

РАСШИРЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОГО ПОЛЯ ПРИ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОМ СБОРЕ ДАННЫХ О СОДЕРЖАНИИ МЕТАНА В АТМОСФЕРЕ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

*О. И. Кашуба, докт. техн. наук, В. Н. Медведев, канд. техн. наук (МакНИИ,
г. Макеевка Донецкой обл.)*

Наведено результати досліджень по обґрунтуванню методу мобільного контролю вмісту метану для централізованого отримання інформації про газову обстановку в атмосфері гірничих виробок.

В программах повышения безопасности труда в угольных шахтах указывается на недостаточную эффективность систем противоаварийной защиты. В полной мере это относится к системе аэрогазового контроля (АГК), в состав которой входит аппаратура автоматического контроля метана (АКМ) [1]. Среди выполняемых аппаратурой АКМ функций особое значение имеет централизованный контроль содержания метана, предусматривающий передачу информации от стационарно установленных анализаторов метана оператору АГК.

Изучение обстоятельств происшедших аварий, связанных со взрывами метановоздушных смесей, и анализ литературных источников, в которых освещается этот вопрос, показывают, что аппаратура АКМ не может обеспечить выдачу на поверхность исчерпывающей информации, необходимой для принятия решений по обеспечению безопасности горных работ по газовому фактору [2, 3]. Это обусловлено:

особенностями газовыделения или формирования зон повышенного содержания метана, которые невозможно предусмотреть при проектировании систем АГК;

транспортным запаздыванием, связанным с несовпадением источника газовыделения с местами установки датчиков;

низким качеством технического обслуживания, неисправностью или неправильной установкой датчиков;

умышленным или случайным созданием условий для фальсификации информации и т. п.

В этой связи была поставлена задача – изыскать пути совершенствования централизованного контроля содержания метана, расширяющие информационное поле и повышающие достоверность получаемых сведений о газовой обстановке в атмосфере горных выработок угольных шахт. Цель данной статьи – показать пути решения этой задачи.

Проведенные в данном направлении исследования [4, 5] позволили обосновать целесообразность использования метода мобильного контроля для централизованного сбора информации, формируемой переносными метанометрами, в первую очередь индивидуальными сигнализаторами метана, совмещенными с головными светильниками. В дополнение к широко

применяемому у нас в стране и за рубежом стационарному централизованному сбору информации новый метод контроля позволяет:

увеличить объем данных о газовой обстановке в выработках, включая места нахождения горнорабочих;

повысить объективность сведений о газовой обстановке за счет использования большего количества одновременно работающих датчиков метана;

дистанционно выявить отклонения в работе средств контроля метана путем сравнения данных, поступающих от нескольких метанометров, находящихся в одной зоне;

на поверхности оценить газовую обстановку на аварийном участке, где присутствуют горнорабочие, даже при отключении питания от аппаратуры АКМ.

Метод мобильного контроля основывается на следующем алгоритме.

Индивидуальный сигнализатор метана, совмещенный с шахтным головным светильником, входящий в состав основной экипировки горнорабочего, оснащается миниатюрным устройством, передающим в импульсном режиме информацию о табельном номере владельца прибора и содержании метана. Радиоимпульс воспринимается антенной приемного устройства, в качестве которой используется кабельная сеть системы АГК или специально проложенные проводники. Приемные устройства, размещаемые в строго определенных местах, преобразуют радиосигналы в низкочастотные импульсы и вводят их в каналы телеметрии аппаратуры АКМ. На поверхности осуществляется дешифровка поступающей информации, и с помощью вычислительной техники формируется общая картина, характеризующая газовую обстановку в выработках и местах нахождения горнорабочих.

Кроме того, наличие в светильниках радиочастотных излучателей позволяет оперативно обнаружить пострадавших при авариях и снизить травматизм горнорабочих при их приближении к потенциально опасным объектам, которые будут дополнительно оснащаться специальными приемниками, фиксирующими сигналы индивидуальных передающих устройств.

При разработке метода мобильного контроля одними из главных являются вопросы, связанные с выбором диапазона рабочих частот, длительностью модулирующих сигналов, несущих полезную информацию, с взаимным влиянием передающих устройств, находящихся на небольшом удалении друг от друга, и ряд других.

Технические средства должны быть многофункциональными и позволять получать централизованные сведения о газовой обстановке, месте нахождения горнорабочего, его табельном номере, предупреждать о вхождении в опасную зону и в аварийной ситуации оперативно обеспечивать поиск пострадавших. Поэтому при выборе рабочих частот следует исходить из наиболее тяжелых условий распространения радиосигналов в горных выработках, то есть таких, когда передающее устройство находится в завале, состоящем из металлических предметов и горной массы. Проведенные исследования позволили оптимизировать рабочий диапазон, который охватывает частоты от 1 до 3 МГц [4].

В процессе испытаний шахтных головных светильников, оснащенных радиоизлучающими устройствами с частотами, близкими к 2 МГц,

установлено, что при их размещении в искусственно созданных завалах, состоящих из угля, породы и металлических конструкций, а также при их нахождении в угольных бункерах наблюдается уход частоты настройки антенного контура излучателя до значений $\Delta f = \pm 40$ кГц. Этот уход в простых изделиях, к которым следует отнести светильники, оснащаемые миниатюрными передатчиками, компенсировать крайне затруднительно. Поэтому количество передатчиков, непрерывно работающих без взаимных помех, не превысит значений, определяемых выражением

$$N = \frac{F_{\text{в}} - F_{\text{н}}}{2\Delta f} = 25, \quad (1)$$

где $F_{\text{в}}$, $F_{\text{н}}$ – соответственно верхнее и нижнее значения рабочего диапазона частот, Гц.

Указанного количества передатчиков явно недостаточно для работы даже на участке шахты, тем более для крыла или горизонта. Их количество должно быть на порядок больше.

В связи с тем, что время срабатывания переносных метанометров, предназначенных для работы в шахтах, опасных по газу и пыли, согласно [6] не должно превышать 20 с для подгруппы МП1, а реально оно в два раза меньше для индивидуальных сигнализаторов [7], то при передаче информации на поверхность целесообразно перейти к дискретным отсчетам с периодичностью $T_n \approx 10$ с. При этом длительность сигнала t_c должна быть не менее 0,1 с, так как поиск пострадавших не может проводиться в автоматическом режиме без прослушивания принимаемого сигнала. По общепринятым для профессиональной связи нормам $t_c \geq 0,1$ с.

Переход от непрерывного режима излучения к импульсному позволяет в каждом из 25 частотных каналов, занимающих полосу в $2\Delta f = 80$ кГц, последовательно передавать сообщения от источников, количество (n) которых определяется выражением

$$n = \frac{T_n}{t_c} = 100. \quad (2)$$

При отмеченных временных параметрах импульсный режим позволяет на два порядка снизить среднюю мощность излучения каждого передающего устройства, что крайне важно с позиции длительности работы в аварийной обстановке и выполнения санитарно-гигиенических требований в части электромагнитной нагрузки на организм человека.

Указанное количество источников n , определяемое выражением (2), может входить в приемный канал лишь при условии четкой временной синхронизации, осуществить которую в шахтных условиях затруднительно.

В одной зоне, где производится сбор информации конкретным приемным устройством, могут реально находиться не более 10 источников излучения, работающих на одной частоте.

Для оценки вероятности отсутствия сбоев в получении данных от $n = 10$ источников излучения, работающих на одной частоте с $T_n = 10$ с и $t_c = 0,1$ с, воспользуемся известной формулой теории вероятности [8]

$$p(k) = C_n^k \cdot p^k (1-p)^{n-k}, \quad (3)$$

где k – количество одновременно работающих источников излучения; p – вероятность появления сигнала от источника излучения.

В выражении (3) принимаем $p = 0,01$, так как это значение определяется как отношение t_c к T_n .

Вычисления, выполненные по формуле (3), дают следующие результаты: $p(1) = 0,0914$, $p(2) = 0,0045$, $p(3) = 0,000112$, $p(4) = 1,977 \cdot 10^{-6}$, $p(5) = 2,396 \cdot 10^{-8}$. Принято считать события, у которых $p \leq 1 \cdot 10^{-6}$, маловероятными, а события с $p \leq 1 \cdot 10^{-7}$ – практически невозможными. В этой связи вычисления для $p(6)–p(10)$ теряют смысл. Тогда вероятность отсутствия сбоев (P_o) при приеме данных может быть получена из выражения

$$P_o = 1 - \sum_{k=2}^5 p(k_i) = 0,996. \quad (4)$$

Вычисленное по формуле (4) значение можно рассматривать как предельное. На практике количество источников излучения, работающих на одной частоте на одно приемное устройство, при должном распределении приборов специально созданными службами будет соответствовать неравенству $n < 10$. Следовательно, нет необходимости осуществлять синхронизацию работы передающих устройств.

Для передачи по радиоканалу сообщений о концентрации метана необходимо осуществить модуляцию несущего сигнала помехоустойчивым цифровым кодом. Наиболее пригодным для этой цели, как известно из теории передачи сигналов, является двоичный код.

Если принять шаг квантования (h) на порядок меньшим погрешности измерения содержания метана, то согласно [6] он должен быть не хуже 0,02% по объему в диапазоне 0–2,5% CH_4 . С учетом совершенствования газоанализаторов следует ориентироваться на $h = 0,01\%$ по объему. Тогда число уровней квантования (S) определяется согласно отношению

$$S = \frac{D_B - D_H}{h} = 250, \quad (5)$$

где D_H , D_B – соответственно нижнее и верхнее значения диапазона измерения содержания метана, % по объему.

Для перехода к двоичной записи числа уровней квантования принимаем $S = 256 = 2^8$.

Таким образом, любое значение содержания метана с шагом квантования $h = 0,01\%$ по объему в диапазоне 0–2,5% CH_4 может быть представлено 8-разрядным двоичным цифровым кодом.

Для идентификации горнорабочих на шахте вполне достаточно 14-разрядного двоичного числа. В сумме с информацией о содержании метана, дополнительными «служебными» сообщениями, необходимыми для передачи данных, получаем около 50 двоичных единиц в каждом сообщении, то есть 50 импульсов и столько же пауз.

Длительность одного импульса ($t_{\text{и}}$) или паузы составит

$$t_{\text{и}} = \frac{t_{\text{с}}}{m} = 0,001 \text{ с}, \quad (6)$$

где m – количество импульсов и пауз в сообщении.

Тогда полоса частот (F), занимаемая каждым сообщением, определяется на основе рядов Фурье:

$$F \approx \frac{20}{t_{\text{и}}} = 20 \text{ кГц}. \quad (7)$$

Рассматривая выражение (7), можно констатировать, что сообщение об уровне концентрации метана и табельном номере горнорабочего может быть без искажений передано по каналу с полосой $\Delta f = 80$ кГц.

Выводы

1. Расширить объем поступающей на поверхность информации при централизованном сборе данных о содержании метана в атмосфере горных выработок можно за счет сообщений, принятых от переносных метанометров, оснащенных радиопередающими устройствами.

2. Наличие радиопередающих устройств в индивидуальных сигнализаторах метана позволяет наряду с повышением безопасности по газовому фактору осуществить поиск пострадавших при авариях в угольных шахтах и предупредить горнорабочих о вхождении в опасные зоны.

3. На основе метода мобильного контроля при длительности электромагнитного излучения 0,1 с и с периодичностью 10 с можно организовать передачу сообщений об уровне концентрации метана и табельном номере горнорабочего без синхронизации радиопередающих устройств от 250 излучателей.

1. Карпов Е. Ф., Биренберг И. Э., Басовский Б. И. Автоматическая газовая защита и контроль рудничной атмосферы. – М.: Недра, 1984. – 285 с.

2. Левкин Н. Б. Предотвращение аварий и травматизма в угольных шахтах. – Донецк: Донбасс, 2002. – 392 с.

3. Брюханов А. М., Бережинский В. И., Бусыгин К. К. и др. Расследование и предотвращение аварий на угольных шахтах / Под общ. ред. А. М. Брюханова. – Ч. I. – Донецк: Донбасс, 2004. – 548 с.

4. Об использовании высокочастотной связи для обслуживания систем газовой защиты / А. Г. Редзио, М. Г. Гусев, О. Г. Кременев, В. А. Казаков //

Безопасная эксплуатация оборудования и машин в угольных шахтах / Сб. научн. тр. МакНИИ. – Макеевка: МакНИИ, 1990. – С. 105–111.

5. *Медведев В. Н., Лащенко И. Н.* Разработка комплекса средств поиска пострадавших горняков при авариях в угольных шахтах // Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах / Сб. научн. тр. МакНИИ. – Макеевка: МакНИИ, 2002. – Вып. 2. – С. 90–95.

6. *ГОСТ 24032-80 (СТ СЭВ 6450-88).* Приборы шахтные газоаналитические. Общие технические требования. Методы испытаний. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 36 с.

7. *Медведев В. Н., Беляева Е. В.* Сигнализаторы метана серии СМС // Проблемы аэрологии горнодобывающих предприятий / Сб. научн. тр. НГА Украины № 5. – Днепрпетровск: РИК НГА, 1999. – С. 115–119.

8. *Бронштейн И. Н., Семендяев К. А.* Справочник по математике. – М.: Наука, 1964. – 608 с.