


Рис.3.1.2. Електрична схема електромагнітного датчика перерізу каната

Електромагнітний датчик охоплює канат 1 і виконаний у вигляді двох П-образних електромагнітів, кожен з яких складається з магнітопроводів 2 і 3 з надітими на них котушками збудження 4 і 5, рис.3.1.2. Котушки збудження 4 і 5 з'єднані послідовно, рис.3.1.2, і разом з послідовно з'єднаним змінним резистором 6 складають перше плече вимірювального моста, другим плечем якого є змінний резистор 7, третім плечем є постійний резистор 8, четвертим плечем вимірювального моста є дросель 9, а в діагональ вихідного сигналу включений конденсатор 10. До живильної діагоналі моста підключений вихід генератора збудження 2, а до сигнальної діагоналі моста - підсилювач 12.

Електромагнітний датчик вимірювання перерізу каната виробляє сигнал перетворення на виході мостової схеми пропорційно перетину. Відбувається це так. У початковому стані живиться генератором 2 готова схема з датчиком, встановлені на не зношений ділянці контрольного каната, врівноважується змінними резисторами 6 і 7.

При переключенні датчика на ділянку контрольного канату з відомим штучним дефектом (зносом), на виході мостової схеми з'являється сигнал розбалансу, який посилюється підсилювачем 12 і регульованим коефіцієнтом підсилення, змінюючи величину якого проводять калібрування приладу.

При переході датчика на ділянку з дефектом із зменшеним перерізом індуктивність котушок збудження датчика зменшується, мостова схема виходить з рівноваги, на її виході з'являється сигнал, що залежить від втрати перерізу. Цей сигнал посилюється підсилювачем 12. Сформований на виході підсилювача 12

сигнал  $u$  про перетин каната  $s$  залежить від перетину в параболічній залежності  $u = c + bs + as^2$ .

У контролері цей сигнал зазнає таких змін, що на його виході формується сигнал  $u_1 = d + es$ , пропорційний перетину каната. У більшості випадків практики залежність сигналу на вході контролера від перетину  $s$  має вигляд  $u = as^2 + c$ , так як практично  $b \rightarrow 0$ . У цьому випадку контролер перетворює отриманий на вході сигнал  $u$  в сигнал  $Y = \sqrt{U - S}$  на виході, який є лінійною функцією від перетину  $Y = S\sqrt{a}$ . Для здійснення перетворення  $u$  в  $y$  необхідно з сигналу  $u$  відняти значення  $c$  і з отриманої різниці знайти квадратний корінь. У деяких випадках (при вимірюванні перерізу каната діаметром не менше 10 мм) залежність  $u$  від  $s$  має вигляд  $u = as^2$ , так як  $b \rightarrow 0$  і  $c \rightarrow 0$ . Виключно у рідкісних випадках залежність  $y$  від  $s$  має вигляд  $y = as^2 + bs + c$ . Тоді для перетворення вхідного сигналу  $u$  у вихідний сигнал  $y$  повинен працювати за алгоритмом  $y = 2a(u - u_1) \cdot (-b + \sqrt{b^2 - 4a(c - u) - 2aS_1})^{-1}$ . При цьому вихідний сигнал є лінійною функцією перерізу каната  $s = y = as + (b + as_1)$ , де  $s_1$  і  $u_1$  - координати будь-якої точки (вище середньої) на кривій  $u = as^2 + bs + c$ . У цих випадках контролер є обчислювачем значення  $y$  за отриманим сигналом  $u$  і по закладених у його пам'яті (задатчика) значеннях  $u_1$ ,  $a$ ,  $b$ ,  $c$  і  $s_1$ . Порядок обчислення  $y = 2a(u - u_1) \cdot (-b + \sqrt{b^2 - 4a(c - u) - 2aS_1})^{-1}$  може бути довільним у межах реалізації алгоритму.

Зовнішній вигляд датчика контролю зносу сталевих канатів для різних їх перерізів, рис.3.1.3. приведений на

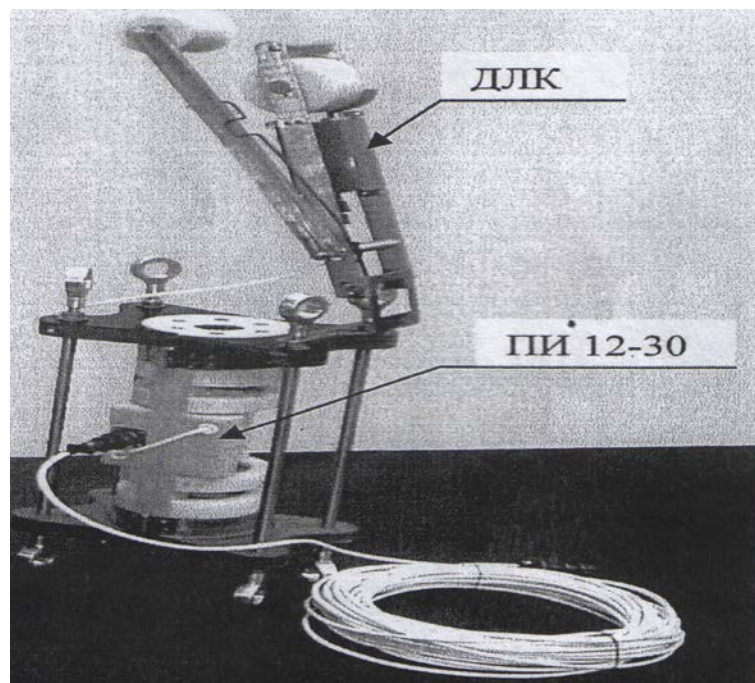


Рис.3.1.3 Зовнішній вигляд датчика контролю

### **3.2. Вибір контролера для обробки, запису і представлення інформації про знос сталевих канатів**

Програмуєми логічні контролери є основною частиною програмно технічних комплексів різних систем. Від рівня функціональних можливостей контролерів, показників надійності їхньої роботи, зручності прикладного програмування й експлуатації багато в чому залежать техніко-економічні показники роботи автоматизованої системи й ефективність процесу в цілому [22].

Компанія ЗАТ "КОНСТАР" пропонує програмуєми логічні контролери (ПЛК) ДО101, ДО201, ДО301, ДО302 власного виробництва, що включають у свій склад широку гаму виробів від мініатюрних до головних контролерів , які можуть бути використані для рішення завдань автоматизації будь-якого ступеня складності, зовнішній вигляд яких приведений на рис.3.2.1.



Рис.3.2.1 Зовнішній вигляд контролерів (ПЛК)

Компанія UNITRONICS у новій серії малогабаритних програмуємих логічних контролерів (ПЛК) Unitronics M90 з інтегрованою панеллю оператора пропонує широкий спектр контролерів для об'єктів різної складності – від невеликих систем до великих розподілених комплексів дистанційного керування [23].

Програмування й візуалізація ПЛК Unitronics на персональному комп'ютері робиться за допомогою зручного у використанні програмного забезпечення – забезпечується можливість обміну даними між різними моделями. Комплект поставки Unitronics M90 включає інтегрований модуль ПЛК+Дисплей, необхідні аксесуари й кабель для підключення, а також програмне забезпечення для конфігурування додатків, рис.3.2.2.



Рис. 3.2.2. Укомплектований контролер Unitronics M90

### **Мікроконтролери MSP430**

Мікроконтролери MSP430 придатні для застосування в учбових лабораторіях і студентських проектах, рис.3.2.3. Скорочений набір команд і фон-неймановська архітектура дозволяють спростити програмування 16-розрядного процесора MSP430. Користувач має можливість вибрати мову програмування (C або Асемблер). Набір базових програмних засобів для відладки дозволяє швидко і легко розробити код. Продуктивність мікроконтролера досягає 25 млн. команд в секунду [24]. Передбачена внутрішньокристална флеш-пам'ять і повністю інтегрований ланцюжок сигналів. MSP430 є посправжньому однокристалним рішенням для застосування .

Основні характеристики :

Архітектура надмалопотужного устаткування.

Продуктивність: до 25 млн. команд в секунду.

Внутрішньо процесорний ланцюжок сигналів.

Сучасний 16-розрядний процесор із скороченим набором команд.

7 режимів адресації, які можна використовувати при виконанні всіх команд.

Можливість програмування на С або Асемблері.

Можливість вибору середовища розробки.

Середовище комплексної відладки: можливість покрокового виконання команд; проглядання елементів пам'яті; проглядання регістрів; створення точок переривання.



Рис.3.2.3. Зовнішній вигляд контролера MSP430

### **Архітектура і характеристики мікроконтролерів MSP430**

Фон-неймановська адресна шина загальної пам'яті і шина даних пам'яті дозволили об'єднати 16-розрядний процесор з скороченим набором команд,

периферійні пристрої і гнучку систему синхронізації. Мікроконтролер MSP430 працює спільно з сучасним процесором і цифровими та аналоговими периферійними пристроями з розподілом пам'яті.

### **Сучасний 16-розрядний процесор із скороченим набором команд**

Завдяки прямокутній архітектурі процесори MSP430 відрізняються гнучкістю шістнадцяти одноканальних 16-розрядних регістрів, що адресуються, і можливостями скороченого набору команд. Сучасна конструкція процесора забезпечує універсальність, яка створюється простим способом, — за допомогою 51 зрозумілої команди і 7 послідовних режимів адресації. Створений завдяки такій технології 16-розрядний малопотужний процесор відрізняється підвищеною ефективністю обробки даних, а також меншими розмірами в порівнянні з іншими 8- або 16-розрядними мікроконтролерами.

### **Асортимент пристроїв MSP430**

**MSP430x1xx.** Сімейство мікроконтролерів MSP430x1xx відрізняється широкими можливостями: у ньому передбачені як прості малопотужні контролери з компараторами, так і комплексні однокристалні системи з високопродуктивними перетворювачами даних, інтерфейсами і помножувачами.

**MSP430F2xx.** Над малопотужні мікроконтролери сімейства MSP430F2xx відрізняються підвищеною продуктивністю (до 16 МГц). У число інших вдосконалених компонентів мікроконтролерів MSP430F2xx входять внутрішньопроцесорний осцилятор з програмним налаштуванням і цифровим управлінням ( $\pm 1\%$ ), вбудовані резистори навантажень і підвищена кількість аналогових входів. Крім того, оптимізована внутрисистемно програмована флеш-пам'ять: об'єм сегментів зменшений до 64 байт, а програмуюча напруга понижена до 2,2 В, що дозволяє уникнути застосування електрично стираємої пам'яті в більшості систем.

**MSP430x4xx.** Надмалопотужні мікроконтролери сімейства MSP430x4xx оснащуються вбудованим ЖК-контроллером для застосування в малопотужному вимірювальному і медичному устаткуванні. Деякі пристрої обладнані

периферійними пристроями з програмним управлінням і є однокристальними рішеннями, призначеними для вимірювання витрати рідини або електроенергії.

**MSP430F5xx.** Нове сімейство мікроконтролерів на основі Flash відрізняється найменшою активністю енергоспоживання і можливістю обробки до 25 млн. команд в секунду при напрузі 1,8—3,6 В. Мікроконтролери сімейства оснащені сучасним модулем управління живленням, який дозволяє оптимізувати енергоспоживання.

Із розглянутих вище контролерів ПЛК (компанія ЗАТ «Констар»), Unitronics M90 («компанія Unitronics»), мікроконтролери MSP430, найбільш по технічним характеристикам, по забезпеченню простою мовою програмування, іскробезопасними параметрам у шахтних умовах підходять мікроконтролери **MSP430F2013**

### 3.3. Розробка системи, алгоритму і програми роботи контролера зносу сталевих канатів

Система контролю зносу сталевих канатів складається з датчика зносу, який підключається до контролера. Схема такого підключення приведена на рис.3.3.1.

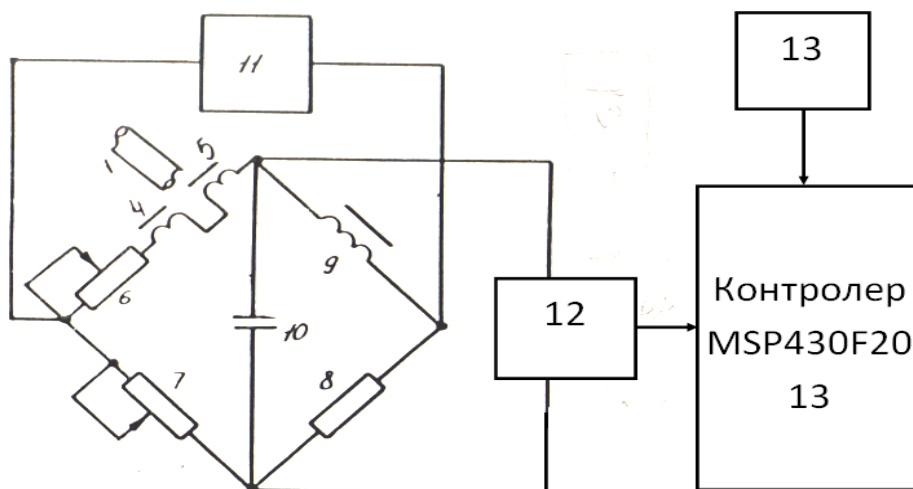


Рис.3.3.1. Схема підключення датчика до контролера

Робота системи, приведеної на рис .3.3.1, здійснюється наступним чином. При проходженні досліджуваного каната через електромагнітний датчик зносу 1 на його виході з'являється сигнал, що залежить за рівнем від ступеня зносу каната. Цей сигнал, посилений підсилювачем 12, надходить на аналоговий вхід контролера MSP430F2013. Одночасно при русі каната датчик шляху 13 виробляє імпульси, пропорційні пройденій довжині каната. Ці імпульси надходять в контролер. Якщо поточне значення зносу каната перевищило значення, записане в ОЗП контролера, то на його виході з'являється сигнал, яким в ОЗП вноситься поточне значення, а в додатковому ОЗП перезаписується адреса виконаного заміру. У разі, якщо поточне значення менше значення, записаного в ОЗП , стану даного ОЗП контролера і додаткового ОЗП не змінюються .Сигнали з виходу основного ОЗП і додаткового ОЗП надходять на виходи контролера, який відображає і реєструє максимальне значення зносу та його адресу. Ці величини будуть збережені до появи нового значення виміру зносу, який перевищує зафіксований або буде збережено до закінчення дослідження каната, якщо такого перевищення не з'явиться.

У результаті після закінчення дослідження каната отримаємо в запам'ятовуючих пристроях величину максимального зносу і його адресу, які індицируються контролером. Тим самим, відразу безпосередньо після дослідження можна зробити висновок про придатність каната до подальшої експлуатації, порівнявши величину максимального зносу з критерієм бракування. Для достовірності, використовуючи величину та адресу максимального зносу, можна перевірити цю ділянку на малий швидкості руху перетворювача або при нерухомому перетворювачі, або в подальшому приділити цій ділянці каната більш пильну увагу.

Алгоритм роботи системи при контролі зносу сталевих канатів приведений на рис. 3.3.2.



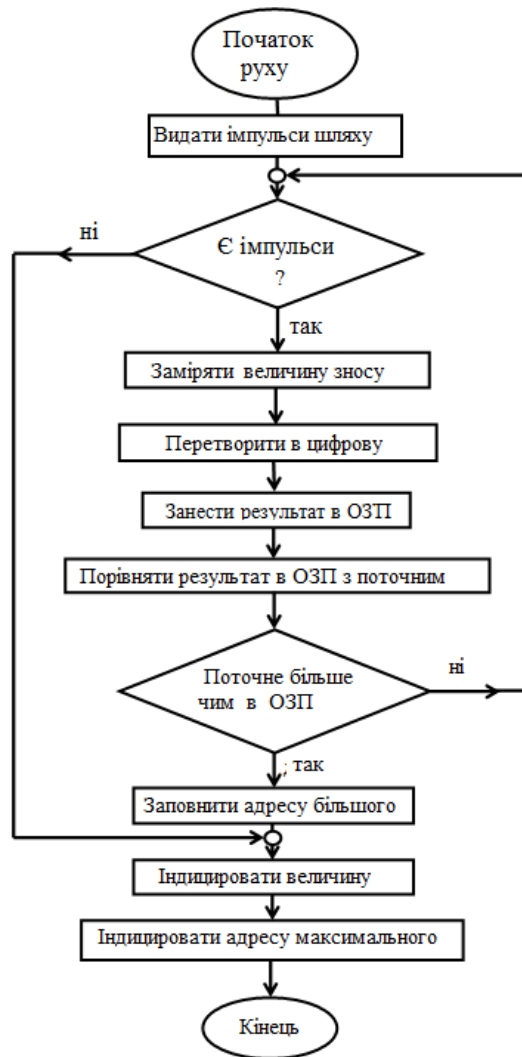


Рис. 3.3.2. Алгоритм роботи системи

### Програмування мікроконтролерів сімейства MSP430

Програмування мікроконтролера MSP430F2013 відбувається за допомогою «фірмових» апаратних засобів Texas Instruments. Вони підрозділяються на програматори-емулятори (Flash Emulation Tool) для мікроконтролерів з Flash-пам'яттю в основному для цілей відладки; програматор MSP-PRGS430 для дрібносерійного виробництва (підтримує всі типи мікроконтролерів MSP430) і призначений для дрібносерійного і середньосерійного виробництва.

### Програматори і емулятори фірми Texas Instruments

#### Програматори-емулятори з інтерфейсом LPT для мікроконтролерів

з **Flash-пам'яттю** Фірма Texas Instruments пропонує 7 варіантів програматорів даного класу. Перший — універсальний налагоджувальний модуль MSP-FET430PIF, рис.3.3.3, що підтримує всі типи мікроконтролерів сімейства MSP430 з Flash-пам'яттю.



Рис. 3.3.3. Універсальний налагоджувальний модуль MSP-FET430PIF

Даний модуль призначений виключно для внутрішньосхемного програмування і відладки. Для його під'єднання до програмованого (відладжуемого) пристрою використовується стандартний 14-виводний розйом. Фактично, модулем є перетворювач фізичних рівнів сигналів LPT-порта персонального комп'ютера в сигнали JTAG-інтерфейсу мікроконтролерів MSP430.

Окрім цього, пропонується 5 налагоджувальних комплектів, кожен з яких містить вказаний універсальний налагоджувальний модуль і плату зі встановленою ZIF-панелью під різні типи корпусів мікроконтролерів, рис. 3.3.4.



Рис. 3.3.4. Налагоджуваний комплект MSP-FET430P120

Лістинг програми роботи системи контролю зносу сталевих канатів шахтних підйомних машин, виконаний для контролера MSP430F2013, приведений в додатку А.

## ВИСНОВКИ

Розроблений електронний пристрій автоматичного контролю зносу сталевих канатів шахтних підйомних машин, який відповідає реальним вимогам і може бути прийнятий за основу при проектуванні реальних дослідних зразків системи заміру при контролі зносу сталевих канатів шахтних підйомних машин в процесі їх експлуатації.

Висока надійність, точність і швидкість заміру сталевих канатів можлива тільки з урахуванням залежностей від впливу зовнішніх параметрів і факторів таких як: температура, волога, замасленість, запиленість, кількість ржавчини, цинкове покриття, натяг і витяжка каната.

Для цього в кваліфікаційній роботі сталевий канат розглянутий як єдине ціле з навколишнім середовищем і системою заміру площинності перерізу самого канату в площині контролю з урахуванням набору більш впливових параметрів навколишнього середовища і збуджуючих технологічних факторів.

З урахуванням цього побудована модель, розроблений алгоритм заміру зносу сталевих канатів, який реалізований у контролері MSP430F2013.

Виконаний аналіз існуючих контролерів і вибраний такий, який найбільше відповідає реалізації задачі поставленій в кваліфікаційній роботі . Дані рішення реалізовані в електронному пристрої автоматичного контролю зносу сталевих канатів шахтних підйомних машин з застосуванням контролера MSP430F2013 при його програмуванні мовою СІ.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Правила безопасности в угольных и сланцевых шахтах. - М.: Недра, 1996, 63с.
2. Богданов Б. П. О некоторых подходах к назначению исходных коэффициентов запаса прочности стальных канатов. Доклад на конференции "Проблемы повышения прочности и надежности стальных канатов", г.Одесса, 1999, 22 – 25с.
3. Бережинский В. И. К вопросу браковки шахтных канатов при накоплении обрывов проволок. Доклад на конференции "Проблемы повышения прочности и надежности стальных канатов", г.Одесса, 1999, 16 – 19с.
4. Белый Б. Д., Самарский В. Ф., Трейгер М. Б. Прочность шахтных подъемных канатов и контроль за ее изменением во время эксплуатации. Вопросы горной электромеханики Труды МакНИИ, том 9, вып. 2 Углетехиздат, 1959, 121 – 128с.
5. Погребцов Б. Я. Дефектоскопия стальных канатов и проволоки. Автореф. дис. канд. техн. наук, Харьковский горный институт, 1981, 28 с.
6. Бабаев Н. Г.: Экспериментальное и теоретическое исследование вопросов деформации, работоспособности износа шахтных подъемных канатов. Автореферат дис. предст. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук, Л.1977, 16 с, Ленинградский горный институт им. Плеханова.
7. Миц В. Н. Исследование магнитной записи на стальных канатах шахтных подъемных машин. Автореферат дисертации на соиск. уч. ст. к. т. н. М. , 1975, 16 с.
8. Пат. N 114516 (ПНР). Датчик магнитного дефектографа для измерения повреждений канатов, прутков и т. п. предметов из ферромагнитных материалов. Заявлено 18.06.77 (199003). Заявитель Горнометаллургическая академия им. Станислава Сташица, Краков, ПНР. Авт. Ю. Стахураки, Р. Мартына.
9. Пат. N 114162 (ПНР). Цифровой дефектоскоп для определения ослабления стальных канатов. Заявлено 18. 06.77. (N199004) .Заявитель

Горнометаллургическая академия им. Станислава Оташица, (Краков, ПНР. Авт. Ю. Стахурски, Р. Мартына, А. Херьян).

10 . Пат. N 114179 (ПНР). Устройство, анализирующее повреждения стальных канатов. Заявлено 18.08.77. (N200355) Заявитель Горнометаллургическая академия им Станислава Оташица, Краков, ПНР. Авт. З. Кавецки, Ю. Стахурски, Л. Ланкош, А. Тутко, С. Твардош.

11. Пат. N 216804 (ГДР). Способ и устройство для контроля канатов путем анализа звуковой эмиссии. Заявитель Ingenieurhochschule für Seefahrt Warnemünde Wustrow

12. Патент N11038037 (Канада). Способ и устройство для неразрушающего контроля магнитопроницаемых тел. Заявитель Noranda Mines Limited, авт. Frank (1 Tomairjolo, John G. Lang.

13 .Авт. свид. N 184361 (ЧССР). Устройство для автоматического обнаружения перелома проволок в канатах. Заявлено 13.05.72 (N3227-72). Опубликовано 30.11.77 и 15.07.80. Авторы Л. Дубен, Й. Кржен, Й. Горалек, Я. Шевцович.

14 . Пат. 2043521 (ФРГ). Устройство для обнаружения оборванных проволок в стальном канате. Дата подачи заявки 2.09. 70. Дата выкладки 11.03.71. Дата акцептации 11.02.77. Дата выдачи 29.09.77. Приоритет ЮАР 69-6269, 3.09.69

15 . Пат. 1542933 (Великобритания). Устройство для контроля проволочных канатов, в частности, используемых при подземных разработках, например, подъемных канатов. Дата подачи 14.05.76 (19887/76). Дата публикации 128.03.79. Приоритет ФРГ, 15.05.75 (2521552). Патентовладелец Westfälische Berggewerkschaftskasse

16. Авт. свид. N202492 (СССР). Способ контроля растягивающих напряжений в стальных канатах. Авторы Белый В.Д, Трейгер М. Б., Приходько В. М. Опубликовано в Б. И. N 19,1967.

17 . Авт.,свид. N1002945 (СССР). Устройство для дефектоскопии стальных канатов. Авторы Софиев В.Н, Приходько В. М. , Бережинокий В. И. и др. Опубликовано в Б. И. N 9, 1983.

18. Пат. 62905 (Финляндия). Магнитное испытательное устройство несплошностей металла, внутренних и внешних дефектов в предметах, обладающих магнитной проницаемостью. Дата подачи и номер заявки 27.06.77 (N771993). Дата публикации 28.12.78 Заявитель Nblrtma Mines. Ltd. Авт. Китцингер Ф. (Канада).

19 .Измеритель износа стальных канатов ИИСК-4 1373.00.00.000РЭ. Руководство по эксплуатации. Сумы. Облпрофиздат, 1978, 57с.

20 . Технические условия. Измеритель износа стальных канатов ИИСК-5. ТУ 12.43.211-85. Конотопский электромеханический завод "Красный металлист", 1985 63с.

21 . Каталог фирмы "Мерастер", научно-производственного центра ПНР. Дефектоскопы стальных канатов. 1988.

22.Стендаль К. Е. "Шахтні підйомні установки із транзисторною автоматичною системою керування" "Кольєрі Гардієн", № 5507, листопад, 1966. - 83с.

23. Евстифеев А.В. Микроконтроллеры AVR семейства Classic фирмы Atmel – М. : Издательский дом Додэка – XXI, 2002. – 288с.

24. Предко М. Руководство по микроконтроллерам: В 2 – х Т. – Пер. с англ. – М. : Посмаркет, 2001. – Т.1 – 415 с., Т.2 – 487 с.