

вих об'єктів може бути основою для вирішення багатьох проблем, які виникають у зв'язку з охороною ґрунтів і ґрунтових вод від забруднення й засолення.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Рівненській області у 1999 р. - /Державне управління екологічної безпеки в Рівненській області/ - Рівне: Рівненська друкарня, 1999.- 208 с.
2. Хлапук М.М., Маланчук З.Р., Жомирук Р.В. Аналіз впливу точкових об'єктів на забруднення ґрунтів і ґрунтових вод в Рівненській області // Зб. наук. пр. Вісник УДУВГП. – Рівне: УДУВГП. - 2004. - Вип. №2 (26). - С. 212-221.
3. Сандуляк А.В. Очистка жидкостей в магнитном поле. – Львов: Вища школа, 1984. – 167 с.
4. Сандуляк А.В. Использование модели поглощающего экрана при исследовании режимов магнитного фильтрации. - Львов: Электрические станции. - 1983. – №1. - С.30-32.
5. Кожушко Л.Ф. Удосконалення дренажних систем. – Рівне: РДТУ, 2001. – 279 с.

УДК [622.673.1: 681.514.54]

Канд. техн. наук В.В. Лопатин
(ИГТМ НАН Украины)

ДАТЧИКИ ПРИВЯЗКИ РЕГИСТРИРУЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ К ТОЧКАМ ИХ ВОЗНИКНОВЕНИЯ В СТВОЛЕ ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ШАХТНЫХ ПОДЪЕМНЫХ КОМПЛЕКСОВ

В статті викладено результати досліджень та практичний досвід роботи експериментальних датчиків прив'язки параметрів, що реєструються, до точок їх виникнення, мобільної вимірювальної апаратури шахтних піднімальних комплексів.

REGISTERED PARAMETERS BINDING GAUGES TO POINTS OF THEIR OCCURRENCE IN TRUNK FOR MOBILE INFORMATION-MEASURING SYSTEMS OF MINE ELEVATING COMPLEXES

In clause the results of researches and practical experience of work of experimental gauges of binding of registered parameters to points of their occurrence, mobile measuring equipment of mine elevating complexes are stated.

В соответствии с правилами технической эксплуатации и безопасности работ в горной промышленности вертикальные стволы, оборудованные механическим подъемом (скиповым, клетьевым или бадьевым), подлежат обязательному ежесуточному осмотру, а вентиляционные, используемые в качестве запасного выхода, – еженедельному. Анализ возникновения нарушений крепи [1] показывает, что среди причин возникновения этих нарушений преобладающее место приходится на эксплуатационные (41 %) и строительные (35 %), доля проектной группы – 24 %. Поэтому, при визуальном осмотре с движущегося со скоростью 0,3 м/с сосуда скрытые дефекты крепи и армировки выявить практически невозможно. Более объективную оценку эксплуатационных качеств крепи и армировки можно осуществить с помощью разработанных в 1993 году и используемых 12 лет в ИГТМ НАН Украины им. Н.С. Полякова ряда мобильных информационно-измерительных системных комплексов (МИИСК) обеспечивающих измерения на рабочих скоростях и режимах шахтного подъемного комплекса.

Измеренные МИИСК в вертикальном шахтном стволе величины контактных нагрузок и ускорений необходимо привязать к точкам шахтного ствола. Для этих целей одновременно с записью действующих сил (ускорений) необходимо записывать отметки пройденного пути (подсчета ярусов). Обзор и анализ существующих технических средств выполняющих эту функцию приведен в работе [2]. Для каждого средства (датчика) имеются свои достоинства и ограничения в применении. В составе МИИСКов «ОРИОН-1» и «ОРИОН-1М» нами применялись как конверсионные контактные датчики типа ДП.6С2 (ш. «Подмосковная» АО Тулауголь, ш. «Гвардейская-Новая» ПО Кривбасруда и др.), так и штатные разработанные для горной промышленности гальваномангнитные датчики типа ДПУ1-100 (ш. «Таймырская» Норильского горно-металлургического комбината, ш. им. Ленина ПО Кривбасруда и др.). Практика показала, что на скоростях подъема более 3-4 м/с контактный датчик не обеспечивает надежную регистрацию ярусов расстрелов. По этой причине на начальном периоде в МИИСК «МАК-1» использован гальваномангнитный датчик типа ДПУ1-100 (по паспорту до 20 м/с), однако его громоздкость, значительный вес (более 4 кг), наличие мощного магнита (опасность повредить память компьютера МИИСК), а главное большие затраты времени на регулировку, т.к. в реальных условиях в стволе, он работает на пределе своего диапазона срабатывания (60-100 мм), вынудили отказаться от его применения.

Исследования показали, что применение емкостных датчиков (диапазон 0,5 м) для подсчета ярусов очень проблематично из-за их низкой устойчивости к внешним воздействиям, их высокой чувствительности к загрязнению, влажности и электромагнитной неоднородности шахтного ствола.

Относительно высокая стоимость, чувствительность к температуре, давлению и особенно к геометрической форме объекта делает ограниченным использование ультразвуковых датчиков (диапазон срабатывания 12 м) для подсчета ярусов.

Аналогичные ограничения по применению имеют и датчики с использованием электромагнитных волн (СВЧ) (рис. 1).

По статистике мировых производителей датчиков положения (Siemens, Pepperl+Fuchs, Omron и др.) на долю индуктивных (диапазон до 50 мм) датчиков положения приходится 90% от общего количества их производства. Это объясняется тем, что в большинстве систем, решающих в разных областях различные цели, задачу определения положения объекта, гарантированное и надежное срабатывание обеспечивается за счет применения именно индуктивных датчиков, вследствие чего им и отдается предпочтение при выборе типа датчиков для конкретных проектов. Таким образом, задача подсчета ярусов расстрелов в шахтном стволе является не типичной, так как номинальный диапазон срабатывания индуктивных датчиков положения 50 мм не достаточный для решения этой задачи.

Двенадцатилетняя практика на двадцати шахтах и более чем на 50 подъемных отделениях говорит о том, что колебание расстояний между движущимся подъемным сосудом и ярусом жесткой армировки может быть от 50 до 500 мм.

Исходя из вышеизложенного, были изучены и исследованы датчики положения, основанные на оптических эффектах, в основе которых лежат фотоэлектрические преобразователи.



Рис.1 – Экспериментальный датчик с использованием электромагнитных волн, смонтированный на скипе ш. «ЗАРЯ» ПО Кривбасруда

Идея использования оптических датчиков для подсчета ярусов не нова, ее использовали например Н.Г. Гаркуша и Е.К. Керский. Анализ приведенных в работе [2] существующих датчиков, предназначенных для привязки регистрируемых нагрузок к точкам их возникновения в стволе, показывает, что все они технически и морально устарели, не отличаются необходимой точностью и надежностью. Каждый датчик создавался индивидуально и не мог быть применен широко в других системах, в связи, с чем ни один из них не может быть заимствован хотя бы частично.

Известно, что оптический датчик содержит фотоэлектрический преобразователь и источник излучения. В качестве фотоэлектрического преобразователя, использующего эффект фотопроводимости, чаще всего применяют фоторезисторы.

В датчике Н.Г. Гаркуши [3] использован фоторезистор ФС-А1, характеризующийся самой низкой кратностью изменения сопротивления под действием света, лежащую в пределах 1,2, и удельной чувствительностью 500 мкА/лк.В.

Однако ФС-А1 имеет довольно хорошие частотные характеристики, постоянная времени равна примерно 10 мкс. Для получения приемлемых для эксперимента параметров фоторезистор запитывался напряжением питания осциллографа типа К12-22 (27-30 В), а в качестве осветителя использовалась лампа с мощным световым потоком. Работа датчика была проверена в лабораторных условиях (на вентиляторе) на скоростях имитирующих движения подъемных сосудов до 50 м/с. Работал датчик следующим образом. Как только луч света пересекал на своем пути какое-либо препятствие (ярус расстрела), отраженный луч, падающий на фоторезистор, значительно увеличивал его проводимость, вследствие чего возникал электрический ток, который, протекая через гальванометр осциллографа К12-22,

отклонял его луч.

Низкая надежность вышеописанного датчика заставила Е.К. Керского для своих экспериментов разрабатывать свой фотоэлектрический дискретный датчик пути [4]. Этот универсальный фотоэлектрический датчик пути содержит сразу два фотоэлектрических преобразователя:

1. селеновый фотоэлемент типа Ф102 (входит в комплект люксметра типа Ю-16);
2. для увеличения надежности и чувствительности в датчике используются три параллельно включенных фоторезистора типа ФСД-1

Осветитель выполнен аналогично датчику Гаркуши, за исключение использованной лампы (СЦ-74).

Применение фоторезистора ФСД-1, чувствительность которого на 1-1,5 порядка выше ФСА-1 и кратность на 1,5-2 порядка лучше, не значительно улучшила датчик, т.к. возросла нелинейность датчика, существенно ухудшились частотные характеристики, постоянная времени возросла до 110 мс. Комбинированный набор из фотоэлемента и трех фоторезисторов также оказался малонадежным, для корректировки точности своего датчика Керский предложил использовать тахограмму скорости движения подъемной машины. Кроме того, прибор требовал настройки реостатом величины выходного тока (рабочей точки) для конкретного измерения.

Учтя опыт коллег, в ИГТМ изготовлено и исследовано несколько типов датчиков, в том числе и фотоэлектрических.

Известно, что в МИИСК используется бортовое питание 12 вольт [5], по этому то же ограничение наложено на запитку фоторезистора, т.к. создавать для него свой источник питания сочли нецелесообразным. Кроме того, датчик работает при очень слабой освещенности, которая для большинства фотоэлектрических устройств не применяется и характеристики, для которой в литературе не приводятся. Измерения, проведенные на ш. «Эксплуатационная» ЗЖРК (г. Днепрорудный) показали, что средняя яркость в стволе менее $0,2 \text{ кд/м}^2$, а освещенность менее 5 лк. На освещенных рабочих горизонтах ствола яркость не превышает $0,7 \text{ кд/м}^2$, при освещенности 10-15 лк. Как известно, паспортная чувствительность фотосопротивления приводится только при освещенности 200лк. Из приведенных выше описаний понятно, что датчики Гаркуши и Керского работают в режиме амплитудной модуляции, поэтому согласно классической теории они должны быть не зависимы от времени и от воздействия посторонних факторов (прозрачности-мутности воздушной среды шахтного ствола, отражательной способности яруса расстрела, колебаний температуры и источников напряжения питания). Понятно, что ни одно из этих требований в реальных условиях не выполняется. По этой причине, для коррекции привязки стволовых измерений в качестве дополнительного датчика применяют специально изготовленный датчик (фотореле). С этой целью в начале и в конце исследуемого участка шахтного ствола на ярусе закрепляется головной аккумуляторный светильник типа СГГ-3 (маячок), а на подъемном сосуде в составе аппаратуры МИИСК монтируется датчик, который при прохождении расстрела с закрепленным маячком фиксирует этот момент в измерительном файле МИИСК. Так как этот датчик работает в режиме фотореле, он не имеет многих ограничений и недостатков своих предшественни-

ков. Проведены исследования рабочих светильников типа СГГ-3 на ш. «Эксплуатационная» с помощью прибора «СВЕРДЛОВСК-4» (АС №418739) имеющего: угол восприятия 20° , относительную погрешность в диапазоне измерения яркости $\pm 0,5$, а освещенности $\pm 0,6$. Благодаря уменьшенному углу восприятия «СВЕРДЛОВСК-4» позволил измерить диаграммы излучения светильников и их яркость. Измерения показали, что различия составляют более 70%. Это объясняется большим различием качества и состояния стекла баллонов, формы и, главным образом, нити ламп накаливания, отражателя и стекла светильника, а также аккумулятора ЗКНГ-11Д. Это значительно меньше вариаций отражательных способностей яруса, колеблющиеся по нашим данным более двух порядков. Таким образом, указанный датчик (фотореле) значительно надежнее, однако, используя фоторезистор, мы имеем некоторые проблемы связанные с его применением в шахтном стволе.

Известно, что фотодиоды имеют узкую спектральную область чувствительности и наиболее эффективны в инфракрасном диапазоне излучения, их инерционность составляет 10^{-5} секунды, они малочувствительны к температуре. Имеют высокую интегральную чувствительность 10 мА/лм, малые габариты, не боятся механических нагрузок, имеют длительный срок службы (более 500 часов). Указанные достоинства позволили использовать инфракрасный датчик подсчета ярусов (Рис. 2) в МИИСК, «МАК-1» и «МАК-2» в качестве основного.



Рис.2 – Инфракрасный датчик подсчета ярусов, смонтированный на скипе ш. им. Фрунзе ОАО «Сухая Балка»

Для изучения вопроса надежности срабатывания датчика подсчета ярусов и ответа на вопрос: достаточно ли одного датчика, была разработана следующая методика.

Введем обозначения:

$P(B)$ - вероятность срабатывания датчика подсчета ярусов;

$P(A)$ – вероятность пропуска яруса;

$P(B/A)$ – вероятность того, что при прохождении датчика мимо расстрела произойдет его срабатывание;

$P(A/B)$ – вероятность того, что данное срабатывание вызвано прохождением мимо расстрела;

$P(B)$ – может быть измерена по числу срабатываний датчика при движении и числу расстрелов в стволе;

$P(A)$ – известна из других экспериментов или задается;

$P(B/A)$ – может быть рассчитана, если измерена эффективность датчика и известны геометрические размеры яруса расстрела;

Нужное значение $P(A/B)$ может быть рассчитано с помощью теоремы Байеса для дискретных событий

$$P(A/B) = P(B/A)P(A)/P(B).$$

Выводы.

1. Зависимость световой характеристики фотосопротивлений не только от светового потока и приложенного напряжения, но и резкая зависимость от температуры, большая инерционность, низкая механическая прочность и хрупкость стекла (особенно современных), существенно ограничивают возможность их использования в шахтном стволе и датчиков на их основе.

2. Оптическая среда ствола не является оптически однородной и носит случайный характер. Ярус расстрела, с точки зрения отражения света, не является зеркальным, скорее диффузным из-за наличия влаги, коррозии, запыленности, просыпи и др., поэтому его отражательная способность носит неопределенный характер.

3. Относительная погрешность фоторезистивного датчика определяется $\varepsilon = 1/2 \omega^2 \tau^2$, где τ – постоянная времени, ω – угловая частота пульсации светового потока.

4. Использование в основном самодельных датчиков говорит о недостаточном внимании промышленности данному вопросу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Веселов Ю.А., Мамонтов Н.В., Третьяченко А.Н. Углубка и ремонт шахтных стволов. М.: Недра, 1992. - 270 с.
2. Лопатин В.В. Методы и технические устройства экспресс-диагностики динамического состояния системы «подъемный сосуд – жесткая армировка»: Дисс...канд. техн. наук: 05.05.06. - Днепропетровск, 2001. – 248 с.
3. Гаркуша Н.Г. Исследование устойчивости движения шахтного подъемного сосуда в проводниках жесткой армировки вертикального ствола и расчет рациональных параметров системы «сосуд-армировка»: Дисс...докт. техн. наук: 05.05.06. – Донецк, 1970. – 537 с.
4. Керский Е.К. Фотоэлектрический дискретный датчик пути: Труды ин-та Гипроникель Вып. 59. - Ленинград, 1974. – С. 13-15
5. Лопатин В.В. Анализ использования автономных источников питания в мобильных информационно-измерительных системах для шахтных подъемных комплексов// Геотехническая механика: Межвед. науч.-техн. сб. - 2004. - Вып. 50 – С. 188-194