

5. Бокий Б.В., Гуня Д.П., Клец А.П., Тихонов А.А. Опережающая дегазация пород кровли высоконагруженных лав // Геотехническая механика. Межвед. сб. научн. трудов. – 2004. Вып. 52-53.

6. Егоров П.В. Долгополотова Т.И. Оценка влияния некоторых природных факторов на прочность угля // сб. «Физ.-мех. свойства пород и углей». Новосибирск, 1972. – С. 84-90.

УДК [550.8.07/.08:681.518.54]:622.016

В.Г. Перепелица, д-р. техн. наук,
М.С. Зайцев, мл. науч. сотр.,
ИГТМ НАН Украины

УСТРОЙСТВО И НАСТРОЙКА ВИДЕОДАТЧИКА КОМПЛЕКСА ВИЗУАЛЬНОГО ВНУТРИСКВАЖИННОГО КОНТРОЛЯ (ВВК)

У статті приведені конструктивні особливості та умови настройки відеодатчика обладнання для проведення візуального внутрішньосвердловинного контролю стану гірського масиву.

THE DEVICE AND TUNING OF VIDEOSENSOR OF COMPLEX OF THE VISUAL INSIDE CONDITION WALLS OF THE CONTROL

In the articles resulted structural features and to the condition of tuning of videosensor of equipment for visual inside condition walls of states of rock mass.

Постоянно развивается область методов и оборудования неразрушающего контроля. В различных областях науки и техники применяются различные средства визуального контроля – эндоскопы. Но разработанные методики и оборудование не эффективны при исследовании внутренней поверхности скважин пробуренных из выработанного пространства шахт [1].

Исследования внутренней поверхности скважин, пробуренных из выработанного пространства, представляет особенный интерес для угледобывающей промышленности, где, как ни в одном другом роде хозяйственной деятельности, крайне важным является оперативность и достоверность получаемой информации о состоянии угленосного массива.

В этой связи, существует задача создания комплекса ВВК для проведения многоцелевого исследования в скважинах различного назначения – специально пробуренные, существующие дегазационные, измерительные, разгрузочные и т.п.

В основу работы комплекса ВВК положена идея получения, передачи, хранения и обработки видеoinформации (фотоинформации), позволяющая оценивать искомые параметры состояния горного массива. Приборная база основана на современных миниатюрных блоках, имеющих минимальные габариты высокие производительность и помехоустойчивость, низкое энергопотребление, влаго- и пылезащищенность [1-4].

Для обеспечения получения изображения внутренней поверхности полости применяются разные устройства, которые предусматривают использование эндоскопических устройств. До настоящего времени разработан ряд эндоскопических устройств. Известен неразрушающий эндоскоп [6], который приме-

няется для контроля внутренних поверхностей, удлиненных трубчатых деталей переменного диаметра. Эндоскоп имеет оптоэлектронный преобразователь, заключенный в оболочку, установленной на управляемом устройстве подачи. Эндоскоп применяется при исследованиях, проводимых на значительном расстоянии между зонами визуального контроля и оператором. Недостатки этого эндоскопа - ограниченная область применения, которая обусловлена невозможностью работы при высокой температуре и загрязненности стенок исследуемой поверхности, отсутствием защиты от загрязненности исследуемых объектов.

Также известен эндоскоп, который охлаждается [7]. Эндоскоп с охлаждением применяется для исследования нагретых полостей, снабжен светоприемопередатчиком, внутренней оболочкой с отверстиями и внешней защитной оболочкой из пористого материала. В этом устройстве газ, который охлаждает, проходит сквозь отверстия внутренней оболочки и выводится сквозь защитную оболочку из пористого материала. Недостатки устройства - ограниченная область использования в зонах загрязненности, невозможность измерения исследуемых объектов, высокая стоимость, обусловленная использованием оптоволокон в качестве светоприемопередатчика.

Поставлена задача совершенствования электронного эндоскопа, в котором за счет установления оптоэлектронного преобразователя, очищающего блока и блока лазерной линейки, растет информативность неразрушающих исследований, и как следствие, увеличивается область использования, уменьшается стоимость при изготовлении и эксплуатации.

Поставленная задача решается таким образом, что к электронному эндоскопу, оборудованный светоприемопередатчиком, оболочкой с отверстиями и внешней защитной оболочкой из пористого материала, относительно изобретения, в качестве светоприемопередатчика установлен оптоэлектронный преобразователь, снаружи на защитной оболочке установлен очищающий блок, снабженный оболочкой с форсунками для очистки объектива и исследуемой полости, а внутри очистительного блока установлен блок лазерной линейки. Замена оптоволокон, используемого в качестве светоприемопередатчика в прототипе, оптоэлектронным преобразователем, обеспечивает возможность исследования поверхностей полости в расширенном электромагнитном диапазоне – инфракрасный и видимый свет. Благодаря чему существенно растет информативность, как следствие увеличивается область использования, а при исследовании поверхностей, находящихся на значительном отдалении от оператора – существенно уменьшается стоимость при изготовлении и эксплуатации.

Очищающий блок, оснащенный внешней оболочкой с форсунками, устанавливается таким образом, чтобы под внешней оболочкой собирался газ, который выделяется из защитной оболочки и направлялся к форсункам, при этом необходимо, чтобы одна группа форсунок находилась под острым углом к объективу устройства, а вторая – под острым углом к поверхности исследуемой полости. Направление потоков газа из форсунок под острыми углами

к исследуемой поверхности полости и объектива обеспечивает эффективное удаление загрязняющих веществ из них. Разнонаправленность положения групп форсунок обеспечивает независимую очистку исследуемой поверхности полости и объектива. Применение в устройстве очищающего блока обеспечивает постоянное поступление достоверной информации независимо от состояния загрязненности исследуемой поверхности и объектов на ней, а также защита от загрязненности объектива устройства. Благодаря чему при проведении опытов в загрязненных полостях растет информативность и, как следствие, увеличивается область применения.

Под внешней оболочкой очищающего блока электронного эндоскопа устанавливается блок лазерной линейки таким образом, чтобы лазерные лучи выходили через форсунки для очистки объектива и были параллельны, независимо от угла и от расстояния между эндоскопом и исследуемой поверхностью, а точки наблюдения лазерных променей на ней имели постоянное расстояние между собой и находились в поле зрения эндоскопа. Применение блока лазерной линейки обеспечивает достоверную оценку линейных размеров объектов, которые находятся на исследуемой поверхности, и расстояния между ними и электронным эндоскопом, что значительно увеличивает информативность предлагаемого устройства.

На рисунке 1 представлена схема (а) и принцип работы (б) предложенного устройства. На рисунке обозначены: 1 – лазерная линейка; 2 – форсунки очистки объектива; 3 – форсунки очистки исследуемой поверхности; 4 – оптоэлектронный преобразователь; 5 – очистительный блок; 6 – точки наблюдения лазерных променей; 7 – лазерные лучи; 8 – объектив; 9 – корпус с отверстиями; 10 – внешняя защитная оболочка из пористого материала; 11 – исследуемая поверхность; 12 – струи газа, которые очищают исследуемую поверхность; 13 – струи газа, которые очищают объектив. Устройство работает таким образом.

Рассматривая полость 11, или объекты на ее поверхности с помощью устройства, в зависимости от температуры, состоянию ли загрязненности, подают охлаждающий газ, который проходит вдоль корпуса с отверстиями 9, охлаждая оптоэлектронный преобразователь 4 и блок лазерной линейки 1. Затем газ собирается в очистительном блоке 6 и выделяется через форсунки 2, 3, очищая объектив 8 и полость 11 от загрязненности. Включая лазерную линейку 1, оператор видит точки наблюдения лазерных лучей 7, и соотносит расстояние между ними и линейными размерами исследуемых объектов и расстояние от эндоскопа до них.

Таким образом, благодаря внедрению в электронном эндоскопе оптоэлектронного преобразователя в качестве светоприемопередатчика, очищающего блока, и лазерной линейки, расширяется область использования, растет информативность, добавляется возможность измерения размеров исследуемых объектов и уменьшаются себестоимость устройства и стоимость его эксплуатации.

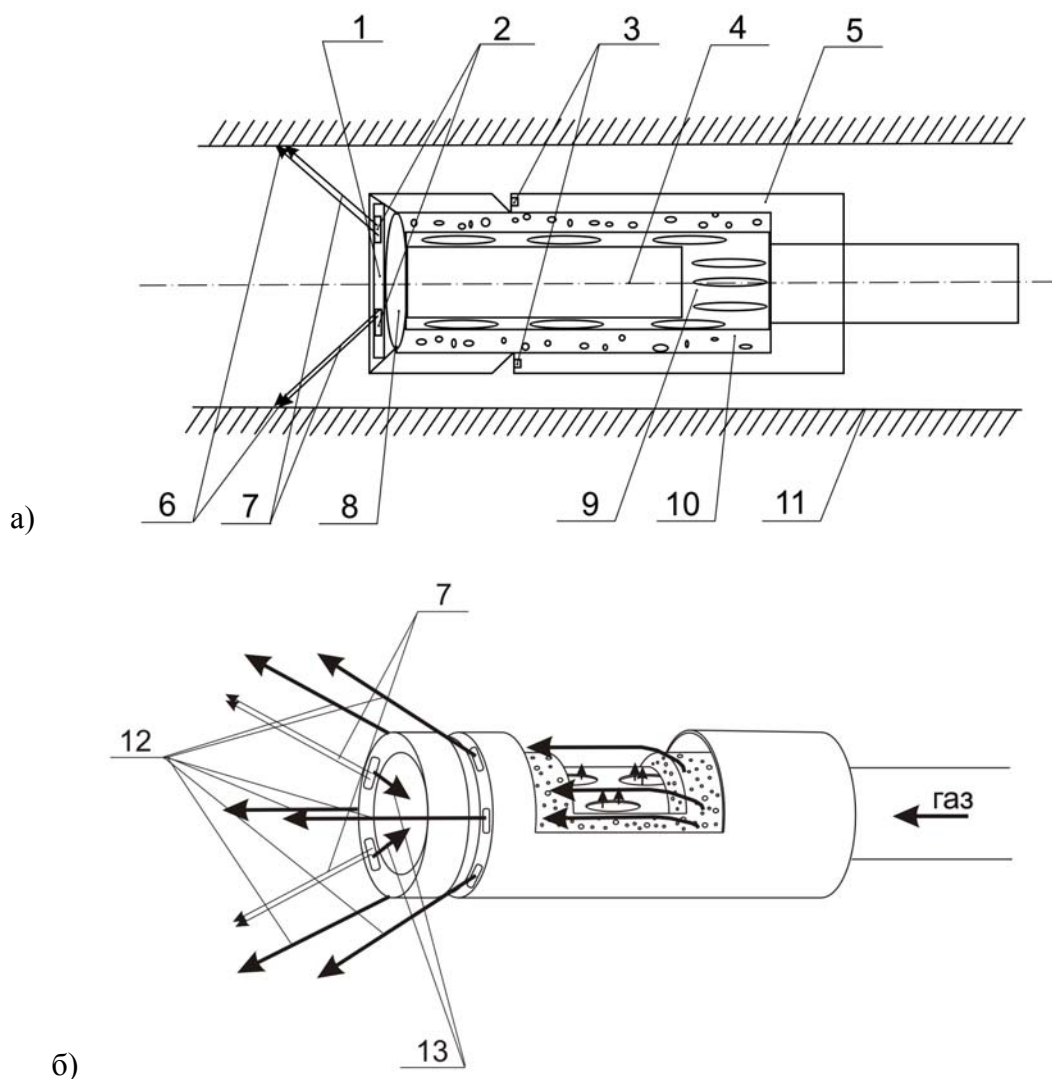


Рис. 1 – Электронный эндоскоп

Получение качественной видеоинформации для современных видеокамер (ВК) (системы «объектив – оптоэлектронный преобразователь») определяется в основном глубиной резко изображаемого пространства (ГРИП) и его разрешающей способностью.

Для определения глубины резко изображаемого пространства применяются точные и упрощённые формулы [5].

Точные формулы для расчёта ГРИП (1):

$$R_1 = \frac{Rf^2}{f^2 + K(R - f)z};$$

$$R_2 = \frac{Rf^2}{f^2 - K(R - f)z},$$
(1)

где R_1 – передняя граница резко изображаемого пространства; R – расстоя-

ние, на которое производится наводка на резкость; R_2 – задняя граница резко изображаемого пространства; f – главное фокусное расстояние объектива; K – знаменатель относительного отверстия объектива (число диафрагмы); z – диаметр диска нерезкости (размытости), равный 0,003-0,025 см (в формулу подставляется значение в метрах) в зависимости от типа ВК и целей съёмки.

Из формул видно, что глубина резко изображаемого пространства тем больше:

- чем меньше величина главного фокусного расстояния: короткофокусные объективы обладают большей глубиной резкости, чем длиннофокусные;
- чем дальше расположена плоскость наводки на резкость;
- чем меньше относительное отверстие объектива, то есть чем больше число диафрагмы;
- чем больше допустимый диск нерезкости (размытости).

Глубина резко изображаемого пространства P определяется разностью между задней и передней границами резкости (2):

$$P = R_2 - R_1. \quad (2)$$

Упрощённые формулы расчета ГРИП - наиболее просты и удобны для практики формулы, в которые введено расстояние от объектива, установленного на бесконечность, до ближайшей границы резко изображаемого пространства - гиперфокальное расстояние, или «начало бесконечности».

Гиперфокальное расстояние по формуле (3):

$$H = \frac{f^2}{Kz}, \quad (3)$$

где f – главное фокусное расстояние; K – знаменатель относительного отверстия; z – диаметр диска нерезкости; H – гиперфокальное расстояние.

Если наводку на резкость делать по предмету, расположенному от объектива на гиперфокальном расстоянии, то резко изобразятся все объекты, лежащие от горизонта (фотографической бесконечности) до половины гиперфокального расстояния, то есть глубина резко изображаемого пространства значительно увеличится в сторону цифровой ВК.

Использование гиперфокального расстояния очень упрощает формулы (4) расчета границ резко изображаемого пространства:

$$R_1 = \frac{HR}{H + R}; \quad (4)$$

$$R_2 = \frac{HR}{H - R},$$

где H – гиперфокальное расстояние при данном относительном отверстии.

Из формул следует, что зона резкости по протяженности больше от плоскости наводки до задней границы резкости, чем от плоскости наводки до передней границы резкости.

Для определения плоскости наводки R при заданных передней и задней границах резкости пользуются формулой (5):

$$R = \frac{2R_1R_2}{R_1 + R_2}. \quad (5)$$

Разрешающая способность системы «объектив + светочувствительный элемент» приближенно определяется по формуле (6):

$$\frac{1}{R_S} = \frac{1}{R_O} + \frac{1}{R_E}, \quad (6)$$

где R_O – разрешающая сила объектива в линиях на 1 мм; R_E – разрешающая сила светочувствительного элемента в линиях на 1 мм.

Для обеспечения не менее 80% резко отображаемого внутреннего пространства скважины на мониторе комплекса ВВК, рекомендуется соблюдать условие (7) настройки ВК:

$$\frac{\pi}{4} \left(D^2 - R_1 \cos^2 \left(\arctg \frac{D}{2R_2} \right) \right) \geq D^2, \quad (7)$$

где D – диаметр скважины.

Таким образом, настройка ВК осевой визирной линии осуществляется для скважин различного диаметра отдельно, но с учетом рекомендованной степени информативного заполнения монитора.

Современные ВК, несмотря на свою высокую чувствительность к освещению, приближающуюся к 0,1 люкс у черно-белых и 4 люкс у цветных, при использовании в скважинных нуждаются в подсветке. Выбирая подсветку для ВК следует учитывать цветовую температуру (T_c) – характеристика хода интенсивности излучения источника света как функция длины волны в оптическом диапазоне. Цветовая температура источника света характеризует спектральный состав излучения источника света и является основой объективности впечатления от цвета отражающих объектов и источников света, и потому определяет ощущаемый глазом цвет предметов при наблюдении в данном свете (психология восприятия цвета).

При исследованиях, проводимых с использованием ВВК, следует подбирать тип подсветки согласно поставленной задаче, например для:

– изучения зон ржавчины на обсадных трубах цветовая температура источника света должна стремиться к 6500 К;

– изучения трещин достаточно цветовой температуры источника света в 2000 К.

Применение комплекса ВВК, с последующей обработкой полученной цифровой фото- и видеoinформации, для контроля состояния горного массива, увеличит количество, качество и оперативность исследований, позволит специалистам быстрее реагировать на природные и техногенные изменения, и, как следствие, повысит безопасность и эффективность ведения горных работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зайцев М.С. Анализ состояния современных технических средств для визуального внутрискважинного контроля состояния горного массива. / Межвед. сб. научных трудов «Геотехническая механика». ИГТМ НАН Украины. Днепропетровск. – 2004. – Вып.48. – С. 199-205.
2. Методическое пособие по комплексной геофизической диагностике породного массива и подземных геотехнических систем – Днепропетровск, ИГТМ НАН Украины, 2004. – 75 с.
3. Зайцев М.С. Методика визуального внутрискважинного контроля (ВВК) состояния горного массива. / Межвед. сб. научных трудов «Геотехническая механика». ИГТМ НАН Украины. Днепропетровск. – 2006. – Вып.62. – С. 85-92.
4. Зайцев М.С. Использование оборудования визуального внутрискважинного контроля (ВВК) для измерения площади видимого раскрытия трещин. / Межвед. сб. научных трудов «Геотехническая механика». ИГТМ НАН Украины. Днепропетровск. – 2006. – Вып.65. – С. 74-80.
5. Яштолд-Говорко В. А. Фотосъёмка и обработка. Съёмка, формулы, термины, рецепты. Изд. 4-е, сокр. М., «Искусство», 1977.
6. Эндоскоп: А.с. 1525656, СССР, МКИ G 02 В 23/24 / С.Г. Поздняков, В.Н. Вусик, П.И. Марков, А.А. Афанасьев (СССР).-№4332087/24; Заявлено 26.10.87; Опубл. 30.11.89, Бюл. №44. – 3 с.
7. Охлаждаемый эндоскоп: 0470.01.087.2004, 3364059 В2 9033728 А, Japan, МКВ 7G 02 В 23/24, Fukuda Makoto, Mitsubishi Heavy Ind Ltd; Заявлено 14.07.95; Опубл. 08.01.03.