

17. Кузь, М. В. Методичні аспекти підвищення точності обліку природного газу лічильниками з електронними пристроями температурної компенсації [Текст] / М. В. Кузь, О.Є. Середюк. // Прилади та методи контролю якості. – 2012. - №1. – С. 113-119.
18. Кузнецов, Д. Н. Особенности градуировки термоанемометров с нестационарным режимом разогрева термочувствительного элемента [Текст] / Д. Н. Кузнецов, Ю. Д. Украинский, А. А. Морозов // Радиоэлектронні і комп'ютерні системи. – 2008. – № 3 (30). – С. 23–27.
19. Туричин, А. М. Электрические измерения неэлектрических величин [Текст] / А. М. Туричин, П. В. Новицкий, Е. С. Левшина и др.; под ред. проф. П. В. Новицкого; 5-е изд., перероб. и доп. – Л.: Энергия, 1975. – 576 с.
20. Покращення характеристик індивідуальних термоанемометричних лічильників природного газу [Текст] : матеріали 15-ої міжнародної конф. / І. Я. Обух, В. С. Рак // Автоматика-2008. – Одеса, 2008. – С. 869–872.
21. Середюк, О. Є. Методологія побудови еталонів передавання одиниці об'єму природного газу [Текст] / О. Є. Середюк // Український метрологічний журнал. – 2007. – № 1. – С. 38–41.
22. Гончарук, М. І. Рациональное використання природного газу як одна із складових збереження його ресурсів [Текст] / М. І. Гончарук, С. А. Чеховський, О. Є. Середюк // Нафтова і газова промисловість. – 2005. – № 2. – С. 3–10.
23. Яцук, В. О. Анализ возможностей повышения точности индивидуального учета природного газа [Текст] / В. О. Яцук, И. Я. Обух // Устойчивое развитие. – 2013. – № 7. – С. 72–77.

В статті розглянуто недоліки існуючих засобів вимірювання швидкості руху та глибини занурення кліти шахтної підйомної машини, які застосовують в системі контролю та управління підйомної машиною. Запропоновано два способи вимірювання вказаних параметрів за допомогою феримагнітних вимірювальних перетворювачів

Ключові слова: феримагнітний перетворювач, шахтна підйомна машина, швидкість руху, глибина занурення

В статье рассмотрены недостатки существующих средств измерения скорости движения и глубины погружения клетки шахтной подъемной машины, которые используются в системе контроля и управления подъемной машиной. Предложено два способа измерения указанных параметров с помощью ферримагнитных измерительных преобразователей

Ключевые слова: ферримагнитный преобразователь, шахтная подъемная машина, скорость движения, глубина погружения

УДК 531.7

СПОСОБИ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ РУХУ ШАХТНИХ ПІДЙОМНИХ МАШИН

В. Ю. Ларін

Доктор технічних наук, професор
Кафедра інформаційно-вимірювальної техніки
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»
пр. Перемоги, 37, м. Київ, Україна, 03056
E-mail: vjlarin@gmail.com

1. Вступ

Представлена наукова праця належить до області проектування інформаційно-вимірювальних систем на основі феримагнітних перетворювачів з метою подальшого практичного застосування у галузі вугільно-видобувної промисловості.

За допомогою кліти шахтної підйомної машини здійснюють спуск працівників та вантажу на рудничний двір шахти та відповідно підйом на поверхню по вертикальних стволах. Тобто можна відзначити, що вказана операція є дуже важливою у виробничому процесі вугледобування. Використання вертикального методу руху приводить до необхідності встановлення жорстких вимог до систем керування за контролю процесів руху кліти підйомної машини. Забезпечити точність процесів керування рухом підйомної машини можливо лише за умови введення у контур системи

керування інформаційно-вимірювальної підсистеми вимірювання або контролю параметрів руху, яка побудована на вимірювальних перетворювачах, до яких висувають підвищені вимоги по надійності, враховуючі складний фактор геомеханічної обстановки сучасних вугледобувних підприємств.

Тому створення точних та надійних інформаційно-вимірювальних пристроїв для контролю таких параметрів руху кліти підйомної машини як швидкість, напрям руху, глибина занурення кліти у стволі шахти є актуальним науково-технічним завданням.

2. Аналіз літературних джерел та постановка проблеми

На сьогодні на шахтах функціонують системи керування шахтною підйомною машиною, які були спроектовані три-чотири десятиріччя назад, та які ще і досі

виготовляються декількома виробниками шахтного автоматичного устаткування. Прикладом такої системи керування є, наприклад, апаратура АЗК-1, яку підключають до приводного редуктора по симетричній схемі із незалежною синхронізацією частин апарату, що дозволяє використовувати його для різних типів підйомних машин. Визначення глибини занурення кліті та швидкість її руху визначає блок сельсінкових датчиків за допомогою контактної методи вимірювання [1]. Структура апаратури АЗК-1 наведена на рис. 1. АЗК-1 конструктивно складається із трьох блоків – шкафу ШПА-1, блоку програмування БПМ-1 (для максимальної швидкості) та блоку програмування БПМ-2 (для мінімальної швидкості).

До кожного блоку програмування входить електромагнітна муфта (11, 12) та програмний пристрій (13, 14). В ШПА-1 входять: привод апарату (7); корегуючі пристрої (1, 4); блоки сельсін-датчиків (5, 6); блоки етажних вимикачів (2, 3); реле контролю обертання (8, 10) та електричний обмежувач швидкості (9).

Складові одиниці апаратури АЗК-1 випускають серійно виробники шахтної автоматики, завдяки чому користувачі цієї апаратури можуть замінювати окремі, непрацездатні блоки та не замінювати систему повністю.

Але апаратура АЗК є морально застарілою, вона також не здатна у повній мірі із високим ступенем точності та надійності виконувати покладені на неї функції. Їй притаманні такі недоліки як наявність великої кількості механічних вузлів із деталями, які виконують обертальні рухи, внаслідок люфтів такі деталі часто зношуються. Також має місце наявність додаткових похибок вимірювальної інформації при застосовуванні апаратури АЗК із багатоканальними підйомними машинами.

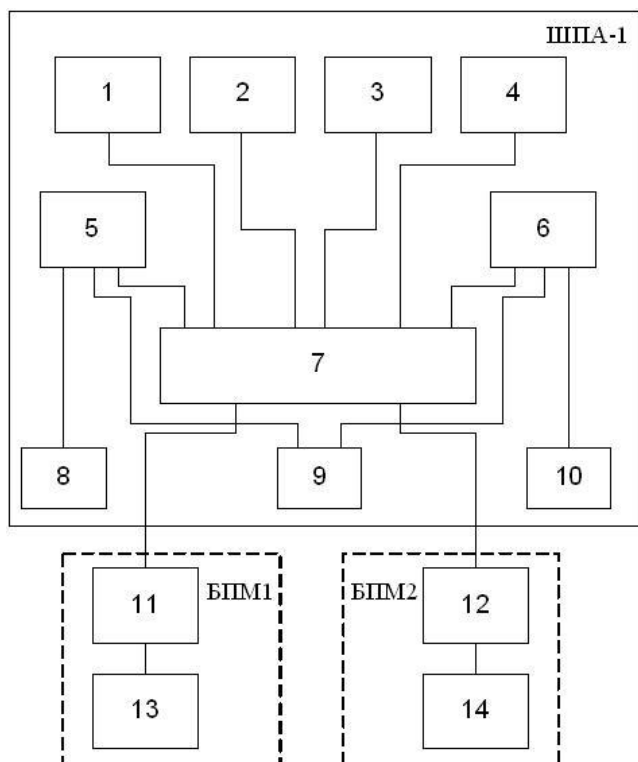


Рис. 1. Структура апаратури АЗК-1

Виробники пропонують модернізацію каналів керування, але ця модернізація стосується лише модулів автоматизації, вимірювальна частина практично не зазнає змін. Іншим прикладом подібної системи контролю є апаратура ППП-1М, вимірювальні функції у якій виконує також пристрій із сельсінковими перетворювачами УГС-1 [2]. Як бачимо, в якості вимірювального модуля також застосовано набір сельсінкових датчиків. Визначається глибина занурення кліті за рахунок передачі числа обертів валу сельсінкового датчика за допомогою кінематичної схеми на стрілочний прилад. Вищезазначений сельсінковий датчик типу ДПШ-1 використовується також як датчик швидкості. Імпульси від цього датчика поступають на вхід блоку порівняння і контролю обмежувача швидкості, який при перевищенні швидкості видає керуючі сигнали на гальмівний пристрій двигуна підйомної машини [3]. Ці перетворювачі є перетворювачами контактної дії, та хоча на сьогодні їх останні модифікації побудовані по типу енкодерів, це лише означає уніфікацію вихідного сигналу, його перетворення у цифрову форму у вигляді послідовності імпульсів. Але притаманні цієї групі перетворювачів похибки саме процесу перетворення, на жаль, не можуть бути усунені, тому похибка залишається і в оцифрованому сигналі.

Виходячи з вищесказаного слід зазначити, що на сьогодні існує проблема створення нових способів та засобів вимірювання параметрів руху кліті підйомної машини, які дозволять усунути недоліки, притаманні існуючому способу та засобам вимірювання цих параметрів.

3. Мета та задачі дослідження

Метою дослідження є підвищення точності та надійності функціонування системи керування шахтною підйомною машиною за рахунок усунення недоліків існуючих засобів вимірювання швидкості руху, глибини занурення кліті та напрямку руху шахтної підйомної машини шляхом побудови системи керування безконтактних вимірювальних засобів на основі феримагнітних перетворювачів.

Задачі дослідження:

- розробити нові способи багатофункціонального безконтактного визначення основних параметрів автоматизованої системи керування шахтної підйомної машини: швидкості руху, глибини занурення та напрямку руху кліті підйомної машини;
- обґрунтувати та запропонувати в якості датчиків використовувати феримагнітні перетворювачі з відкритим контуром, які придатні для надійного, довготривалого використання в умовах вугледобувного підприємства.

4. Феромагнітні перетворювачі механічних параметрів технологічних об'єктів

Зважаючи на переваги безконтактного методу вимірювання параметрів запропоновано в якості вимірювальних перетворювачів обрати феримагнітні перетворювачі, які відносять до електромагнітних перетворювачів генераторного типу [4–6]. До переваг

феримагнітних перетворювачів (ФИМП) зазначимо таке: досить великий динамічний діапазон вихідного сигналу, добру температурну стабільність, стійкість до зовнішніх збурюючих факторів – вібрації, зміни вологості, вугільного пилу, бруду. Остання вказана характеристика надійності підкреслює перевагу застосування подібних перетворювачів перед перетворювачами оптичної дії, які через вплив забруднення, на жаль, практично неможливо застосовувати у технологічному процесі вугледобування. Феримагнітний первинний перетворювач вмикають в ланцюг коливального LC-контур автогенератора синусоїдальних коливань, якій функціонує як в «м'якому» режимі самозбудження, завдяки чому реалізується аналоговий режим роботи пристрою, так і «жорсткому» режимі самозбудження, що дозволяє реалізувати цифровий режим [7].

Похибка вимірювання за допомогою ФИМП залежить від добротності контуру, який є навантаженням чутливого елемента, а також від наявності гармонік у вихідному сигналі. Потрібно підкреслити, що LC- автогенератори синусоїдальних коливань генерують синусоїдальний сигнал із найменшим значенням нелінійних спотворень, тобто вплив гармонік на похибку буде зведено до мінімуму. Тому, якщо добротність контуру складає величину Q і контур є інерційною ланкою другого порядку, то фільтруючі властивості контуру можна представити за допомогою такого виразу [8]:

$$U_{\text{вх}_k} = \frac{k \cdot \omega_0^2}{p^2 + \frac{\omega_0}{Q} \cdot p + \omega_0^2} \cdot U_{\text{вх}_k}$$

де $U_{\text{вх}_k}$ – напруга на умовному виході контуру; $U_{\text{вх}_k}$ – напруга на умовному вході контуру; ω_0 – резонансна частота контуру; Q – еквівалентна добротність контуру; k – коефіцієнт передачі контуру на резонансній частоті.

5. Побудова системи контролю параметрів руху шахтної підйомної машини на основі феримагнітних перетворювачів

Система контролю параметрів руху кліті шахтної підйомної машини на основі феримагнітних перетворювачів може бути побудована шляхом реалізації запропонованого способу вимірювання швидкості (прискорення), глибини занурення кліті та напрямку її руху. При застосуванні такої системи при варіанті наземного встановлення підйомної машини необхідно виконати встановлення двох ФИМП біля колеса підйому так, як це показано на рис. 2 [9].

На поверхні обслуговуючого майданчика (3) укріплюються два чутливі елементи феримагнітного перетворювача (2), які побудовані на феритових осердях з намотаними на них котушками індуктивності, розміщеними в захисних корпусах і залитих термостійким епоксидним компаундом. Відкрита сторона корпусу обернена у бік спиць колеса підйому, завдяки чому в цю сторону вільно розповсюджується магнітний потік, якій створюється феримагнітним чутливим елемен-

том. За допомогою дротів котушки включаються в схему феримагнітного перетворювача, розташованого на відстані від точки взаємодії чутливих елементів з приводними елементами. Приводними елементами перетворювача є спиці колеса підйому (1). При обертанні останнього ці спиці перетинають зону розповсюдження магнітного потоку котушок індуктивності, сконструйованих за типом відкритого контуру і включених в схему коливального контуру генератора, і таким чином забезпечують спрацьовування датчика за рахунок зриву генерації коливань LC-генератора.

Чутливі елементи встановлені так, щоб не допускати одночасного спрацьовування обох чутливих елементів. Ця схема установки дозволяє виконати контроль напрямку руху клітки, оскільки при різному напрямку руху (вгору або вниз) напрям обертання канатоведучого барабана і отже колеса підйому буде різним (по часові або проти часової стрілки) і відповідно першим спрацьовуватиме верхній або нижній елемент (2).

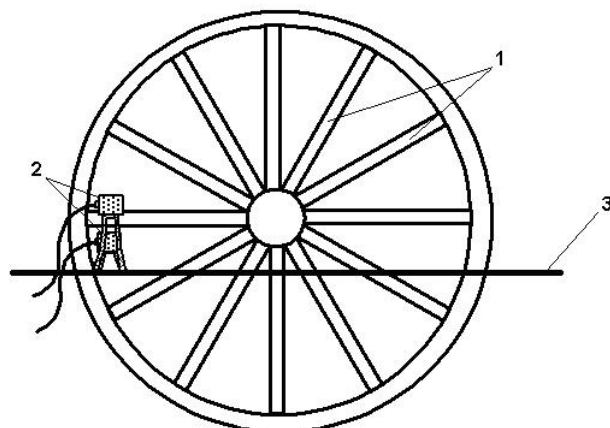


Рис. 2. Схема встановлення феримагнітних перетворювачів біля колеса підйому: 1— спиці колеса підйому, 2 –чутливі елементи ФИМП, 3—обслуговуючий майданчик

По суті, для вимірювання швидкості достатньо було і одного чутливого елемента, але оскільки потрібне визначення глибини занурення кліті і напрямку її руху в стволі, то використовуються два чутливі елемента [9].

Від феримагнітного перетворювача вихідні сигнали послідовно поступають на блоки визначення напрямку руху, вимірювання глибини занурення, вимірювання швидкості руху. Далі через блок виведення вимірювальної інформації на модуль відображення в цифровій формі інформації про швидкість руху клітки і глибину його занурення. Крім того інформацію про вказані параметри через блок сполучення може бути виведено в персональний комп'ютер для обробки і зберігання.

Але вказаний вище спосіб контролю не зможе бути реалізованим при наявності варіанта баштового встановлення підйомної машини, оскільки при такому варіанті встановлення колеса підйому буде відсутнє, тобто його роль виконуватиме безпосередньо механізм машини. Відповідно до цього при застосуванні феримагнітних перетворювачів безконтактної дії доведеться ввести в структуру вимірювального тракту

додатковий елемент та змінити місце розташування перетворювачів.

Таким додатковим елементом буде стрічка з немагнітного матеріалу, яку розташовують по всій довжині ствола шахти, на поверхні якої закріплюють приводні магнітні елементи, у вигляді пластин, які знаходяться на однаковій відстані один від одного по всій поверхні стрічки. Ці пластини виконуватимуть роль приводного елемента, яку у попередньому способі виконували спиці колеса підйому. Тоді два чутливі елементи феримагнітного первинного перетворювача, розміщують безпосередньо на корпусі кліті, встановлюють один над одним на відстані не менше ширини приводного елемента, на відстані від стрічки з приводними елементами, достатній для гарантованого спрацювання чутливих елементів феримагнітного перетворювача [10].

Запропонований спосіб представлено на рис. 3. Безпосередньо на каркасі кліті (1) закріплюють два чутливі елементи феримагнітного перетворювача (2), які побудовані на феритовому осердді з намотаними на них котушками індуктивності, розміщеними в захисних корпусах і залитих термостійким епоксидним компаундом. Відкриту сторону корпусу обертають у бік тої стінки ствола шахти, де розташовують стрічку з немагнітного матеріалу (3) з приводними магнітними елементами прямокутної форми (4). Розміри приводного елемента повинні бути такими, щоб він забезпечував впевнене спрацювання чутливого елемента, тобто викликати зрив генерації коливань генератора в момент перетинання приводним елементом магнітного потоку, створюваного котушкою індуктивності чутливого елемента.

Схема встановлення феримагнітних вимірювальних перетворювачів дозволяє виконати контроль напрямку руху кліті, оскільки при різному напрямі руху (вгору або вниз) першим спрацюватиме верхній або нижній елемент (2). Для вимірювання швидкості і глибини занурення кліті достатньо було і одного чутливого елемента, але оскільки потрібне визначення напрямку її руху в стволі, то використовують два чутливих елемента.

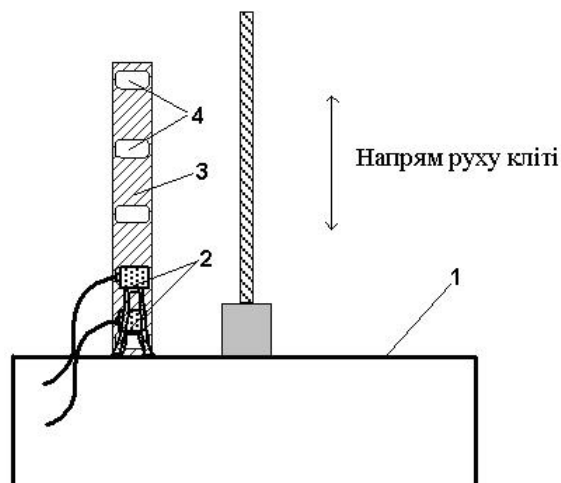


Рис. 3. Встановлення ФИМП на корпусі кліті: 1— каркас кліті, 2— чутливі елементи ФИМП, 3 — стрічку з немагнітного матеріалу, 4 — приводні елементи

Відповідно до запропонованого способу доведеться змінювати склад елементів структури вторинного опрацювання вимірювальної інформації. Можна запропонувати структуру вимірювального тракту яка представлена на рис. 4.

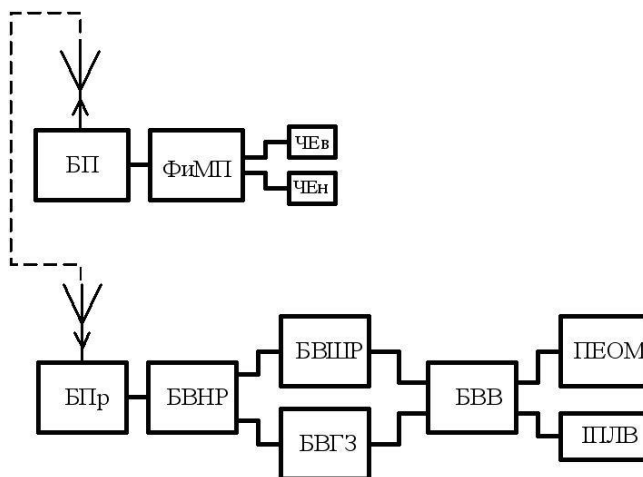


Рис. 4. Структурна схема вимірювального тракту системи контролю параметрів руху кліті

Чутливі елементи включають в схему феримагнітного перетворювача ФИМП. З виходу феримагнітного перетворювача сигнали надходять в блок передавача (БП), в якому відбувається перетворення вимірювальних імпульсів в радіоімпульси, які через антену передавача по радіоканалу зв'язку надходять у блок приймача (БПр) де відбувається зворотне перетворення радіоімпульсів в імпульси вимірювальної інформації. Далі ця інформація потрапляє у блок визначення напрямку руху (БВНР). Напрямок руху визначають по першочерговості спрацювання нижнього ЧЕн (при русі кліті вниз), або верхнього ЧЕв (при русі кліті вгору) чутливого елемента. Черговість спрацювання чутливих елементів ФИМП перетворюють в блоці визначення напрямку руху в рівень логічного нуля або одиниці. Також в цьому блоці перетворюють два імпульсних сигнали, які поступають від ФИМП, в один для зручності подальшої обробки.

З виходу БВНР сигнали подають на блок вимірювання глибини занурення (БВГЗ) і на блок вимірювання швидкості руху (БВШР). У блоці БВГЗ проводять рахунок імпульсів, що поступають від БВНР, перерахунок імпульсів в метричну величину і її перетворення в цифрову форму у вигляді паралельного коду. У блоці БВШР виконують вимірювання тривалості паузи між імпульсами, яка характеризує швидкість руху кліті, перерахунок часового параметра в швидкісний, і його перетворення в цифрову форму, також у вигляді паралельного коду.

З виходу блоків БВГЗ і БВШР дані про глибину занурення кліті, напрямку його руху і його швидкості надходять на блок введення-виводу БВВ. Даний блок виконує функцію перетворення цих інформаційних сигналів для передачі їх в обчислювальний блок локального відображення (ПЕОМ), а також на блок індикаторного пристрою локального відображення (ІПЛВ), де інформація про швидкість і глибину занурення відображається на цифрових індикаторах. У ПЕОМ відбувається збері-

гання інформації, її обробка і відображення на екрані монітора. В якості ПЕОМ можна застосовувати як стаціонарний персональний комп'ютер так і мобільний ПК типу Notebook.

В вересні 2013 р. компанія Texas Instruments анонсувала випуск нового вимірювального перетворювача, який побудовано у вигляді інтелектуального датчика під назвою "індуктивно-цифрового перетворювача" (Inductance to Digital Converter) LDC1000. Власне LDC1000 – це мікросхем, який виконує функцію перетворення вимірювальної інформації, до якого підключено коливальний LC- контур, чутливим елементом в цьому контурі є котушка індуктивності, яку виконано друкованим монтажем, тобто вона повністю планарна та не містить мідного проводу. На думку виробника, такий сенсор можна використовувати як датчик високочастотний датчик для відстежування струмопроводячих предметів [11]. Тобто такий пристрій є аналогом феримагнітного перетворювача і його можна застосовувати при реалізації запропонованих вище способів контролю параметрів руху кліти.

Але при проектуванні підсистеми вимірювання параметрів руху кліти на основі LDC1000 слід врахувати характеристику перетворення при розрахунку відстані від планарної котушки цього сенсора до приводного елемента, оскільки згідно із характеристикою перетворення чутливість датчика є нелінійною та вона дуже сильно залежить від діаметра планарної котушки, а саме – чутливість значно зменшується при значенні відстані до приводного елемента більше 40 %

від значення діаметру котушки і практично сходять на нуль при значенні 75 % від значення діаметру котушки. Цей фактор може значно ускладнити побудову системи вимірювання при малому діаметрі котушки датчика вимірювального перетворювача.

6. Висновки

В даній роботі запропоновано два варіанти нового безконтактного способу вимірювання швидкості руху, глибини занурення та визначення напрямку руху кліти підйомної машини для реалізації яких необхідно застосування феримагнітних перетворювачів, які придатні для надійного, довготривалого використання в умовах збурюючих факторів вугледобувного підприємства.

Чутливі елементи феримагнітних перетворювачів можуть бути виготовлені з вітчизняних матеріалів, схеми перетворення сконструйовані на основі відомих схемних рішень, але при бажанні заказчика можна придбати промислово виготовлені перетворювачі подібного принципу дії у відомих виробників. При побудові системи вимірювання на основі існуючих сучасних інтелектуальних датчиків контролю переміщення потрібно врахувати діаметр чутливого елемента перетворювача при визначенні максимальної довжини контрольованої зони, яка для гарантованого спрацювання датчика повинна бути не більше значення 50 % від значення діаметру котушки датчика.

Література

1. Батицкий, В. А. Автоматизация производственных процессов и АСУ ТП в горной промышленности [Текст] : учеб. для техникумов / В. А. Батицкий, В. И. Куроедов, А. А. Рыжков; 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Недра, 1991. – 303 с.
2. Пульт шахтного подъема ППП.1М с УГС1 [Электронный ресурс] / ТД «Штрих-М». – Прокопьевск, 2014. – Режим доступа : <http://shtrih-m.kuzbass.ru/production/100/item/16> – Доступ: 27.06.2014.
3. Шахтные подъемные машины и лебедки [Текст] / Отраслевой каталог ЦНИИТЯЖМАШ. – М.: Изд. ЦНИИТЯЖМАШ, 1989 – С. 26–27.
4. Asch, Georges Les capteurs en instrumentation industrielle. Vol 1 [Text] / G. Asch, P. Andre, J. Beaufront. -- Lion : Dunod, 1991. – 391 p.
5. Бастль, В. Измерения в промышленности. Кн.3. Способы измерения и аппаратура [Текст] : справочник / В. Бастль, Г. Бендит, П. Бервегер и др.; под ред. П. Профоса; изд. 2-е, перераб. – М. : Металлургия, 1990. – 344 с.
6. Friden, John Handbook of modern sensors. Physics designs and applications [Текст] / John Friden. – New-York : Springer, 2004. – 524 p. doi:10.1007/b97321
7. Ларин, В. Ю. Основы построения приборов и систем с ферри и ферромагнитными преобразователям [Текст] / В. Ю. Ларин. – Донецк: Вебер, 2007. – 367 с.
8. Ларин, В. Ю. Разработка математической модели чувствительного элемента ферромагнитного преобразователя [Текст] / В. Ю. Ларин // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2009. – Т. 2, № 6 (38). – С. 52–55.
9. Патент 44406 Україна, МПК 6 G01C 23/00 Спосіб вимірювання швидкості руху і глибини занурення кліти при наземній установці підйомної машини [Текст] / Харченко В. П., Квасніков В. П. – №200814166; Заявл. 09.12.2008; Опубл. 12.10.09, Бюл. № 19. – 6 с.
10. Патент 101223 Україна, МПК G01C 23/00. Універсальний спосіб вимірювання швидкості руху і глибини занурення кліти підйомної машини [Текст] / Ларін В. Ю., Харченко В. П. Квасніков В. П. – №u201104994; Заявл. 20.04.2011; Опубл. 11.03.13, Бюл. № 5 – 6 с.
11. LDC1000 – индуктивность в цифру от Texas Instruments [Электронный ресурс] / Сайт компании Компел. – Режим доступа : <http://www.compel.ru/2014/06/30/ldc1000-induktivnost-v-tsifru-ot-texas-instruments/>. (доступ 28.06.2014).