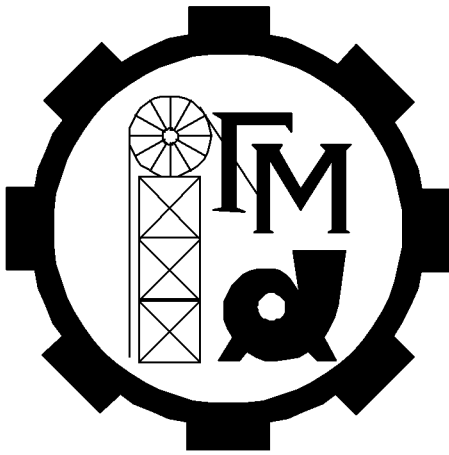


Міністерство освіти і науки України
Національний гірничий університет



МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО САМОСТІЙНОГО ВИВЧЕННЯ
ДИСЦИПЛІНИ "МЕТОДИ ДІАГНОСТИКИ
СТАЦІОНАРНИХ УСТАНОВОК"
студентами напряму підготовки
0902 Інженерна механіка
(для денної та заочної форми навчання)

Дніпропетровськ
2008

Міністерство освіти і науки України
Національний гірничий університет



МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО САМОСТІЙНОГО ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ "МЕТОДИ
ДІАГНОСТИКИ СТАЦІОНАРНИХ УСТАНОВОК"
студентами напряму підготовки 0902 Інженерна механіка
(для денної та заочної форми навчання)

Дніпропетровськ
НГУ
2008

Методичні вказівки до самостійного вивчення дисципліни "Методи діагностики стаціонарних установок" студентами напряму підготовки 0902 Інженерна механіка (для денної та заочної форми навчання) / Упоряд.: С.Р. Ільїн, І.С. Ільїна, Ю.О. Комісаров, В.І. Самуся. – Д.: Національний гірничий університет, 2007. – 31 с.

Упорядники:

С.Р. Ільїн, канд. техн. наук, доцент (розділи 1 – 2);

І.С. Ільїна, канд. техн. наук (розділи 3 – 4);

Ю.О. Комісаров (розділи 5 – 6);

В.І. Самуся, д-р техн. наук, проф. (розділи 5 – 7).

Затверджено методичною комісією з напряму 0902 Інженерна механіка (протокол №3 від 28 січня 2008 р.) за поданням кафедри гірничої механіки (протокол №8 від 28 грудня 2007 р.)

У методичних вказівках викладено сучасні методи для проведення діагностики вертикальних багатоканатних однокінцевих, однопосудних з противагою, двопосудних скіпових і клітьових підйомних установок, які застосовуються на гірничих підприємствах.

Відповідальний за випуск – завідувач кафедри гірничої механіки В.І. Самуся, д-р техн. наук, проф.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА КЛАСИФІКАЦІЯ МЕТОДІВ ДІАГНОСТУВАННЯ	4
2. ДИНАМІЧНИЙ МЕТОД ДІАГНОСТУВАННЯ ЖОРСТКОГО АРМУВАННЯ ШАХТНИХ СТВОЛІВ	7
3. КІНЕМАТИЧНИЙ МЕТОД ДІАГНОСТУВАННЯ АРМУВАННЯ ШАХТНИХ СТВОЛІВ	12
3.1. Діагностування жорсткого армування стволів	12
3.2. Діагностування гнучкого армування стволів	15
4. КОМПЛЕКСНИЙ МЕТОД ДІАГНОСТУВАННЯ АРМУВАННЯ ШАХТНИХ СТВОЛІВ	16
5. ДІАГНОСТУВАННЯ ЗАПОБІЖНОГО ГАЛЬМА ШАХТНИХ ПІДЙОМНИХ УСТАНОВОК	17
5.1. Засоби діагностування запобіжного гальма підйомних установок вертикальних стволів	17
5.2. Засоби діагностування запобіжного гальма підйомних установок, що знаходяться у похилих гірничих виробленнях	20
6. ДІАГНОСТУВАННЯ АРМУВАННЯ СТВОЛІВ В ЕКСТРЕМАЛЬНИХ РЕЖИМАХ РОБОТИ	22
7. ГЕОМЕТРИЧНИЙ МЕТОД ДІАГНОСТУВАННЯ АРМУВАННЯ ВЕРТИКАЛЬНИХ СТВОЛІВ	27
КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ	30
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	30

ВСТУП

Теоретичним фундаментом методів діагностування є технічна діагностика, при вивченні якої навчальними планами передбачено проведення лабораторно-практичних робіт, які виконуються паралельно з читанням лекцій. Ці методичні рекомендації допоможуть студентам при виконанні лабораторно-практичних робіт з дисципліни „Методи діагностики стаціонарних установок”.

Перед виконанням лабораторної роботи студент має вивчити теоретичний матеріал за конспектом лекцій і рекомендованою літературою, з'ясувати мету роботи, сутність процесів, які вивчаються, порядок проведення роботи. Кожний студент складає індивідуальний звіт про виконання лабораторної роботи і подає його на захист не пізніше терміну, призначеного викладачем.

Звіт повинен містити такі пункти:

- мета роботи;
- схема і короткий опис установки, що розглядається;
- розрахунки та графіки;
- висновки.

Мета роботи: навчитися методам діагностування обладнання шахтних підйомних комплексів. У результаті виконання лабораторної роботи студент повинен:

- знати методику та принципи діагностування роботи елементів шахтних підйомних комплексів;
- уміти користуватися системами діагностування для визначення технічного стану елементів шахтних підйомних комплексів.

Методичні рекомендації складені з таким розрахунком, щоб прищепити студенту навички, необхідні для самостійного наукового дослідження під час формування майбутнього фахівця.

1. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА КЛАСИФІКАЦІЯ МЕТОДІВ ДІАГНОСТУВАННЯ ШАХТНИХ ПІДЙОМНИХ УСТАНОВОК

Загальні поняття які використовуються при технічному діагностуванні.

Об'єкт технічного діагностування – виріб і (або) його складові частини, що підлягають (що піддаються) діагностуванню (контролю).

Технічний стан об'єкту – стан, який характеризується в певний момент часу, за певних умов зовнішнього середовища значеннями параметрів, встановлених технічною документацією на об'єкт.

Основні види технічного стану об'єкту:

- справний стан об'єкту, при якому він відповідає всім вимогам нормативно-технічної і (або) конструкторської (проектної) документації;

- несправний стан об'єкту, при якому він не відповідає хоча б одній з вимог нормативно-технічної і (або) конструкторської (проектної) документації;
- працездатний стан об'єкту, при якому значення всіх параметрів, що характеризують здатність виконувати задані функції, відповідають вимогам нормативно-технічної і (або) конструкторської документації;
- непрацездатний стан об'єкту, при якому значення хоча б одного параметра, що характеризує здатність виконувати задані функції, не відповідає вимогам нормативно-технічної і (або) конструкторської документації.

Технічна діагностика – галузь знань, що охоплює теорію, методи і засоби визначення *технічного стану об'єктів*.

Технічне діагностування – визначення *технічного стану об'єкту*. Результатом технічного діагностування є **технічний діагноз**. (Надалі під діагностуванням розумітимемо технічне діагностування).

Задачі технічного діагностування:

- контроль технічного стану;
- пошук місця і визначення причин відмови (несправності);
- прогнозування технічного стану.

Термін «*Технічне діагностування*» застосовують в найменуваннях і визначеннях понять, коли розв'язуванні задачі технічного діагностування рівнозначні або основною задачею є пошук місця і визначення причини відмови (несправності).

Відмова – подія, що полягає в порушенні працездатного стану об'єкту

Контроль технічного стану - перевірка відповідності значень параметрів об'єкту вимогам технічної документації і визначення на цій основі одного із заданих видів технічного стану в даний момент часу.

Прогнозування технічного стану – визначення технічного стану об'єкту із заданою вірогідністю на майбутній інтервал часу.

Засоби технічного діагностування – апаратура і програми, за допомогою яких здійснюється діагностування.

Види засобів технічного діагностування:

- вбудований засіб технічного діагностування (засіб діагностування, що є частиною об'єкту);
- зовнішній засіб технічного діагностування (засіб діагностування, виконаний конструктивно окремо від об'єкту).

Система діагностування – сукупність засобів, об'єкту і виконавців, необхідна для проведення діагностування за правилами, встановленими в технічній документації.

Види технічного діагностування:

- робоче діагностування, при якому на об'єкт подаються робочі дії;
- тестове діагностування, при якому на об'єкт подаються тестові дії;
- експрес – діагностування, при якому використовується обмежене число параметрів за наперед встановлений час.

При діагностуванні ствольного обладнання шахтних підйомних устано-

вок можна виділити наступні **методи**:

- динамічний метод діагностування стану системи «підйомна посудина - армування», що базується на аналізі параметрів ударних сил дії підйомних посудин на провідники, які вимірюються в системі «посудина - армування» при динамічній дії підйомних посудин;
- кінематичний метод діагностування стану системи «підйомна посудина - армування», що заснований на аналізі спектральних параметрів горизонтальних прискорень направляючих підйомних посудин, які вимірюються під час його руху;
- комплексний метод діагностування, що базується на спільному аналізі спектральних параметрів горизонтальних прискорень напрямних підйомної посудини і параметрів сили удару підйомної посудини по провідникам, які виникають завдяки динамічним впливам підйомних посудині, вимірюються у системі «посудина-армування»;
- діагностування стану системи «підйомна посудина - армування» у режимі запобіжного гальмування шахтних підйомних установок;
- геометричний метод діагностування провідників жорсткого армування шахтних стволів, що базується на вимірюванні горизонтальних відхилень провідників від вертикальної вісі на кожному ярусі армування .

Об'єктом діагностування шахтного підйомного комплексу є його устаткування, що розташовано у наземній та підземній (стволової) частинах.

Надземна частина: підйомна машина, електропривод, гальмо, система управління електропроводом, система управління робочим та запобіжним гальмом, блок технологічної автоматики (пристрій захисту від аварій).

Підземна частина:

- канати (головні і врівноважувальні);
- підйомні посудини (скіпи, кліті, противаги), на підйомних посудинах встановлено наступне устаткування:
 - а) підвісні пристрої, коуші для кріплення головних канатів до підйомної посудини;
 - б) причепні пристрої, вертлюги для кріплення врівноважувальних канатів. Врівноважувальні канати плоскі сталеві, круглі сталеві, гумово-тросові;
 - в) направляючі пристрої, які мають два типа: роликові амортизатори кочення і башмаки ковзання. Роликові амортизатори призначені для пом'якшення горизонтальних ударів посудини по армуванню (провідники). Башмаки ковзання призначені для утримання посудини в провідниках. Якщо провідники зроблені з рейок, то башмаки ковзання мають вид скоби, що охоплює головку рейки. В таких системах роликові амортизатори не застосовуються;

- армування шахтного ствола складається з провідників, розташованих вертикально уздовж ствола для напрямку руху підйомних посудин і розстрілів, горизонтально розташованих з певним кроком по глибині ствола для кріплення провідників. Іноді застосовуються провідники у вигляді канатів (гнучке армування).

2. ДИНАМІЧНИЙ МЕТОД ДІАГНОСТУВАННЯ ЖОРСТКОГО АРМУВАННЯ ШАХТНИХ СТВОЛІВ

Динамічний метод контролю застосовується при спеціальних обстеженнях стволів, у яких виявлені ділянки зі значеннями геометричних параметрів елементів армування, близькими до гранично-припустимого по вимогам документа «Єдині правила безпеки при розробці рудних, нерудних і розсипних родовищ підземним способом» (ЄПБ), а також в стволах, що експлуатуються у складних гірничо-геологічних умовах, при великих щорічних відхиленнях профілю ствола і провідників від вертикальності, високого ступеня корозії і механічного зносу армування.

Метод застосовується з **метою** встановлення величин силового впливу на жорстке армування та уточнення стану кінематичної пари «башмак - провідник».

Інформативними параметрами методу є вимірювані одночасно значення контактних зусиль у кінематичних парах «башмак - провідник» підйомної посудини на лобових і бічних робочих гранях робочих башмаків ковзання.

Апаратура для динамічного контролю армування шахтних стволів.

При русі по стволу в робочому режимі посудина скоює горизонтальні коливання, в результаті чого виникають горизонтальні контактні навантаження на провідники жорсткого армування. Ці навантаження по своїй величині можуть бути в межах проектних значень, на які розраховане армування і підйомна посудина, але можуть їх перевищувати.

Перевищення проектних значень відбувається при вібро-ударному режимі коливань посудини або при затиранні посудини в провідниках через дуже малу ширину колії (відстань між провідниками), або дуже великого викривлення в бічній площині. Армування ствола знаходиться під дією високо агресивного шахтного середовища, динамічних навантажень з боку підйомної посудини, статичних навантажень з боку кріплення ствола та власної ваги. Під впливом цих факторів воно знижує свою міцність та жорсткість. Його подальша експлуатація стає небезпечною та може викликати важкі аварії з небезпечними наслідками та загрозою для життя людей.

Таким чином виникає задача періодичного діагностування системи «посудина – армування», яка полягає у визначенні фактичних залишкових запасів міцності металоконструкцій армування (провідників і розстрілів) з урахуванням їх фактичного корозійного і механічного зносу.

Ця задача розв'язується наступним шляхом:

- при візуальному обстеженні армування з даху підйомної посудини, вибірково (згідно ЄПБ на кожному ярусі) ручним інструментом вимірюють фактичну залишкову товщину провідників і розстрілів армування;

- на підйомну посудину встановлюють комплект електронної апаратури, що складається з блоку для реєстрації даних і комплекту попередньо відтарованих силовимірювальних вкладишів. Ці вкладиші закріплюються на місці робочих вкладишів на місці запобіжних башмаків (рис. 2.1);

- так само на посудині кріпиться датчик, який реєструє яруса розстрілів при русі посудини уздовж ствола. Оскільки під час руху посудина скоює складні просторові коливання, то в кожний момент часу різні грані різних башмаків вступають в контакт з провідниками, і всі вони мають величини контактних зусиль.

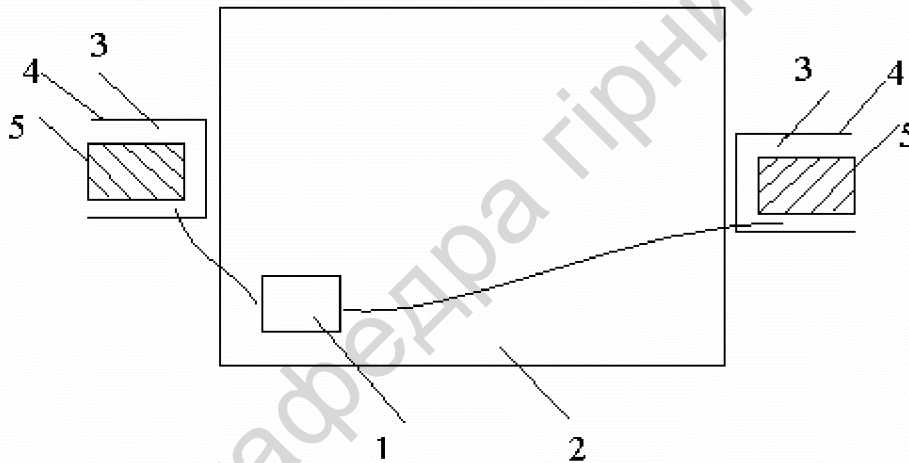


Рис. 2.1 Схема розміщення тензометричних башмаків на посудині:
1- реєстратор; 2 - посудина; 3 - силовимірювальні вкладиші;
4 - запобіжні башмаки; 5 - провідники

Як показує практика, від циклу до циклу на одній і тій же ділянці ствола по одному і тому ж провіднику реалізуються різні по амплітуді контактні зусилля. Значення можуть відрізнятися у 2-3 рази. Це пояснюється випадковим, хаотичним розкидом параметрів завантаження посудини і варіаціями по вертикальній швидкості руху. Звідси витікає, що для надійної реєстрації максимальних значень контактних навантажень, по яким розраховуватиметься залишковий запас міцності армування, необхідно виконати достатньо велику кількість контрольних проїздів на одній і тій же швидкості з однаковим завантаженням посудини (6-10). Звідси також випливає, що силовимірювальні вкладиші повинні одночасно встановлюватися на всіх запобіжних башмаках посудини (рис. 2.1).

Після вимірювання фактичних навантажень, вимірюють залишкову товщину провідників і розстрілів, вимірюють їх фактичні пружні деформації, розрахунковим шляхом визначають внутрішні напруги від статичних деформацій. Розрахунковим шляхом визначають напругу від динамічних навантажень і їх суму порівнюють з допустимим значенням:

- якщо запас міцності невичерпаний, то робиться висновок про можливість подальшої експлуатації ствола на даній швидкості;
- якщо запас міцності менше допустимого, то проводять вимірювання на більш низькій швидкості і повторюють дослідження, поки не визначать значення швидкості, на якій динамічні навантаження не викличуть руйнування конструкції.

Оскільки вимірювальні башмаки встановлюються замість робочих, то їх розміри відрізняються від розмірів вже зношених башмаків, отже зменшується зазор між башмаком і провідником, тобто міняється амплітуда коливань посудини і міняються контактні навантаження у вимірювальному циклі в порівнянні із звичайним робітником. Це також приводить до втрати об'єктивності одержаних даних.

Конструкція силовимірювальних башмаків.

Силовимірювальний башмак є конструкцією, що складається з трьох металевих вкладишів розміром 200x200x20 кожний (рис. 2.2). Ці вкладиші точно повторюють конструкцію робочих вкладишів запобіжних башмаків і виконані з того ж металу. Ці вимірювальні вкладиші вмонтовуються в запобіжному башмаку на тому ж місці, що і робочі, та кріпляться за допомогою болтів. Такою конструкцією досягається ідентичність жорсткості вимірювальних і робочих башмаків. Це необхідне для того, щоб під час вимірювань не відбувалося викривлення ударних навантажень у порівнянні з робочими циклами. В центральній частині кожного вимірювального вкладиша виконаний отвір діаметром близько 70 мм, в якому закріплений силовимірювальний датчик спеціальної конструкції. Чутливим елементом цього датчика є сегмент сферичної мембрани, який виступає за корпус башмака у бік провідника на 2-3 мм.

Жорсткість цього сегменту підбирається так, щоб при робочих ударних навантаженнях (5-7тс) ця мембрана не прогиналася більше, ніж на величину виступу. Це необхідне, щоб повне контактне зусилля від провідника передавалося тільки на вимірювальну мембрану, і не розподілялося між рештою поверхні вкладиша, на якій немає датчиків. На внутрішній увігнутій поверхні сегменту, по спеціальній електричній схемі наклеюється ряд (3-6) дротяних плівкових тензодатчиків або напівпровідникових.

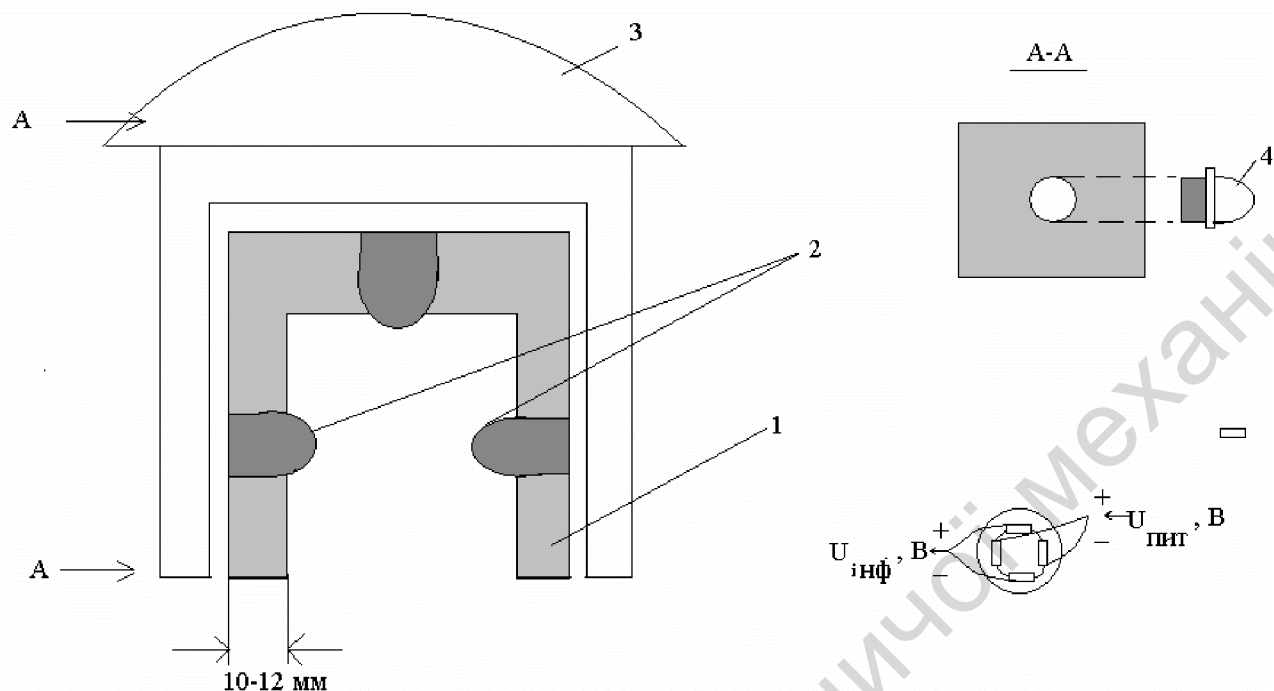


Рис. 2.2. Конструкція силовимірювальних башмаків:
 1- вкладиш; 2 - датчик зусиль; 3 - підйомна посудина;
 4 - сегмент мембрани

Плівкові датчики є відрізком фольги, на якій наклеєно декілька витків спеціального дроту. Цей дріт має сильно виражену властивість змінювати свій електричний опір при його розтягуванні. Ці плівкові датчики наклеюються на метал сегменту спеціальним ударостійким жорстким клеєм. Ця електрична схема називається «містком Уїнстона» і наклеюється по внутрішній поверхні сегменту в спеціальних місцях з орієнтацією плівкових датчиків так, щоб задовольнити двом умовам:

- при натисненні на сегмент в його центрі повинно забезпечувати найбільше значення деформації плівкових датчиків;
- оскільки башмаки працюють в умовах змінної температури і можуть нагріватися від тертя, сегмент при нагріванні може також розширяться і деформувати плівкові датчики без жодного додатку сили. Це може привести до появи помилкового сигналу непов'язаного з механічним навантаженням. Щоб уникнути цього впливу, один або декілька плівкових датчиків встановлюють в місцях, які не піддаються механічній деформації при навантаженні, а їх електричні виходи з'єднуються в протифазі з електричними виходами основних датчиків, тоді результуючий сигнал від нагрівання дорівнює нулю.

Тарування силовимірювальних датчиків.

Для ідентифікації даних, отриманих при вимірюваннях, потрібно знати коефіцієнт градування силовимірювальних датчиків. Для цього датчики таруються наступним чином. Кожний датчик в лабораторних умовах кладуть під прес і навантажують його до максимального робочого навантаження. Щоб дані

вимірювань були достовірними, прес повинен бути забезпечений зразковою, повіреною в метрологічній службі системою вимірювання електричного вихідного сигналу датчика і зусилля навантаження. Дані вимірювань, із заданим по навантаженню інтервалом, заносяться в таблицю. Методом лінійної регресії по ним будується градуїрочна крива (рис. 2.3).

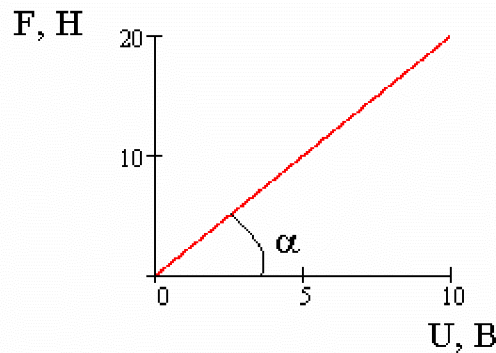


Рис. 2.3. Градуїрочна крива силовимірювального датчику

По цій кривій обчислюється коефіцієнт градуювання $K_{gp} = tg\alpha$, за допомогою якого при обробці запису, зробленого на шахті розраховуються контактні зусилля башмаків на провідники.

Датчик розмітки ярусів.

При проведенні інструментальних вимірів робочих навантажень на армування з боку підйомної посудини треба мати інформацію о адресності отриманих навантажень по глибині ствола. Для цього використовуються датчики розмітки ярусів різних типів. Найпростішим по виготовленню є датчик магнітно – індукційного типу (рис. 2.4).

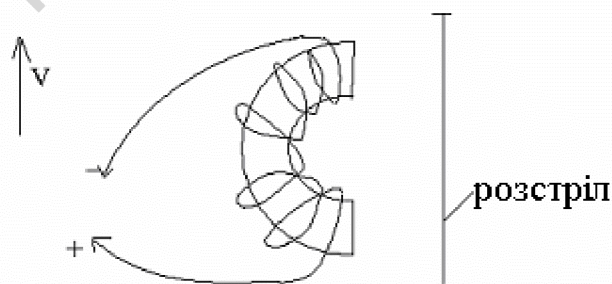


Рис. 2.4. Датчик магнітно–індукційного типу

Принцип дії цього датчика базується на явищі магнітної індукції. При проходженні датчика повз металевої балки розстрілу в обмотці підковоподібного магніта датчика виникає імпульс електричної напруги. Цей імпульс реєструється на записуючий осцилограф синхронно з імпульсами від датчиків зусиль. Після проходження датчика повз розстрілу його вихідна напруга стає рівною нулю. На фотопапері від сигналу цього датчика виходить картина імпульсів і

пропусків у формі гребінки, які перемежуються між собою. Шляхом експертної обробки осцилограми оператором ці імпульси нумеруються і ставляться відповідно нумерації ярусів по паспорту ствола. При накладенні осцилограми динамічних навантажень на вертикальний розріз ствола з пронумерованими ярусами можна одержати адресну прив'язку динамічних навантажень на провідники до номерів ярусів. Це дозволяє визначити ділянки ствола, де контактні зусилля виходять за допустимі межі.

3. КІНЕМАТИЧНИЙ МЕТОД ДІАГНОСТУВАННЯ АРМУВАННЯ ШАХТНИХ СТОЛІВ

Кінематичний метод застосовується в стволах, у яких обстеженнями не виявлено ділянок армування стан яких близький до гранично-припустимого по вимогам ЄПБ, а також після чергового поглиблення ствола, капітального ремонту армування чи значного обсягу планової заміни елементів армування стволів.

Метод застосовується з **метою**:

- оперативної локалізації місць порушення плавності руху підйомних посудин по глибині ствола;
- одержання даних про наявність порушень прямолінійності профілю провідників по глибині ствола;
- одержання даних про розподіл відносного рівня динамічного навантаження ярусів армування по глибині ствола;
- оперативного виявлення ярусів армування з порушеннями стиків провідників, що викликають систематичні ударно-циклічні динамічні впливи посудини на провідники, і небезпечних ділянок можливого заклинювання посудини в провідниках.

Основними **інформативними параметрами** методу є обмірюванні одночасно миттєві значення горизонтальних і вертикальних прискорень напрямних верхнього і нижнього поясів підйомної посудини.

3.1. Діагностування жорсткого армування шахтних стволів

Основою кінематичного методу діагностування армування є взаємно – однозначна відповідність між горизонтальними прискореннями точок підйомної посудини і контактними зусиллями між направляючими посудини і провідниками. Ця відповідність обумовлена справедливістю основних рівнянь динаміки підйомної посудини як твердого тіла.

$$\begin{aligned} m_c \overline{W}_c &= \overline{R}_e; \\ \frac{d\overline{Q}}{dt} &= \overline{M}_e, \end{aligned} \quad (3.1)$$

де m_c - маса посудини; \overline{W}_c - вектор прискорення центру мас; \overline{R}_e - головний вектор зовнішніх сил (контактних зусиль) і сил реакції каната та сили ваги канату;

\bar{Q} - момент кількості руху підйомної посудини; \bar{M}_e - головний момент зовнішніх сил.

Діагностичні параметри кінематичного методу діагностування:

- зазори між провідниками і башмаками - безперервно під час руху;
- горизонтальні швидкості переміщення башмаків щодо провідників - безперервні під час руху;
- горизонтальні прискорення башмаків - безперервно під час руху.

Оскільки у ліву частину рівнянь (3.1) входять фактично миттєві прискорення точок посудини, то при прямому вимірюванні зазору, їх осцилограму треба двічі чисельно продиференціювати. При вимірюванні горизонтальної швидкості її осцилограму треба продиференціювати один раз.

Для того, щоб одержати повну кінематичну картину руху посудини необхідно знати прискорення кожного башмака підйомної посудини в лобовому і бічному напрямі одночасно.

З цього виходить, що апаратура для реалізації цього методу повинна мати шість вимірювальних аналогових каналів для одночасної реєстрації показників шести датчиків прискорень D1-D6 (рис. 3.1). Окрім цього вона повинна мати один або більше вимірювальних каналів для реєстрації ярусів. Використовуючи ці канали, показники яких записуються синхронно з показниками таймера, можна визначити миттєву вертикальну швидкість підйомної посудини за допомогою датчика акселерометра D7. Цей датчик може використовуватися для контролю напруг живлення датчиків. Це необхідне для того, щоб при обробці даних враховувати можливу зміну живлячої напруги через розрядку акумулятора, або деяких перешкод, оскільки інформаційний сигнал датчика прямо пропорційний живлячій напрузі.

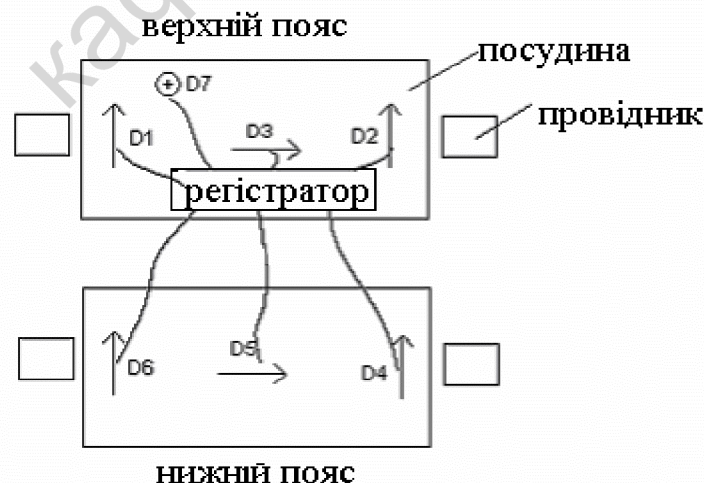


Рис. 3.1. Схема розміщення датчиків прискорень

Мікропроцесорна апаратура для реєстрації цих показників складається з двох блоків: 1 - портативна ЕОМ; 2 - контролер, який виконує функції вимірювання аналогових і дискретних сигналів в режимі реального часу та їх перетворення в цифровий код.

Конструкція та принцип роботи акселерометричних датчиків.

Акселерометр резистивного типу складається з корпусу (рис. 3.2), що є порожнім циліндром, герметично закритим з усіх боків, рухомого елемента маси m , змінного резистору, рідини для гасіння руху елемента - 5. В такому датчику вихідні напруги прямо пропорційні відхиленню рухомого елемента усередині корпусу від деякого початкового положення $U_{вих} \approx y$. Коефіцієнт пропорційності має вигляд $K_{зр} = U_{вих} / y$.

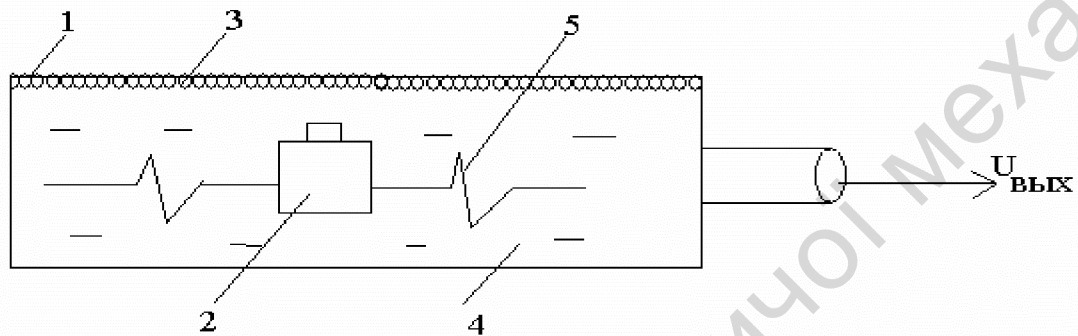


Рис. 3.2. Конструкція датчика акселерометра:

1-корпус; 2-рухомий елемент; 3-резистор; 4-рідина (масло); 5- пружина

Оскільки цей датчик містить усередині себе рідину, то вона викликає загасання власних коливань рухомого елемента усередині корпусу. Рівняння коливань цього елемента має вигляд:

$$m\ddot{y} + \mu\dot{y} + cy = ma(t), \quad (3.2)$$

де m - маса рухомого елемента; μ - коефіцієнт розсіювання енергії в рідині; c - жорсткість пружини всередині датчика; $a(t)$ - абсолютне прискорення корпусу датчика (прискорення точки підйомної посудини, в якій встановлено датчик); y - переміщення рухомого елемента всередині корпусу датчика.

З формули (3.2) отримаємо значення $a(t)$, яке дозволяє по вимірюваному вихідному сигналу у вольтах визначити експериментально в лабораторії коефіцієнти b, p і коефіцієнт $K_{зр}$ і розрахувати прискорення тієї точки підйомної посудини, в якій був встановлений датчик.

$$a = \frac{1}{K_{зр}} [\ddot{U}_{вих} + b\mu\dot{U}_{вих} + pU_{вих}], \quad b = \frac{\mu}{m}, \quad p = \frac{c}{m}. \quad (3.3)$$

Оскільки підпружинений чутливий елемент є пружинним маятником, то він, скоюючи вимушені коливання усередині корпусу під дією зовнішнього прискорення $a(t)$, при його гармонійному характері, може потрапляти в резонанс. Резонансна частота датчика без рідини $\omega = \sqrt{\frac{c}{m}}$ визначається коефіцієнтом p .

Через демпфування рідини резонансна частота стає набагато меншою. Традиційно такі датчики застосовуються для вимірювання прискорення тільки для дуже низьких частот, які набагато менше резонансної частоти, що складає 5-7 Гц. Для низьких частот коливань до 2 Гц першим і другим додаткам можна знехтувати. Для цього випадку тарировочна формула приймає вигляд:

$$a = \frac{P}{K_{cp}} U_{вих}(t). \quad (3.4)$$

В зоні частот, близьких до резонансної і перевищуючих її, впливом перших двох доданків знехтувати не можна. Для того, щоб формула (3.3) давала точне значення прискорення корпусу a , необхідно обчислити першу і другу похідні вихідного сигналу. Звідси витікає, що вимірювальна апаратура, що працює з цими датчиками повинна мати в своєму складі швидкодіючі диференціюючі блоки. Технічно це може бути виконано двома способами:

- апаратне диференціювання в режимі реального часу та підсумовування всіх трьох складових і запис на магнітний носій одержаного результату $a(t)$;
- запис на жорсткий диск ПЕОМ табличного файлу містить значення тільки вихідного сигналу $U_{вих}$ і показників таймера. Потім, при програмній обробці файлу, чисельне диференціювання записаних даних.

У другому випадку датчик дає більш точні значення прискорень для будь-яких режимів роботи.

3.2. Діагностування гнучкого армування шахтних стволів

Канатне армування застосовується в скіпових відділеннях шахтних стволів, розрахованих на високу швидкість руху підйомної посудини (12-16м/с). Це армування дозволяє значно знизити металоємність армування і швидкість армування ствола. Це реалізується за рахунок того, що не треба через кожні 3-4 м по глибині ствола вмонтовувати яруси розстрілів, достатньо вздовж всього ствола повісити декілька канатів, закріпивши їх зверху і внизу ствола. Провідникові канати встановлюються по найдовшій стороні підйомної посудини або по чотирьох кутах на максимально великій відстані від вертикальної осі підйомної посудини.

Канатне армування застосовується тільки на багатоканатних машинах. Це зроблено для того, щоб при максимальних крутильних моментів від головних канатів звести до мінімуму крутильний момент, що намагається повернути підйомну посудину навколо вертикальної осі. При цьому виникає відхилення канатних провідників від вертикалі. Це може привести до аварійно небезпечне зближення посудини з іншим устаткуванням ствола (трубопровід, кабель, сходи або інша посудина, що рухається назустріч). Для канатних провідників вибирають тільки канати закритої конструкції, зовнішній шар яких не має виступів і сформований фігурними проволоками діаметром 1-3мм. В такому канаті при його розтягуванні утворюється малий крутильний момент. Але такий канат має набагато більшу жорсткість на вигин, ніж звитий з пасм. Тому закриті канати майже ніколи не використовуються як головні.

Під дією некомпенсованого моменту з боку канатів, посудина повертається навкруги своєї вертикальної осі на кут, відхилюючи тим самим провідник від вертикалі на відстань.

Здатність провідника протистояти цьому відхиленню головним чином залежить від його натягнення по вертикалі. Це натягнення забезпечується застосуванням в нижній частині ствола (зумпфі) спеціальних навантажувачів (вантажів, натяжних домкратів). Різниця в роботі вантажів і домкратів полягає в тому, що вантаж створює постійне натягнення каната під час експлуатації, яке не міняється при витяжці каната з часом. Проте вантаж може скоювати вертикальні коливання на пружному канаті, сприяючи тим самим виникненню горизонтальних коливань і виникненню параметричного резонансу. Домкрати забезпечують жорстке кріплення нижнього кінця каната, проте вимагають постійного підтяжки під час експлуатації через подовження каната з часом. При русі посудини з великою швидкістю на нього окрім вказаних сил діє так само сила Кориоліса, викликана обертанням Землі, і сила від дії повітря в стволі, оточуючого посудину. Ці сили порівнянні по своїй величині з рештою сил.

Діагностичними параметрами системи «посудина – гнучке армування» є:

- максимальний кут повороту підйомної посудини навкруги вертикальної осі;
- максимальне відхилення провідника від вертикалі;
- мінімальна відстань між виступаючими частинами посудини, устаткуванням ствола і іншими посудинами;
- параметри, що визначають цілісність канатних провідників.

4. КОМПЛЕКСНИЙ МЕТОД ДІАГНОСТУВАННЯ АРМУВАННЯ ШАХТНИХ СТВОЛІВ

Комплексний метод контролю застосовується при повному обстеженні ШПУ:

- із тривалими термінами експлуатації в складних гірничо-геологічних умовах;
- із значним зносом армування;
- із підйомними посудинами великої довжини чи такими, що мають чотири направляючі нитки провідників;
- із при зміні швидкості і кінцевої маси посудини.

Комплексний метод застосовується:

- для уточнення оцінки і деталізації особливостей динамічного впливу посудини на провідники направляючими верхнього і нижнього поясів у лобовій та бічній площинах;
- для одержання даних про амплітудно-частотні характеристики вібраційної взаємодії посудини із провідниками по глибині ствола у дорезонансних, резонансних і після резонансних динамічних режимах.

Інформаційними параметрами методу є вимірювані одночасно миттєві значення горизонтальних і вертикальних прискорень направляючих підйомної

посудини і контактних зусиль у кінематичних парах «башмак - провідник» підйомної посудини по лобових і бічних гранях робочих башмаків ковзання.

Для проведення інструментальних вимірювань в комплексі одночасно використовується апаратура для динамічного і кінематичного методів діагностування армування.

5. ДІАГНОСТУВАННЯ ЗАПОБІЖНОГО ГАЛЬМА ШАХТНИХ ПІДЙОМНИХ УСТАНОВОК

5.1. Засоби діагностування запобіжного гальма підйомних установок вертикальних стволів

У разі виникнення загрози, або аварійної ситуації на шахтному підйомі під час роботи, тільки аварійне (запобіжне) гальмо є тією ланкою, яка може запобігти подальшому розвитку аварійних ситуацій.

Залежно від типу підйомної установки (барабанна однокінцева, барабанна двокінцева, багатоканатна з шківом тертя) до параметрів роботи гальмівної системи надаються різні технічні вимоги. Їх дотримання суворо регламентуються «Правилами безпеки ...». При експлуатації підйому, робота запобіжного гальма повинне щодня перевірятися службою догляду за підйомом. Крім того, періодично по встановленому графіку проводиться інструментальне діагностування його роботи з вимірюванням робочих параметрів.

Порядок і методика проведення цих випробувань регламентується «Керівництвом по ревізії, налазці і випробуванню шахтних підйомних установок». Згідно цього документу діагностування роботи запобіжного гальма проводиться методом осцилографування параметрів роботи гальмівної системи й уповільнення барабана підйомної машини.

Параметри роботи гальмівної системи:

- гальмівне зусилля - в частині визначення закону його зміни в часі - тензодатчики.
- момент подачі команди на включення гальма - дискретний датчик (геркон, реле);
- закон зміни швидкості обертання барабана в часі.

Ці три параметри визначають необхідний набір *датчиків виміральної апаратури* для діагностування гальмівної системи, які повинні одночасно реєструватися на записуючому пристрої:

- тензодатчики встановлені на всю гальмівну тягу підйомної машини для вимірювання гальмівного зусилля;
- датчик, що видає інформаційний сигнал двох рівнів (перший рівень – немає сигналу на спрацювання; другий рівень - є сигнал на спрацювання);
- аналоговий датчик, що видає безперервний інформаційний сигнал, пропорційний швидкості обертання барабана (датчик обертів, сель-сін генератор, датчик стробоскопічного типу і т.п.) для вимірювання швидкості обертання барабан.
- відмітчик часу.

Алгоритм проведення інструментального діагностування гальм ШПУ:

- для проведення діагностування записуюча апаратура і датчики вмонтовуються в машинному залі підйомного комплексу;
- підйомна установка запускається в роботу в режимі спуску розрахункового вантажу на заданій робочій швидкості;
- апаратура включається в режим запису, після чого подається команда на включення запобіжного гальма;
- після зупинки підйомної машини апаратура вимикається;
- проводиться обробка одержаних записів.

По результатам проведених досліджень можливі два випадки:

- не виникає суперечливої ситуації по роботі гальма - осцилографуванню підлягають тільки сигнал датчика швидкості обертання барабана і сигнал реле спрацювання гальма (V_0, K) окремо при спуску вантажу та при підйомі вантажу. Апаратура для їх реєстрації включає окрім датчиків швидкості і спрацювання, багатоканальний світло - променевий осцилограф (Н-700, К-12-22);

- виникає суперечлива ситуація про правильність настройки гальма - в обов'язковому порядку реєструється діаграма зміни гальмівного зусилля. В цьому випадку окрім тензодатчика вимірюючого зусилля, між входом осцилографа і виходом тензодатчика встановлюється багатоканальний тензопідсилювач (ТА-5; «ТОПАЗ»).

Конструкція світло - променевого осцилографа.

Світло - променевий осцилограф, як світлочутливий елемент гальванометра з відбиваючим дзеркалом, встановлений на голчатій опорі і під дією магнітного поля, напруженість якої пропорційна напрузі вихідного сигналу $U_{вих}$, повертається на деякий кут. Отже, чим більше величина $U_{вих}$, тим на більший кут обернеться гальванометр. В корпусі осцилографа встановлена потужна лампа (рис. 5.1), світло від якої тонким промінням потрапляє на дзеркала всіх гальванометрів та відбившись від них потрапляє на фотопапір, який спеціальним мотором із заданою постійною швидкістю перемотується в касеті навпроти віконця для світлового променя.

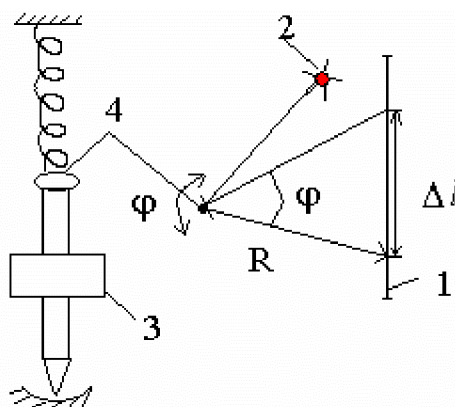


Рис. 5.1.Схема світло-променевого осцилографа:
1- фотопапір; 2- лампа; 3- дзеркало; 4- гальванометр

Ширина розгортки променя на папері Δl буде пропорційна зміні вихідної напруги $\Delta l \approx U_{вих}$.

Для повернення гальванометра в нейтральне положення служить годинна пружина. Гальванометр має свою масу і момент інерції. $I\ddot{\varphi} = \mu_{ел} - c\varphi \approx U_{вих}$ - рівняння його руху, де c - крутильна жорсткість пружини. Дане рівняння можна переписати в наступній формі: $I\ddot{\varphi} + c\varphi = \mu_{ел} \approx U_{вих}$.

Чим більше момент інерції гальванометра, тим менш чутливим буде він під дією одного і того ж магнітного поля, пропорційного $U_{вих}$. Отже, щоб збільшити амплітуду розмаху променя на фотопапері, навіть для найлегшого гальванометра, що випускається промисловістю, необхідно збільшити зміну вихідної напруги $U_{вих}$ від деформації тензодатчиків при гальмуванні, як правило, в 100-1000 разів. Цю роль виконує проміжний підсилювач (ТА-5, «ТОПАЗ» та ін.). Особливістю роботи таких підсилювачів є те, що вони лінійно умножують вихідний сигнал, в якому на корисну складову накладаються перешкоди. Тому промінь має велику ширину і розпливчасту форму. Виділення оком корисного сигналу в такому промені представляє велику складність.

Мікропроцесорна апаратура для діагностування гальма.

Мікропроцесорна апаратура містить ті ж самі первинні датчики для реєстрації V_0 , K , $F_{гал}$. Замість тензодатчиків і світло-променевого осцилографа застосовуються спеціалізовані контролери (для аналого-цифрового перетворення вхідних напруг датчиків, їх посилення і формування цифрового коду) і портативний комп'ютер для запису цифрового коду на магнітний носій у вигляді табличного файлу. Кожний стовпець табличного файлу містить значення цифрового коду, пропорційне $U_{вих}$ кожного датчика. В кожному рядку таблиці містяться дані показників всіх датчиків і таймера комп'ютера, записані через час Δt (період опиту). Одержаний файл обробляється спеціальною програмою, яка на підставі тарировальних характеристик кожного датчика будує графіки зміни відповідних параметрів ($V_0, K, F_{гал}$), проводить їх згладжування і знаходження середнього і миттєвого уповільнення підйомної посудини.

5.2. Засоби діагностування запобіжного гальма підйомних установок, що знаходяться у похилих гірничих виробках

В цілому, діагностування запобіжного гальмування підйомних посудин на похилих виробках проводиться так само, як і на вертикальних. Проте через те, що посудина знаходиться на похилій площині проекції сили ваги в напрямку руху набагато менше, ніж у вертикальних стволах (рис. 5.2). В цьому випадку рівняння рух підйомної посудини має вигляд:

$$mW = F_{кан} - mg \sin \alpha .$$

Рівняння обертання підйомної машини в режимі гальмування має вигляд:

$$I\ddot{\varphi} = R(F_{кан} + F_{тр}) .$$

З аналізу цих рівнянь видно, що при гальмуванні під час підйому вантажу натягнення каната буде набагато менше, ніж якби гальмування проводилося у вертикальному стволі.

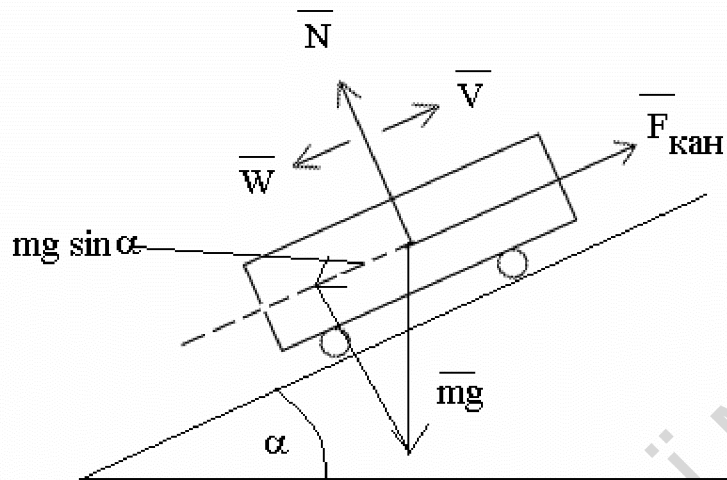


Рис. 5.2. Динамічна схема руху підйомної посудини

Тому, при гальмуванні з уповільненням W , набігання посудини на канат відбудеться при набагато менших значеннях W , ніж у вертикальних стволах. До гальмівної системи пред'являються дві суперечливі вимоги. З одного боку необхідно зупинити посудину якнайскоріше. Це можна зробити, тільки надавши їй достатньо велике уповільнення W . З другого боку запас кінетичної енергії посудини, що рухається, не залежить від того, рухається посудина по похилій або вертикальній ділянці. Але єдиною силою, не враховуючи сили тертя, яка гальмуватиме саму посудину, є сила $mg \sin \alpha$.

Ця сила при малих нахилах дуже мала. На практиці при кутах нахилу $\alpha < 15^\circ$ підйомні установки не застосовуються. Оскільки основним джерелом аварій при гальмуванні в похилих виробках є ефект набігання посудини на канат, то метою інструментального діагностування такої підйомної установки є перш за все контроль на наявність або відсутність набігання підйомної посудини на канат окрім діагностування традиційних параметрів гальмування. Дуже часто по довжині траси є ділянки з різними кутами нахилу, через це одне і те ж гальмівне зусилля, на яке настроєне гальмо, буде по-різному впливати на поведінку посудини на різних ділянках ствола. Тому гальмівне зусилля по критерію ненабігання посудини на канат вибирається так, щоб набігання було відсутнє на ділянках з найменшим кутом нахилу. Тоді, на ділянках з великим кутом нахилу його гарантовано не буде.

Оскільки під час експлуатації відбувається розлад гальмівної системи, то періодично проводять її діагностування. При цьому за допомогою спеціального приладу визначають величину цього набігання на кожній ділянці траси.

Цей прилад має наступні пристрої (рис. 5.3): диск з відмітками - 5 та барабан - 1 з тросом - 2 і пружиною годинного типу, закріплені на одному валу - 3 через обгінну муфту - 4 відстані по дузі кола. Пружина встановлена так, що за рахунок свого попереднього натягу забезпечує намотування тросу на барабан

при його ослабленні. Муфта встановлена так, що при намотуванні троса вона одночасно обертає диск з відмітками в ту ж сторону.

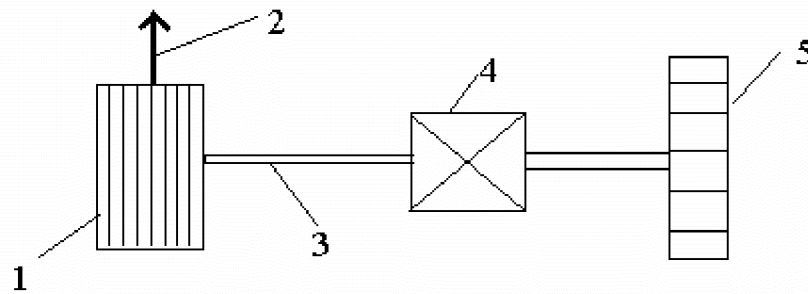


Рис. 5.3. Схема приладу для визначення набігання посудини на канат:
1- барабан; 2- трос; 3- вал; 4- обгінна муфта; 5-диск з відмітками

При розмотуванні троса муфта звільняє із зачеплення диск з відмітками, і він залишається не рухомим при зворотному обертанні барабана.

Перед проведенням діагностування до передньої стінки підйомної посудини кріпиться стійка з блоком. Прилад закріплюється всередині підйомної посудини, з нього витягується трос; стискачі пружини; трос перекидається через блок і жорстко закріплюється за головний канат на відстані декількох метрів від посудини.

Підйомна установка в режимі підйому вантажу збільшує швидкість до потрібного значення на контрольованій ділянці траси, після чого вмикається запобіжне гальмо. Оскільки канат має пружну витяжку від ваги посудини, то все ж таки відбувається зменшення первинної відстані і намотування троса на барабан під дією пружини. При цьому диск з відмітками повертається синхронно з барабаном, а його відмітки показують, на скільки сантиметрів зменшилася відстань. Якщо гальмо настроєне правильно, то на будь-якій ділянці траси це зменшення не перевищить статично пружного розтягування каната. Якщо гальмо розрегульоване і підйомна машина зупиняється швидше, ніж підйомна посудина, то канат перестане намотуватися на барабан підйомної машини, коли посудина ще на нього наїжджатиме.

6. ДІАГНОСТУВАННЯ АРМУВАННЯ СТВОЛІВ В ЕКСТРЕМАЛЬНИХ РЕЖИМАХ РОБОТИ

Режимом, в якому виникають найбільші динамічні перевантаження всіх вузлів підйомних установок (у тому числі армування стволів), є режим запобіжного (аварійного) гальмування, який може відбутися в будь-якій точці стволу. При запобіжному гальмуванні рівень динамічного навантаження провідників армування з боку підйомної посудини може бути еквівалентним, або навіть перевищувати у декілька разів рівень навантажень, які виникають на цій же діля-

нці стволу при робочому режимі руху посудини. Навіть на ділянці стволу з плавним горизонтальним рухом підйомної посудини у робочому режимі спрацювання запобіжного гальма може викликати аварійно-небезпечне перевантаження металоконструкцій армування напрямними вузлами підйомної посудини. Це показує, що для забезпечення безпечної експлуатації підйомних установок необхідне своєчасне виявлення місць у стволі, на яких запобіжне гальмування підйомної машини може несподівано створити загрозу безпеки експлуатації.

Особливість метода діагностування армування в режимі запобіжного гальмування полягає у додатковому (окрім робочих режимів) проведенні динамічних випробувань системи в режимі запобіжного гальмування та спеціальній математичній обробці їх результатів.

Відповідно до розробленого методу проведення діагностування складається з наступних етапів:

- аналіз даних підйомної установки, розрахунки параметрів зон динамічної нестійкості системи «підйомна посудина – армування»,
- вибір місць у стволі та умов проведення динамічних випробувань в режимі запобіжного гальмування;
- проведення динамічних випробувань системи в режимі запобіжного гальмування; системна обробка результатів вимірювань зносу елементів армування, динамічних випробувань взаємодії підйомної посудини з армуванням при робочому русі та у режимі запобіжного гальмування;
- визначення технічного стану армування на досліджених ділянках ствола та розробка висновків і рекомендацій з нагляду та ремонту армування, швидкісному та вантажопідйомному режимам роботи установки.

При проведенні діагностування армування при запобіжному гальмуванні використовується набір **апаратури** такий саме, як при комплексному методі діагностування армування.

Інформативними параметрами для методу діагностування армування в екстремальних режимах роботи ШПУ є динамічні навантаження на армування з боку підйомної посудини, які виникають при запобіжному гальмуванні підйомної машини.

Перший підготовчий етап методу діагностування армування при запобіжному гальмуванні, базується на проведенні комп'ютерного моделювання поведінки системи «підйомна посудина - армування» в режимі запобіжного гальмування. У найпростішому випадку цей процес описується диференціальним рівнянням Мат'є

$$\ddot{\Psi} + \{A + B \sin(\omega t)\} \Psi = 0,$$

де в залежності від коефіцієнтів A та B (координати зображуючої точки $M(B, A)$) можливі два випадки:

- посудина буде здійснювати затухаючі поворотні коливання у межах кінематичних зазорів між башмаками та провідниками;

- посудина буде здійснювати поворотні коливання з наростаючими амплітудами і реалізацією ударно-вібраційного режиму взаємодії башмаків з провідниками.

Співвідношення коефіцієнтів A та B визначаються стандартною діаграмою нестійкості Айнса - Стретта для рівнянь типу Мат'є (рис. 6.1).

На рис. 1.11 заштриховані області, які знизу обмежені пунктирною лінією, а зверху сполушно називаються зонами нестійкості, або резонансними. Не заштриховані області називаються зонами стійкості.

Коли при гальмуванні підйомної посудин співвідношення коефіцієнтів A та B таке, що зображуюча точка $M(B,A)$ потрапляє в зону стійкості, то підйомна посудина здійснює затухаючі поворотні коливання.

Якщо зображуючи точка $M(B,A)$ потрапляє у резонансну зону, то спостерігається резонанс вертикальних і поворотних поливань підйомної посудини. Відбувається в результаті цього перекачка енергії вертикальних коливань посудини в поворотні. При цьому амплітуди поворотних коливань зростають доки запобіжні башмаки підйомної посудини не увійдуть в контакт з провідниками. Тоді реалізується ударно-вібраційний режим взаємодії башмаків з провідниками, який супроводжується великими навантаженнями армування з боку підйомної посудини. Це може спричинити руйнування армування.

Послідовне знаходження координат точки $M(l_0)$ для всіх точок ствола дозволяє побудувати координатну криву (рис. 6.1). З якої можливо визначити розташування зон нестійкості по глибині ствола.

При виконанні *другого підготовчого етапу* методу діагностування армування в екстремальних режимах на основі результатів першого етапу обираються спеціальні координати по глибині ствола та швидкість руху посудини по стволу. В спеціальних точках ствола на наступних етапах діагностування буде виконуватися запобіжне гальмування підйомної машини при інструментальних випробуваннях.

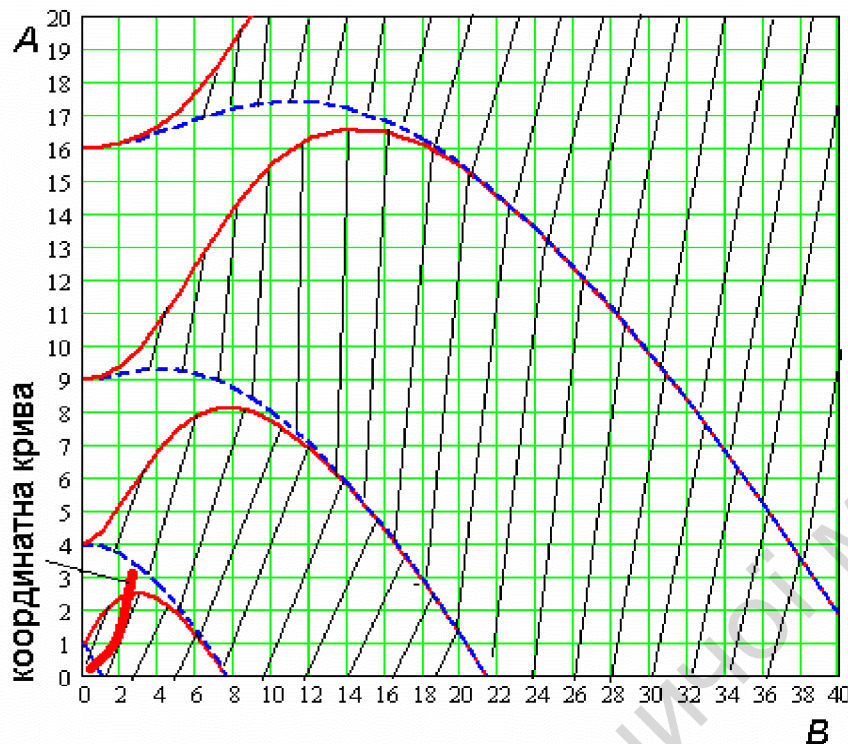


Рис. 6.1. Діаграма нестійкості Айнса-Стретта для рівнянь типу Матьє

Координати точок динамічних випробувань обирають в околі зон нестійкості та з урахуванням наступними особливостей процесу взаємодії посудини з армуванням при запобіжному гальмуванні:

- при запобіжному гальмуванні за межами зони нестійкості - посудина здійснює затухаючі поворотні коливання у межах зазорів між башмаками та провідниками;
- при запобіжному гальмування на межі зони нестійкості та її околі - посудина здійснює поворотні коливання у межах зазорів між башмаками та провідниками з невеликим збільшенням своїх амплітуд і незначними ударами башмаків о провідники;
- при запобіжному гальмування навколо „центра нестійкості” – посудина здійснює поворотні коливання зі значним збільшенням амплітуд та значними контактними зусиллями на армування з боку башмаків посудини.

Умови проведення динамічних випробувань в першу чергу повинні обиратися так, щоб не спричинити аварійно-небезпечної ситуації.

Лабораторна робота

Дослідження впливу запобіжного гальмування на стійкість взаємодії посудини з провідниками

Завдання.

Виконати підготовчі етапи методу діагностування армування шахтного стволу в режимі запобіжного гальмування. Скласти модель процесу динаміки системи „підйомна посудина - армування” в режимі гальмування в середовищі МATHCAD. На базі цієї моделі дослідити залежність розташування зон пара-

метричної нестійкості взаємодії підйомних посудин з армуванням в режимі запобіжного гальмування.

Оформити висновок за результатами виконаної лабораторної роботи, що включає наступні пункти.

1. Побудувати залежність коефіцієнтів $a(l_0)$ і $q(l_0)$ від положення посудини в стволі l_0 .

2. Побудувати графіки по п.1 залежно від відносного положення посудини в стволі l_0/L .

3. Виконати варіацію жорсткості направляючих H від 0 до максимального значення по 5-ти точкам і дослідити для кожної координати ділянки по глибині ствола, де зображуюча точка $M(B,A)$ на діаграмі Айнса-Стретта знаходиться в зонах нестійкості горизонтальних коливань при гальмуванні.

4. Виконати варіацію значення початкової швидкості гальмування 1, 3, 5, ..., 11 м/с виконати п.3, коли $H=0$ і H дорівнює максимальному значенню.

5. Описати словами як залежить загальна довжина зон нестійкості при гальмуванні від початкової швидкості і жорсткості направляючих.

6. Вибрати координати по глибині ствола на швидкість для проведення динамічних випробувань.

Мета лабораторної роботи – навчитися застосовувати метод діагностування армування шахтних стволів в режимі запобіжного гальмування.

Вказівки до виконання завдання.

Вертикальні коливання посудини на пружному канаті створюють збудження поворотних коливань посудини навколо його горизонтальних осей інерції. Поворотні коливання посудини в лобовій площині провідників описуються рівнянням в найпростішому випадку типа Матьє наступного вигляду:

$$\psi''(t) + (a(l_0) + 2 * q(l_0) * \cos(2t + \alpha))\psi = 0,$$

де

$$a(l_0) = \frac{4}{k(l_0)^2 I} \left(H + b * c(l_0) * \frac{C_1(l_0)}{k(l_0)^2} \right), \quad q(l_0) = 2 * b * c(l_0) * \frac{C_1(l_0)}{k(l_0)^4 I},$$

$$I = Q \frac{HL^2}{8}, \quad C_1(l_0) = \sqrt{\frac{V_0^2}{k(l_0)^2} + U_0^2}, \quad k(l_0) = \sqrt{\frac{EF}{\left(Q + q \frac{l_0}{3}\right) l_0}},$$

$$c(l_0) = \sqrt{\frac{EF}{l_0}}, \quad U_0 = 0, \quad H = 2b^2 C_1 + 2(HL - b)^2 C_1.$$

де H - сумарна жорсткість направляючих, Н/м; b - відстань від центру мас посудини до його верхнього пояса, м; I – момент інерції посудини відносно центральної вісі, м*кг; HL - висота посудини, м; $c(l_0)$ - жорсткість каната на розтягу-

вання; ψ - кут нахилу посудини від вертикалі, рад; C_l - жорсткість однієї направляючої, Н*м ; U_0 - початковий розтяг канату, м; V_0 - швидкість посудини к початку гальмування, м/с; L - висота підйому, м.

При виборі координат та умов проведення динамічних випробувань в першу чергу треба враховувати безпеку проведення досліджень.

Якщо при робочій швидкості проведення динамічних випробувань може бути небезпечним, то треба знизити швидкість до безпечного рівня.

Вхідні данні для виконання завдання представлені у таблиці

Таблиця

Вхідні данні для виконання лабораторної роботи

Номер варіанту	Висота посудини, м	Відстань від центру мас посудини до верхнього поясу, м	Жорсткість канату на розтяг, м (*10 ⁸)	Жорсткість однієї направляючої, Н/м (*10 ³)	Швидкість посудини у момент початку гальмування, м/с	Висота підйому, м
1.	10	6	1.6	40	10	950
2.	11	7	1.26	35	11	1000
3.	12	8	1.5	37	10	1100
4.	13	9	1.6	45	11	1200
5.	14	8	1.35	60	12	1300
6.	15	9	1.75	67	6	900
7.	9	5	1.3	80	8	1200
8.	8	4	1.0	28	3	1400
9.	16	8	0.9	44	8	1500
10.	17	9	0.9	66	9	1120
11.	18	9	1.5	34	6	1340
12.	19	9	1.12	78	7	1209
13.	20	10	1.22	54	5	1302
14.	10	5	1.42	34	10	1420
15.	8	6	1.41	77	12	1220
16.	9	5	1.42	30	11	1110
17.	11	6	1.52	33	7	920
18.	13	6	1.62	54	8	930
19.	15	8	1.32	34	9	940
20.	11	7	1.0	75	6	1020

Контрольні питання

1. Який характер залежності сумарної довжини зон „нестійкості взаємодії посудини з армуванням” при запобіжному гальмуванні від значення вертикальної швидкості руху посудини по стволу?

2. Який характер залежності сумарної довжини зон „нестійкості взаємодії посудини з армуванням при запобіжному гальмуванні” від значення жорсткості направляючих посудини?

3. Як залежить розташування зон „нестійкості взаємодії посудини з армуванням при запобіжному гальмуванні” по стволу від значення вертикальної швидкості руху посудини по стволу?

4. Як залежить розташування зон „нестійкості взаємодії посудини з армуванням при запобіжному гальмуванні” по стволу від значення жорсткості направляючих посудини?

5. Що таке „центр нестійкості” взаємодії посудини з армуванням при запобіжному гальмуванні?

7. ГЕОМЕТРИЧНИЙ МЕТОД ДІАГНОСТУВАННЯ АРМУВАННЯ ВЕРТИКАЛЬНИХ СТВОЛІВ

Згідно правилам безпеки проводиться щорічна інструментальна профілювання провідників. Це означає, що за допомогою спеціальної апаратури на кожному ярусі розстрілів армування по всій глибині ствола визначається відхилення від вертикалі кожного провідника в двох взаємно перпендикулярних напрямках. Окрім цього, для провідників, що стоять один проти одного в одному відділенні (провідників однієї посудини), вимірюється відстань між ними (ширина колії). Так само вимірюється відхилення від вертикалі стінок ствола.

Алгоритм геометричного методу діагностування армування вертикальних стволів:

- складається схема поперечного перетину ствола;
- на схему поперечного перетину стволу наноситься нумерація провідників;
- вимірюються зазори між посудиною і кріпленням ствола та елементами армування. Для проведення цих вимірювань до днища підйомної посудини підвішується спеціальна самописна апаратура типу СІ-4, СІ-5, СІ-5М. Підйомна посудина, починаючи з верхньої нульової відмітки ствола, рухається вниз на швидкості від 0.3-1 м/с, переміщуючись разом з апаратуру;
- запис відміток ярусів розстрілів;
- обробка фотоплівки;
- складання спеціальної таблиці, в якій по вертикалі наноситься розріз ствола, в масштабі відкладається положення розстрілів і проти кожного розстрілу пишеться чисельне значення: відхилення від вертикалі стінки ствола; відхилення від вертикалі канатного провідника в бік в даному відділенні; відхи-

лення від вертикалі цих же провідників в лоб; ширина колії між ними. Так само проставляється відстань від стінок підйомної посудини до найближчих металоконструкцій або стінок ствола;

- виявлення локальних ділянок ствола, де провідники одного відділення протягом мають відхилення від вертикалі. Що перевищують допустимі 5мм в кожную сторону.

Саме ці короткі знакозмінні злами поверхні провідника на одному-двох кроках ярусу є основним джерелом збудження горизонтальних коливань підйомної посудини, появи ударів по армуванню і підвищених перевантажень і руйнування армування.

Апаратура для автоматичного профілювання провідників.

Для проведення автоматичного профілювання провідників використовується вимірювальні станції СІ-1 та СІ-5М. Ця апаратура призначена для автоматичного вимірювання кута нахилу провідника до вертикалі і відстані між двома протилежними провідниками однієї підйомної посудини.

Станція СІ підвішується до низу підйомної посудини, при цьому її навісні роликові вузли кріпляться безпосередньо до кожного провідника з можливістю вільного кочення по них.

Роликові вузли є кареткою завдовжки біля 1700 мм з закріпленою всередині неї світло - променевої вимірювальною системою.

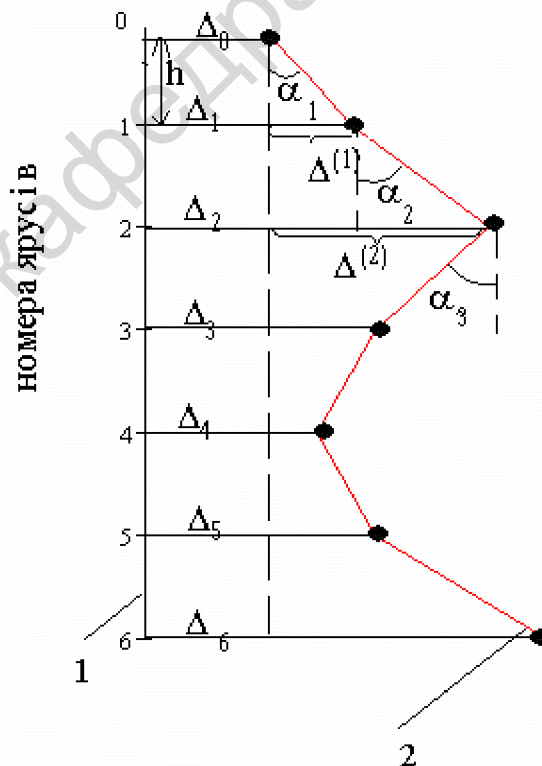


Рис. 7.1. Профілювання провідників:
1- ідеальний проектний профіль провідника;
2- реальний профіль провідника

Каретка має на кожному з своїх кінців по три підпружинені ролики, які щільно притискаються до бічних і лобових поверхнею провідника. Тому при русі каретки по провіднику, її подовжня вісь завжди паралельна осі провідника. Якщо провідник має нахил до вертикалі в лобовій або бічній площинах, то висило, закріплений у верхній частині каретки відхиляється від нижньої в горизонтальному напрямі на деяку відстань Δ . В цьому місці каретки закріплений стрічкопротяжний механізм з рулоном паперу. Висило, відхиляючись на відстань Δ , залишає на цьому папері обкреслену лінію. Крім того, на каретці встановлений механічний відмітчик розстрілів, який, проїжджаючи повз розстрілів, залишає на папері прокреслену відмітку. Таким чином, на стрічці в точці перетину кривої від схилу і лінії відмітчика ярусів можна зміряти відстань Δ відхилення схилу від ідеального вертикального положення. Ці значення отримуються по всій глибині ствола для кожного ярусу розстрілу в лобовий і бічний площинах провідника. Знаючи базу каретки l , можна обчислити: $\sin \alpha_i = \frac{\Delta_i}{l}$.

Оскільки α дуже малий кут, то можна вважати $\sin \alpha_i \cong \alpha_i$.

Після обробки цих графіків на вертикальному розрізі ствола, навпроти кожного розстрілу можна набути значення кута нахилу провідника в місці кріплення.

Хай на нульовій відмітці провідник був зміщений від свого проектного ідеального положення на відстань Δ .

З рисунку 7.1 видно, що відхилення нижнього кінця провідника від вертикалі на ярусі №1 в порівнянні з положенням верхнього кінця на ярусі №0 дорівнює :

$$\Delta^{(1)} = h \cdot \operatorname{tg} \alpha_1,$$

де h - крок ярусів армування.

Фактичне значення h береться з осцилограми шляхом перерахунку в масштабі відстаней між лініями відмітчика ярусів. Це значить, що якщо в стволі є проміжні розстріли або змінений крок ярусів, то все одно при обробці будуть набуті їх фактичні значення.

Таким чином, повне відхилення нижнього кінця уздовж вертикалі дорівнює:

$$\Delta_1 = \Delta_0 + \Delta^{(1)} = \Delta_0 h \operatorname{tg} \alpha_1.$$

Послідовно обчислюючи відхилення провідника на подальших провідниках, одержали формулу (4).

$$\Delta_i = \Delta_{i-1} + h \operatorname{tg} \alpha_i. \quad (4)$$

Отримавши значення Δ_i на кожному ярусі, будують в масштабі вертикальний фактичний профіль провідника.

Апаратура для вимірювання сумарного бічного зносу провідників

В 70-ті роки в інституті НІГРІ (Кривий Ріг) була розроблена самописна апаратура для автоматичного вимірювання бічного зносу провідників і ширини колії (ІІІ-1).

Вона має реєстратор, що записує на папір графіки кривих, що відображають фактичний профіль поверхні провідника. Цей самописець кріпиться на верхньому поясі підйомної посудини. Там же жорстко кріпиться конструкція, що містить три підпружинені ролики, постійно притиснуті до двох бічних і однієї лобової грані провідника. Вільні кінці важелів, на яких закріплені ролики, сполучені з внутрішнім тросом, а підстава із зовнішньою оплеткою троса.

Обробляючи графіки, записані на папері, обчислюють фактичну ширину провідника h . Знаючи початкову ширину провідника h_0 , обчислюють сумарний бічний знос зовнішніх стінок провідника за формулою $\delta = \delta_1 + \delta_2 = h_0 - h$. На кожному ярусі також обчислюють кінематичні зазори між бічною поверхнею провідника і башмака (a_n, a_n), зазор між лобовою поверхнею провідника і посудини, ширину колії між провідниками, що знаходяться навпроти один одного.

Там, де знос перевищує норму, ставиться діагноз про непридатність провідника до експлуатації. Там, де ширина колії має звуження або розширення понад норми, робиться висновок з потреби рихтування провідника.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. На чому базується кінематичний метод діагностування жорсткого армування?
2. Які основні інформативні параметри динамічного методу контролю взаємодії підйомних посудин з армуванням?
3. За допомогою якої апаратури виконується автоматичне профілювання провідників армування шахтних стволів?
4. Що таке час холостого ходу гальма шахтної підйомної машини?
5. Які діагностичні параметри отримують за допомогою мікропроцесорної апаратури діагностування гальм шахтної підйомної машини?

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Введение в техническую диагностику. Под ред. К.Б. Карандеева. М., „Энергия”, 1968. – 224 С.
2. Теоретические основы динамики шахтного подъемного комплекса. Дворников В.И., Кьерцелин Е.Р. – София, 1997. – 363 с.
3. Ильин С.Р., Гавруцкий А.Е. Повышение безопасности работы шахтных подъемов путем применения компьютерных технологий и средств электронного контроля за состоянием оборудования стволов в Приднепровском регионе // Геотехническая механика: Межвед. науч.- техн. сб. – 1998. - Вып.6. – С. 169-173.
4. Техническая диагностика. Термины и определения. ГОСТ 20911-89. – М., 1990. – 13 с.

5. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. ГОСТ 27.002-89. - М., 1990. – 37 с.

6. Ильин С.Р. Взаимосвязь силовых и кинематических параметров динамического взаимодействия подъемных сосудов с проводниками жесткой армировки шахтных стволов // Всеукраинский научно-технический журнал “Вибрации в технике и технологиях” №3(7). - 1998. - С. 82-83.

7. Лопатин В.В. Динамика измерительного устройства МП-95 при контроле плавности движения подъемных сосудов шахтных подъемных установок // Всеукраинский научно-технический журнал “Вибрации в технике и технологиях” №3(7). - 1998. - С. 84-85.

8. Манец И.Г., Снегирев Ю.Д., Паршинцев В.П. Техническое обслуживание и ремонт шахтных стволов. – М.: Недра, 1987. – 327 с.

9. Ильин С.Р. Лопатин В.В. Послед Б.С. Компьютерная система диагностики подземного оборудования шахтных подъемных установок // Труды науч.-техн. конф. ”Механика и новые технологии” Севастополь. - 1995. - С.63-66.

10. Нормы безопасности на проектирование и эксплуатацию канатных проводников многоканатных подъемных установок. - Донецк: МакНИИ.-Макеевка-Донбасс, 1982. - 94 с.

11. Ильин С.Р. Адресный динамический контроль систем «сосуд-жесткая армировка» шахтных стволов с длительными сроками эксплуатации на основе применения портативных цифровых универсальных измерительных станций // Сб. науч. тр. НИИГМ им. М.М.Федорова «Проблемы эксплуатации оборудования шахтных стационарных установок», Донецк: 2004. – С.43-52.

12. Булат А.Ф., Усаченко Б.М., Скіпочка С.І., Ільїн С.Р., Сергієчко В.М., Радченко В.К. Діагностика стану систем „кріплення-масив” та „підйома посудина-жорстке армування” шахтних стовбурів. Порядок та методика виконання. ГР 3-032-2004. ПБП „Економіка”. Дн-ськ, 2004. - 40с.

Упорядники:
Сергій Ростиславович Ільїн
Інна Сергіївна Ільїна
Юрій Олексійович Комісаров
Володимир Ілліч Самуся

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО САМОСТІЙНОГО ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ
"МЕТОДИ ДІАГНОСТИКИ СТАЦІОНАРНИХ УСТАНОВОК"
студентами напряму підготовки 0902 Інженерна механіка
(для денної та заочної форми навчання)

Підписано до друку 02.04.2008 Формат 30 x 42/4
Папір офсет. Ризографія. Ум.-друк. арк. 1,9.
Обл.-вид. арк. 2,4. Тираж 50 прим. Зам. №

НГУ
49005, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19