dr inż. MEDWEDEW W. N.,
mgr inż. BELIAEWA E. W
mgr inż. SKLIAROW A. L.
Макеевский научно-исследовательский институт
по безопасности работ в горной промышленности, Украина
mgr inż. MURANOV B.
Instytut Technik Innowacyjnych EMAG

Kontrola gazów w atmosferze w kopalniach węgla kamiennego Ukrainy

Газовый контроль в атмосфере угольных шахт Украины

W artykule przedstawiono dopuszczalne normy stężenia metanu oraz gazów szkodliwych w kopalniach węgla kamiennego Ukrainy, klasyfikację środków kontroli atmosfery kopalnianej, parametry techniczne tych środków oraz zakres ich stosowania. Omówiono także ogólne kwestie związane z eksploatacją systemów kontroli gazowej.

Показана приведены допустимые нормы концентрации вредных газов и метана в угольных шахтах Украины, структура для классификации средств контроля шахтной атмосферы, технические характеристики этих средств и области их применения. Раскрыты общие вопросы эксплуатации систем аэрогазового контроля.

W celu zapewnienia bezpieczeństwa życia i zdrowia w kopalniach węgla kamiennego Ukrainy Przepisy bezpieczeństwa [1] przewidują kontrolę atmosfery kopalnianej. Zgodnie z nimi powietrze w działających wyrobiskach podziemnych nie powinno zawierać gazów szkodliwych powyżej granicznego dopuszczalnego stężenia, wykazanego w tabeli 1.

Для обеспечения безопасности жизнедеятельности в угольных шахтах Украины Правилами безопасности [1] предусмотрен контроль шахтной атмосферы. Согласно этому документу воздух в действующих подземных выработках не должен содержать вредных газов больше предельно допустимой концентрации, указанной в таблице 1.

Tabela 1 / Таблица 1

Gazy szkodliwe Вредные газы	Maksymalne dopuszczalne stężenie gazu w działających wyrobiskach kopalnianych Предельно допустимая концентрация газа в действующих выработках шахт	
	% wg objętości / % по объему	mg/m^3 /мг/$м^3$
Tlenek węgla (CO) Оксид углерода (CO)	0,00170	20
Tlenki azotu (w przeliczeniu na NO_2) Оксиды азота (в пересчете на NO_2)	0,00025	5
Dwutlenek azotu (NO_2) Диоксид азота (NO_2)	0,00010	2
Dwutlenek siarki (SO_2) Сернистый ангидрид (SO_2)	0,00038	10
Siarkowodór (H_2S) Сероводород (H_2S)	0,00071	10

Oprócz gazów szkodliwych w kopaniach węgla kamiennego Ukrainy występują również gazy palne, wśród których największe zagrożenie stwarza metan.

W zwyczajnych warunkach metan wydziela się stale i z względnie niezmienną dynamiką podczas wszystkich procesów technologicznych. Wzrost wydzielenia metanu jest mniej więcej wprost proporcjonalny do wzrostu ilości wydobywanego węgla oraz charakteryzuje się szybkością narastania stężenia < 0,05 % ob./s.

Nadzwyczajne wydzielenia się metanu różnią się od zwyczajnych wydzieleń tym, że są nagłe, krótkotrwałe oraz znacznie bardziej intensywne. Charakteryzują się one szybkością narastania stężenia ≥0,05 % ob./s. Do nadzwyczajnych wydzieleń zaliczają się gwałtowne wydzielenia metanu, erupcje gazu oraz nagłe wyrzuty. Przy tych zjawiskach stężenie metanu szybko wzrasta, czasami do 100% ob.

Zgodnie z przepisami zawartość metanu w atmosferze kopalń węgla kamiennego Ukrainy nie powinna przekraczać norm, wskazanych w tabeli 2, [1].

Кроме вредных газов в угольных шахтах Украины присутствуют горючие газы, среди которых наибольшую опасность представляет метан.

Обычные выделения метана происходят в шахтах постоянно и относительно монотонно при всех технологических процессах. Они увеличиваются примерно прямо пропорционально увеличению количества добываемого угля и характеризуются скоростями нарастания концентрации <0,05% об./с.

Необычные выделения метана отличаются от обычных выделений внезапностью, кратковременностью и значительно большей интенсивностью. Они характеризуются скоростями нарастания концентрации ≥0,5% об./с. К числу необычных выделений относятся суфлярные выделения, прорывы газа и внезапные выбросы. При этих явлениях концентрация метана быстро повышается порой до 100% об.

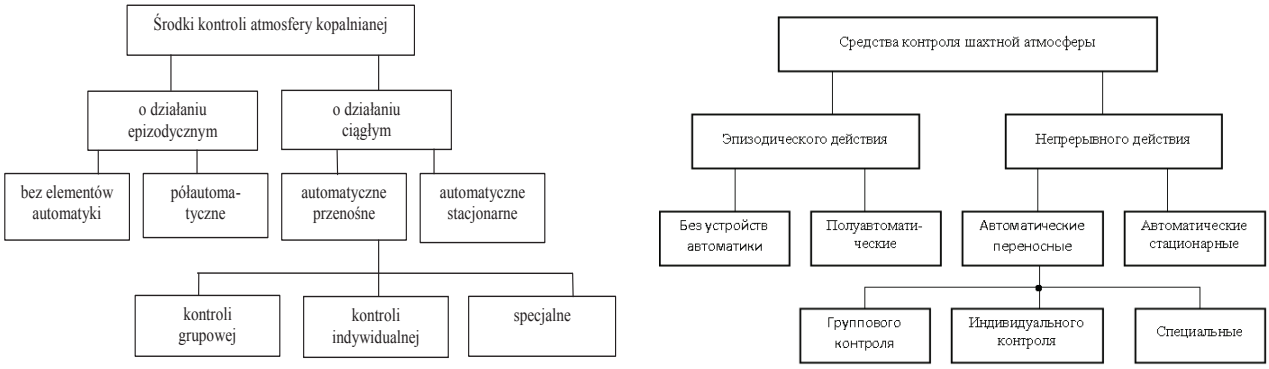
Содержание метана в рудничной атмосфере угольных шахт Украины не должно превышать норм, указанных в таблице 2, [1].

Tabela 2/ Таблица 2

Prąd wentylacyjny Вентиляционная струя	Niedopuszczalna koncentracja metanu, % wg objętości Недопустимая концентрация метана, % по объему
Wylotowy z wyrobiska ślepego, komory, wyrobiska utrzymywanego Исходящая из тупиковой выработки, камеры, поддерживаемой выработки	Ponad 1 Более 1
Wylotowy z wyrobiska wybierkowego, oddziału wydobywczego w przypadku braku aparatury automatycznej kontroli metanu (AKM) Исходящая из очистной выработки, выемочного участка при отсутствии аппаратуры автоматического контроля метана (АКМ)	Ponad 1 Более 1
Wylotowy z wyrobiska wybierkowego, oddziału wydobywczego w przypadku istnienia aparatury automatycznej kontroli metanu (AKM) Исходящая из очистной выработки, выемочного участка при наличии аппаратуры АКМ	Ponad 1,3 Более 1,3
Wylotowy ze skrzydła kopalni Исходящая крыла шахты	Ponad 0,75 Более 0,75
Wlotowy do oddziału wydobywczego, wyrobisk wybierkowych, ślepych przodków oraz komór Поступающая на выемочный участок, в очистные выработки, к забоям тупиковых выработок и в камеры	Ponad 0,5 Более 0,5
Lokalne skupienie metanu w wyrobiskach wybierkowych, ślepych oraz innych Местное скопление метана в очистных, тупиковых и других выработках	2 i więcej 2 и более
Na wyjściu z komory mieszania На выходе из смесительных камер	2 i więcej 2 и более

Analiza składu atmosfery kopalnianej pokazuje, że człowiek samodzielnie może zdiagnozować obecność we wdychanym powietrzu siarkowodoru, dwutlenku siarki oraz tlenków azotu. Pozostałe komponenty powinny być określane tylko przy pomocy technicznych środków kontroli. W tym celu opracowano oraz stosuje się na szeroką skalę rożne wyposażenie analizujące gaz, które jest częścią składową struktury, przedstawionej na rysunku 1, [2].

Анализ состава рудничной атмосферы показывает, что человек может самостоятельно диагностировать присутствие во вдыхаемом воздухе сероводорода, сернистого ангидрида и окислов азота. Остальные компоненты должны определяться только с помощью технических средств контроля. Для этих целей создана и широко применяется в угольных шахтах Украины различная газоаналиическая техника, которая является составной частью структуры, представленной на рисунке 1, [2].



Rys. 1. Struktura klasyfikacji środków kontroli atmosfery kopalnianej
Рис. 1. Структура для классификации средств контроля шахтной атмосферы

Całość wyposażenia analizującego obecność gazów można podzielić na środki o działaniu epizodycznym oraz ciągłym.

Analizatory gazu o działaniu epizodycznym pozwalają na otrzymywanie informacji o zawartości kontrolowanego składnika tylko przy bezpośrednim udziale robotnika górniczego. Brak elementów automatyki powoduje, że wyroby są znacznie tańsze, ale jednocześnie nie pozwala wykluczyć subiektywnych błędów przy pomiarach.

Typowym przykładem prostych przyrządów o działaniu epizodycznym są metanomierze interferencyjne serii ШИ, parametry których przedstawiono w tabeli 3, [3].

Вся шахтная газоаналитическая техника может быть разделена на средства эпизодического и непрерывного действия.

Газоанализаторы эпизодического действия позволяют получить сведения о содержании контролируемого компонента только при непосредственном участии горнорабочего. Отсутствие элементов автоматики существенно удешевляет изделия, но не позволяет исключить субъективные ошибки при измерениях.

Типичными представителями простых приборов эпизодического действия являются шахтные интерферометры серии ШИ, характеристики которых приведены в таблице 3, [3].

Tabela 3 / Таблица 3

Nazwa parametru Наименование параметра	Wielkość parametru Значение параметра	
	ШИ-11	ШИ-12
1. Zakres pomiaru stężenia objętościowego, %: 1. Диапазон измерения объемной доли, %: - метана / metanu - углекислого газа / dwutlenku węgla	 0 – 6 0 – 6	 0 – 100 0 – 100
2. Zakres absolutnego błędu pomiaru stężenia objętościowego, % 2. Предел основной абсолютной погрешности измерения объемной доли, %	± 0,2	± 4
3. Wykonanie przyrządu 3. Исполнение прибора	РО, Иа	
4. Czas jednego pomiaru, min, nie więcej 4. Время одного измерения, мин, не более	1,0	
5. Masa, kg, nie więcej 5. Масса, кг, не более	1,7	

Zasada działania kopalnianych metanomierzy interferencyjnych polega na zmianie przesunięcia obrazu interferencyjnego, która następuje wskutek zmiany składu badanej próbki powietrza kopalnianego.

Ogólny widok metanomierzy interferencyjnych ШИ-11, ШИ-12 przedstawiono na rys 2.

Принцип действия шахтных интерферометров основан на изменении смещения интерференционной картины, происходящего вследствие изменения состава исследуемой пробы рудничного воздуха.

Общий вид шахтных интерферометров ШИ-11, ШИ-12 приведен на рисунке 2.

Rys. 2. Ogólny widok metanomierzy interferencyjnych ШИ-11 oraz ШИ-12
Рис. 2. Общий вид интерферометров ШИ-11 и ШИ-12

Jako półautomatyczne przyrządy o działaniu epizodycznym w kopalniach węgla kamiennego Ukrainy stosuje się indywidualne mikroprocesorowe metanomierze serii VM, które produkowane są przez polską firmę «ZEG». Zasada ich działania polega na katalitycznym utlenieniu metanu przy pomocy sensora, znajdującego się w specjalnej komorze, do której podawana jest analizowana próbka powietrza. Podawanie próbki do komory realizowane jest przy pomocy pompki elektrycznej (przyrząd VM-1 mp) lub poprzez naciskania na gumowy korpus (przyrząd VM-1 m). Podstawowe parametry techniczne przyrządów typu VM są przedstawione w tabeli 4, a widok ogólny – na rysunku 3.

Полуавтоматические приборы эпизодического действия представлены на угольных шахтах Украины микропроцессорными метанометрами личного пользования серии VM, которые выпускаются польской фирмой «ZEG». Принцип их действия основан на каталитическом окислении метана с помощью сенсора, находящегося в специальной камере, в которую подается анализируемая проба воздуха. Подача пробы в камеру осуществляется с помощью электронасоса (прибор VM-1 mp) или путем нажатий на резиновый корпус (прибор VM-1 m). Основные технические характеристики приборов серии VM приведены в таблице 4, а общий вид – на рисунке 3.

Tabela 4 / Таблица 4

Nazwa parametru Наименование параметра	Wartość parametru Значение параметра
1. Zakres pomiaru stężenia objętościowego, % 1. Диапазон измерения объемной доли метана, %	0,3 - 5,0
2. Zakres absolutnego błędu pomiaru stężenia objętościowego, % 2. Предел основной абсолютной погрешности измерения объемной доли метана, %	
- w podprzedziale do 2 % ob. CH_4 / - в поддиапазоне до 2 % об. CH_4	± 0,1
- w podprzedziale do 3 % ob. CH_4 / - в поддиапазоне до 3 % об. CH_4	± 0,15
/ - w podprzedziale do 5 % ob. CH_4 / - в поддиапазоне до 5 % об. CH_4	± 0,25
3. Indykacja stężeń, przekraczających zakres pomiarowy: 3. Индикация концентраций, превышающих диапазон измерения:	
- w podprzedziale od 5 do 15 % ob. CH_4	symbol «HHH»
- в поддиапазоне от 5 до 15 % об. CH_4	символ «HHH»
- w podprzedziale od 15 do 100 % ob. CH_4	symbol «PPP»
- в поддиапазоне от 15 до 100 % об. CH_4	символ «PPP»
4. Ustawienia zadziałania sygnalizacji dźwiękowej, % ob CH_4 4. Уставки срабатывания звуковой сигнализации, % об. CH_4	0,5; 1,0; 1,5; 2,0
5. Czas jednego pomiaru, min, nie więcej 5. Продолжительность одного замера, с, не более	15
6. Masa, kg, nie więcej 6. Масса, кг, не более	0,5

Rys. 3. Widok ogólny przyrządów serii VM
Рис. 3. Общий вид приборов серии VM

Środki kontroli atmosfery kopalnianej o działaniu ciągłym funkcjonują w trybie automatycznym. Bez ingerencji człowieka podają one informacje o stężeniu analizowanych składników, a w przypadku osiągnięcia dopuszczalnych norm nadają sygnały alarmowe, przy pomocy których włącza się sygnalizacja świetlno-dźwiękowa. Oprócz tego, stacjonarna aparatura kontroli gazowej wyłącza zasilanie w strefie ochronnej.

Jako automatyczne przenośne analizatory gazów kontroli grupowej stosuje się w głównej mierze analizatory rodzimej produkcji serii „Sygnał". Są one przeznaczone do ciągłego pomiaru stężenia objętościowego metanu, dwutlenku węgla, tlenku, gazów toksycznych, temperatury oraz emisji sygnałów świetlno-dźwiękowych w przypadku osiągnięcia nastawionej wartości zadziałania. Podstawowe parametry techniczne przyrządów serii „Sygnał" przedstawiono w tabelach 5, 6 [4-5], a widok ogólny – na rysunku 4 .

Средства контроля шахтной атмосферы непрерывного действия функционируют в автоматическом режиме. Без вмешательства человека они выдают информацию о концентрации анализируемых компонентов и формируют, при достижении предельно допустимых норм, командные сигналы, с помощью которых включаются свето-звуковая сигнализация. Кроме того, стационарная аппаратура газового контроля запрещает подачу электропитания в защищаемую зону.

Автоматические переносные газоанализаторы группового контроля применяются, в основном, отечественного производства серии «Сигнал». Они предназначены для непрерывного измерения объемной доли метана, диоксида углерода, кислорода или токсичных газов, температуры и выдачи свето-звуковых сигналов при достижении величины уставки срабатывания. Основные технические характеристики приборов серии «Сигнал» приведены в таблицах 5, 6 [4-5], а общий вид – на рисунке 4.

Tabela 5 / Таблица 5

Наименование параметра Nazwa parametru	Значение параметра Wartość parametru			
	«Sygnał.2» «Сигнал.2»	«Sygnał.3» «Сигнал.3»	«Sygnał.5» «Сигнал.5»	«Sygnał.7» «Сигнал.7»
1. Zakres pomiarowy 1. Диапазон измерения - stężenia objętościowego metanu, % - объемной доли метана, % - stężenia objętościowego dwutlenku węgla,% - объемной доли диоксида углерода, %	0 – 3,0 –	0 – 3,0 –	0 – 100 –	0 – 3,0 0 – 3,0
2. Zakres absolutnego błędu pomiaru 2. Предел основной абсолютной погрешности измерения - stężenia objętościowego metanu, % - объемной доли метана, % - stężenia objętościowego dwutlenku węgla,% - объемной доли диоксида углерода, %	± 0,2 –	± 0,3 –	od/ от ±0,3 do/ до ±10 –	± 0,2 ± 0,2
3. Zakres regulacji progu zadziałania sygnalizacji 3. Диапазон регулировки порога срабатывания сигнализации - metan, % ob. - метан, % об - dwutlenek węgla, % ob. - диоксид углерода, % об.	1,0 – 2,0 –	0,5 – 2,0 –	0,5 – 4,5 –	0,5 – 2,5 0,5 – 2,5
4. Czas nieprzerwanej pracy, godzina, minimum 4. Время непрерывной работы, ч, не менее	30	10	10	10
5. Masa, kg, nie więcej 5. Масса, кг, не более	2,0	1,0	0,4	0,5

Rys. 4. Ogólny widok przyrządów serii «Sygnał»
Рис. 4. Общий вид приборов серии «Сигнал»

Tabela 6 / Таблица 6

Modyfikacja analizatora Модификация анализатора	Nazwa kontrolowanych parametrów Наименование контролируемых параметров	Zakresy pomiarowe Диапазоны измерения
«Sygnał.9.1» «Сигнал.9.1»	metan, % ob. / метан, % об. metan, % ob. / метан, % об. temperatura, °C / температура, °C	0 – 2,5 2,5 – 99,9 -10 – +50
«Sygnał.9.2» «Сигнал.9.2»	metan, % ob. / метан, % об. metan, % ob. / метан, % об. tlenek węgla, ppm temperatura, °C / температура, °C	0 – 2,5 2,5 – 99,9 -10 – +50
«Sygnał.9.3» «Сигнал.9.3»	metan / метан metan / метан tlen, % / кислород, % temperatura / температура, °C	0 – 2,5 2,5 – 99,9 0 – 25 -10 – +50
«Sygnał.9.4» «Сигнал.9.4»	siarkowodór, ppm/ сероводород, ppm temperatura, °C / температура, °C	0 – 30 -10 – +50
«Sygnał.9.5» «Сигнал.9.5»	dwutlenek azotu, ppm temperatura, °C/ температура, °C	0 – 10 -10 – +50

Szczegółowa analiza specyfiki prowadzenia prac górniczych w kopalniach węgla kamiennego pozwoliła stwierdzić, że indywidualne sygnalizatory metanu przeznaczone dla pracowników górniczych, znajdujących się w wyrobiskach ślepych oraz wybierkowych kopalń III kategorii, kopalń silnie gazowych oraz niebezpiecznych pod względem nagłych wyrzutów należy opracowywać nie w postaci osobnych przyrządów, ale łączyć je z lampą nahełmną, tworząc warunki do stosowania analizatorów gazowych jako nieodłącznej części podstawowego wyposażenia pracowników górniczych. Połączenie sygnalizatora metanu i lampy pozwała na uzyskanie dodatkowych korzyści w porównaniu z zastosowaniem osobnego urządzenia [6].

1. Automatyczna kontrola zawartości metanu realizowana jest niezależnie od woli pracownika górniczego bezpośrednio w miejscu jego obecności. Nie ma możliwości aby połączony z lampą sygnalizator zapomnieć włączyć lub zapomnieć zabrać ze sobą.
2. Czuły na metan element sygnalizatora (sensor) umieszczony jest w optymalnej z punktu widzenia obiektywnej kontroli, strefie – powyżej jamy nosowo-gardłowej pracownika górniczego, bezpośrednio na reflektorze lampy.
3. Powstają warunki do efektywnej sygnalizacji, która kształtuje się w wyniku modulacji strumienia świetlnego reflektora lampy nahełmnej. Taki typ sygnalizacji skłania pracownika górniczego do zaprzestania pracy oraz wyjścia ze strefy niebezpiecznej w przypadku osiągnięcia dopuszczalnego poziomu zawartości metanu, ponieważ kolejnie zmieniające się impulsy świetlne powodują mocne podrażnienie nerwu wzrokowego.

Детальное изучение специфики ведения горных работ в угольных шахтах позволило установить, что индивидуальные сигнализаторы метана для массовых профессий рабочих, находящихся в тупиковых и очистных выработках шахт III категории, сверхкатегорийных и опасных по внезапным выбросам целесообразно разрабатывать не в виде отдельных функционально законченных приборов, а совмещать с головными светильниками, создавая условия для использования газоанализаторов в качестве неотъемлемой части основной экипировки горнорабочих. При этом, в сравнении с отдельно взятым сигнализатором метана и головным светильником, совмещенный прибор приобретает ряд преимуществ [6].

1. Автоматический контроль содержания метана осуществляется независимо от желания горнорабочего непосредственно в месте его нахождения. Совмещенный со светильником сигнализатор невозможно забыть включить или забыть взять.
2. Чувствительный к метану элемент сигнализатора (сенсор) располагается в оптимальной,
   с точки зрения объективного контроля, зоне – выше носоглотки горнорабочего, непосредственно на фаре светильника.
3. Создаются условия для эффективной сигнализации, которая формируется за счет модуляции светового потока лампы головного светильника. Такой вид сигнализации побуждает горнорабочего при достижении предельно допустимого уровня содержания метана к прекращению работы и выходу из опасной зоны, т.к. периодически чередующиеся световые импульсы приводят к сильному раздражению зрительного нерва.

4. W wyniku likwidacji w sygnalizatorze własnego źródła zasilania oraz korzystania z akumulatorowej baterii lampy nahełmnej zmniejsza się masa oraz gabaryty urządzenia. Oprócz tego usuwane są źródła promieniowania przeznaczone do emisji sygnalizacji świetlnej oraz dźwiękowej.
5. Sygnalizacja o zawartości metanu nie wymaga poniesienia dodatkowych kosztów. Ponadto przy modulacji strumienia świetlnego dochodzi do obniżenia mocy pobieranej ze źródła zasilania.

Pierwszym w praktyce światowej seryjnie produkowanym indywidualnym sygnalizatorem metanu połączonym z lampą nahełmną był CMC-1 «Majak» [7]. Jego działanie polegało tylko na ocenie stopnia niebezpieczeństwa wybuchowego atmosfery kopalnianej oraz emisji sygnalizacji świetlnej w chwili osiągnięcia maksymalnie dopuszczalnego stężenia metanu, podobnie jak w przypadku przyrządu opisanego w rozdziale 3. Ten sygnalizator metanu zapoczątkował całą serię przyrządów pod nazwą CMC, która dotychczas liczy już pięć wersji. Podczas jego tworzenia został rozwiązany szereg zadań naukowych oraz technicznych, które zastosowano w następnych opracowaniach.

Podstawowe parametry techniczne sygnalizatorów metanu CMC przedstawiono w tabeli 7 [8].

W sygnalizatorach metanu z dwoma wartościami progowymi (CMC-2/1, CMC-4, CMC-5 oraz CMC-7) podanie informacji realizowane jest w następujący sposób:

1. Lampa świeci pełnym żarem bez mrugnięć periodycznych – udział objętościowy metanu jest poniżej pierwszej wartości progowej zadziałania. Bezpieczna sytuacja gazowa, przy której prowadzenie prac górniczych jest dozwolone;
2. Lampa mruga z częstotliwością f_1 – udział objętościowy metanu osiągnął lub przekroczył pierwszą wartość progową zadziałania, ale znajduje się poniżej drugiej wartości progowej. Przedawaryjna sytuacja gazowa, przy której należy zaprzestać prac oraz opuścić strefę niebezpieczną;
3. Lampa mruga z częstotliwością f_2 – udział objętościowy metanu osiągnął lub przekroczył drugą wartość progową zadziałania. Stabilna przedawaryjna lub awaryjna sytuacja gazowa. Identyczny sygnał będzie otrzymywany podczas uszkodzeniu sensora lub żył przewodu sznurowego, łączących sensor z modułem elektronicznym;
4. Skokowe zmniejszanie się żaru lampy – napięcie baterii akumulatorowej zmniejsza się do wartości progowej. Brak kontroli zawartości metanu;

4. Снижаются массо-габаритные параметры за счет исключения в сигнализаторе собственного источника питания и использования аккумуляторной батареи головного светильника. Кроме того, исключаются световые и звуковые излучатели, предназначенные для выдачи сигнализации.
5. Сигнализация о содержании метана не требует дополнительных затрат. Более того, при модуляции светового потока происходит снижение мощности, потребляемой от источника питания.

Первым в мировой практике серийно выпускаемым индивидуальным сигнализатором метана, совмещенным с головным светильником, стал СМС-1 «Маяк» [7]. Он базировался только на принципе оценки степени взрывоопасности рудничной атмосферы и выдавал световую сигнализацию при достижении предельно допустимой концентрации метана аналогично прибору, рассмотренному в разделе 3. Этот метансигнализатор стал родоначальником целой серии приборов под названием СМС, которая к настоящему времени насчитывает уже пять поколений. При его создании был решен комплекс научных и технических задач, перешедших в последующие разработки.

Основные технические характеристики сигнализаторов метана СМС приведены в таблице 7 [8].

В двухпороговых сигнализаторах метана (СМС-2/1, СМС-4, СМС-5 и СМС-7) выдача информации осуществляется следующим образом:

1. Лампа горит полным накалом без периодических миганий – объемная доля метана ниже первого порога срабатывания. Неопасная газовая ситуация, при которой разрешено ведение горных работ;
2. Лампа мигает с частотой f_1 – объемная доля метана достигла или превысила значение первого порога срабатывания, но находится ниже второго порога. Предаварийная газовая ситуация, при которой необходимо прекратить работы и покинуть опасную зону;
3. Лампа мигает с частотой f_2 – объемная доля метана достигла или превысила значение второго порога срабатывания. Устойчивая предаварийная или аварийная газовая ситуация. Аналогичный сигнал будет получен при повреждении сенсора или жил шнура, соединяющих сенсор с электронным модулем;
4. Скачкообразное уменьшение накала лампы – напряжение аккумуляторной батареи снизилось до предельного значения. Контроль содержания метана отсутствует;

5. Kolejne pojawienie się sygnałów z częstotliwościami f_1 oraz f_2 świadczy o wzroście zawartości metanu, a odstęp czasu pomiędzy ich pojawieniem określa intensywność procesu (szybkość wzrostu zawartości metanu). Prognozowane jest powstanie sytuacji awaryjnej;
6. Kolejne zaprzestanie sygnałów z częstotliwościami f_1 oraz f_2 świadczy o zmniejszeniu zawartości metanu i zmianie przedawaryjnej sytuacji gazowej na bezpieczną;
7. Pojawienie się sygnału z częstotliwością f_2 przy pominięciu f_1 świadczy o intensywnym wzroście zawartości metanu, co jest właściwe dla nienaturalnego wydzielania się gazu (szybkość narastania zawartości metanu ponad 0,5 lub 1,0% ob./s w zależności od ustawienia). Prognozowane jest powstanie sytuacji gazowej z obniżoną zawartością tlenu. Należy podjąć natychmiastowe działania w celu zabezpieczenia dróg oddechowych.

Wieloletnie doświadczenie w eksploatacji indywidualnych automatycznych sygnalizatorów metanu, połączonych z lampami nahełmnymi serii CMC w kopalniach węgla kamiennego Ukrainy oraz Rosji potwierdziło wysoką efektywność tych środków kontroli gazowej.

Widok zewnętrzny przykładowego sygnalizatora metanu serii CMC przedstawiono na rysunku 5.

5. Последовательное появление сигналов с частотами f_1 и f_2 свидетельствует о росте содержания метана, а промежуток времени между их появлением характеризует интенсивность процесса (скорость нарастания содержания метана); Прогнозируется появление аварийной ситуации.
6. Последовательное прекращение сигналов с частотами f_1 и f_2 свидетельствует о снижении содержания метана и переходе предаварийной газовой ситуации в неопасную;
7. Появление сигнала с частотой f_2 минуя f_1 свидетельствует об интенсивном нарастании содержания метана, что свойственно необычному газовыделению (скорость нарастания содержания метана более 0,5 или 1,0% об./с в зависимости от произведенной настройки). Прогнозируется появление газовой ситуации с пониженным содержанием кислорода. Необходимо принятие экстренных мер по защите органов дыхания.

Многолетний опыт эксплуатации индивидуальных автоматических сигнализаторов метана, совмещенных с головными светильниками, серии СМС в угольных шахтах Украины и России показал высокую эффективность этих средств газового контроля.

Внешний вид одного из сигнализаторов метана серии СМС представлен на рисунке 5.

Tabela 7 / Таблица 7

Lp.	Nazwa parametru Наименование параметра	Wartość parametru Значение параметра				
		CMC-1	CMC 2/1	CMC-4	CMC-5	CMC-7
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*
1	Zakres regulacji nastawień zadziałania, % ob.: Диапазон регулирования уставок срабатывания, % об.: - dla pierwszego progu - для первого порога - dla drugiego progu - для второго порога	 1,0-2,0 -	 1,0-2,0 1,5-2,5	 1,0-2,0 1,5-2,5	 1,0-2,0 1,5-2,5	 0,5-2,0 1,0-2,5
2	Zakres dopuszczalnego absolutnego błędu zadziałania sygnalizacji, % ob. Предел допускаемой основной абсолютной погрешности срабатывания сигнализации, % об.	±0,3	±0,3	±0,2	±0,2	±0,2
3	Wartość sumarycznego kwadratowego dodatkowego błędu, % ob., nie więcej Значение суммарной квад-ратической дополнительной погрешности, % об., не более	0,6	0,6	0,4	0,4	0,4
4	Czas zadziałania sygnalizacji, s, nie więcej Время срабатывания сигнализации, с, не более	15	8	8	8	12
5	Częstotliwość migania reflektora lampy przy zadziałaniu sygnalizacji, Hz: Частота мигания лампы светильника при срабатывании сигнализации, Гц: dla pierwszego progu (f_1) / для первого порога (f_1) dla drugiego progu (f_2) / для второго порога (f_2)	 0,5-5 -	 0,7-2,5 5-10	 1,0-1,5 8-12	 0,8-1,2 8-12	 2 8
6	Współczynnik powrotu urządzenia wykonawczego, nie mniej Коэффициент возврата исполнительного устройства, не менее	0,7	0,9	0,9	0,8	0,9
7	Zaprzestanie sygnalizacji przy zawartości metanu ponad 40 % ob. Прекращение сигнализации при содержании метана более 40 % об.	Tak/ Да	Tak/ Да	Nie/ Нет	Nie/ Нет	Nie/ Нет
8	Poziom zabezpieczenia przeciwwybuchowego / Уровень взрывозащиты	PП	PП	PП lub PB	PB	PB
9	Prąd pobierany, A, maks / Потребляемый ток, А, не более	1,25	1,3	1,3	1,25	1,2
10	Czas ciągłej pracy, godzina, min. / Время непрерывной работы, час, не менее	9,0	8,5	10	10	10
11	Obecność zabezpieczenia przed całkowitym rozładowaniem baterii Наличие защиты батареи от глубокого разряда	Nie	Nie	Tak	Tak	Tak
12	Masa, kg, maks / Масса, кг, не более	2,5	2,6	2,4	2,5	2,4

Rys. 5. Sygnalizator metanu CMC-7
Рис. 5. Сигнализатор метана СМС-7

Do specjalnych środków kontroli atmosfery kopalnianej zalicza się metanomierz kombajnowy TMPK-3.1M. Służy on do emisji sygnalizacji ostrzegawczej oraz wyłączenia zasilania elektrycznego podawanego na maszynę wydobywczą przy osiągnięciu ustawionych poziomów stężenia objętościowego metanu. Stosowany jest w kombajnach ścianowych i chodnikowych, posiadających iskrobezpieczne obwody sterowania.

W skład metanomierza wchodzą: głowica MGP-1, źródło zasilania PBI-1 oraz obudowa zabezpieczająca KZM-1, która mocowana jest do obudowy maszyny. Połączone ze sobą MGP-1 oraz PBI-1 w istocie są przenośnym sygnalizatorem metanu. Podczas eksploatacji maszynista, przychodząc na zmianę, przynosi ze sobą taki sygnalizator. Wstawiając go do obudowy zabezpieczającej stwarza on warunki do uruchomienia kombajnu. Obwód zdalnego sterowania kombajnu automatycznie rozłącza się w chwili osiągnięcia oraz przekroczenia maksymalnego dopuszczalnego stężenia metanu, podczas uszkodzenia podstawowych zespołów funkcjonalnych przyrządu oraz obniżenia napięcia baterii akumulatorowej do ustawionej wartości.

Podstawowe parametry techniczne metanomierza TMPK-3.1M przedstawione są w tabeli 8 [9], a widok ogólny – na rysunku 6.

W kopalniach węgla kamiennego Ukrainy przez długi okres były pomyślnie eksploatowane stacjonarne środki kontroli atmosfery kopalnianej o działaniu ciągłym [10]:
– analizatory metanu AT1-1, AT3-1 oraz ATB;
– analizatory tlenku węgla «Сигма-CO-B» oraz DOU.

Aparatura stacjonarna serii AT zapewnia:
1. Ciągłą automatyczną kontrolę stężenia objętościowego metanu w miejscu instalacji czujnika;

К специальным средствам контроля шахтной атмосферы отнесено комбайновое метан-реле ТМРК-3.1М. Оно предназначено для выдачи предупредительной сигнализации и отключения электроэнергии, подаваемой на забойную машину, при достижении заданных уровней объемной доли метана. Применяется на добычных и проходческих комбайнах, имеющих искробезопасные цепи управления.

В состав метан-реле входят: головка МГР-1, блок питания ПБИ-1 и защитный кожух КЗМ-1, который крепится к корпусу машины. Сочлененные между собой МГР-1 и ПБИ-1, по существу являются переносным сигнализатором метана. При эксплуатации машинист, приходя на смену, приносит с собой такой сигнализатор. Вставляя его в защитный кожух, он создает условия для запуска комбайна. Цепь дистанционного управления комбайна автоматически разрывается при достижении и превышении предельно допустимой концентрации метана, при выходе из строя основных функциональных узлов прибора и при снижении напряжения аккумуляторной батареи до установленного значения.

Основные технические характеристики метан-реле ТМРК-3.1М приведены в таблице 8 [9], а общий вид – на рисунке 6.

На угольных шахтах Украины длительный промежуток времени успешно эксплуатируются стационарные непрерывнодействующие средства контроля шахтной атмосферы [10]:
– анализаторы метана АТ1-1, АТ3-1 и АТБ;
– анализаторы оксида углерода «Сигма-СО-В» и ДОУ.

Стационарная аппаратура серии АТ обеспечивает:
1. Непрерывный автоматический контроль объемной доли метана в месте установки датчика;

Tabela 8 / Таблица 8

Nazwa parametru Наименование параметра	Wartość parametru Значение параметра
Wartość stężenia objętościowego metanu, %: Значение объемной доли метана, %: - przy zadziałaniu sygnalizacji ostrzegawczej - при срабатывании предупредительной сигнализации - przy odłączeniu zasilania elektrycznego zabezpieczanego obiektu - при отключении электропитания защищаемого объекта	 1,5 2,0
Zakres dopuszczalnego absolutnego błędu zadziałania urządzenia wykonawczego, % ob. Предел допускаемой основной абсолютной погрешности срабатывания исполнительного устройства, % об.	± 0,2
Czas zadziałania sygnalizacji, s, nie więcej Время срабатывания сигнализации, с, не более	20
Czas ciągłej pracy, godzina, nie mniej Время непрерывной работы, ч, не менее	10
Wykonanie Исполнение	PO, Иа
Masa kg, nie więcej Масса кг, не более	1,5

Rys. 6. Metanomierz TMPK-3.1M
Рис. 6. Метан-реле TMPK-3.1M

2. Emisję sygnału automatycznego odłączenia zasilania elektrycznego obiektu kontrolowanego w chwili osiągnięcia maksymalnego dopuszczalnego stężenia objętościowego metanu lub uszkodzenia funkcjonalnych obwodów aparatury. Oprócz tego analizator АТБ emituje opisany sygnał przy pojawieniu się szybkości narastania stężenia metanu ≥0,5% ob./s;
3. Emisję sygnału odłączenia określonego mechanizmu z opóźnieniem czasowym;
4. Ciągłą sygnalizację dźwiękową oraz świetlną;
5. Zdalną kontrolę wizualną stężenia objętościowego metanu na podstawie przyrządu sygnalizacyjnego;
6. Możliwość przekazania na powierzchnię zunifikowanego sygnału o stężeniu objętościowym metanu;
7. Możliwość przesłania do operatora sygnalizacji telemetrycznej informującej o normalnej pracy analizatorów, maksymalnym dopuszczalnym stężeniu objętościowym metanu oraz zerwaniu linii telemetrycznej;
8. Łączność telefoniczną pomiędzy funkcjonalnymi blokami aparatury.

2. Выдачу сигнала на автоматическое отключение электрического питания контролируемого объекта при достижении предельно допустимой объемной доли метана или неисправности функциональных цепей аппаратуры. Кроме того, анализатор АТБ выдает указанный сигнал при появлении скорости нарастания концентрации метана ≥0,5 % об./с;
3. Выдачу сигнала на отключение определенного механизма с выдержкой времени;
4. Непрерывную световую и звуковую сигнализацию;
5. Дистанционный визуальный контроль объемной доли метана по прибору аппарата сигнализации;
6. Возможность передачи на поверхность унифицированного сигнала об объемной доле метана;
7. Возможность передачи оператору телесигнализации о нормальной работе анализаторов, предельно допустимой объемной доле метана и обрыве линии телеизмерения;
8. Телефонную связь между функциональными блоками аппаратуры.

Schematy strukturalne analizatorów metanu danej serii przedstawiono na rysunku 7.

Podstawowe parametry techniczne analizatorów metanu serii AT przedstawiono w tabeli 9.

Widok zewnętrzny bloków analizatorów metanu serii AT przedstawiono na rysunku 8.

Do odbioru ciągłych sygnałów o stężeniu objętościowym metanu oraz dyskretnych sygnałów o osiągnięciu maksymalnego dopuszczalnego stężenia w miejscach instalacji czujników analizatora serii AT, a także rejestracji wartości stężenia objętościowego metanu oraz sygnalizacji dźwiękowej i świetlnej na powierzchni kopalń węglowych stosowane są stojaki odbioru informacji СПИ-1М.

Podstawowe parametry techniczne stojaków odbioru informacji СПИ-1М przedstawiono w tabeli 10, natomiast widok zewnętrzny na rysunku 9.

Структурные схемы анализаторов метана серии приведены на рисунке 7.

Основные технические характеристики анализаторов метана серии АТ приведены в таблице 9.

Внешний вид блоков анализаторов метана серии АТ приведен на рисунке 8.

Для приема непрерывных сигналов об объемной доле метана и дискретных сигналов о достижении предельно допустимой концентрации в местах установки датчиков анализаторов серии АТ регистрации величины объемной доли метана и выдачи световой и звуковой сигнализации на поверхности угольных шахт применяются стойки приема информации СПИ-1М.

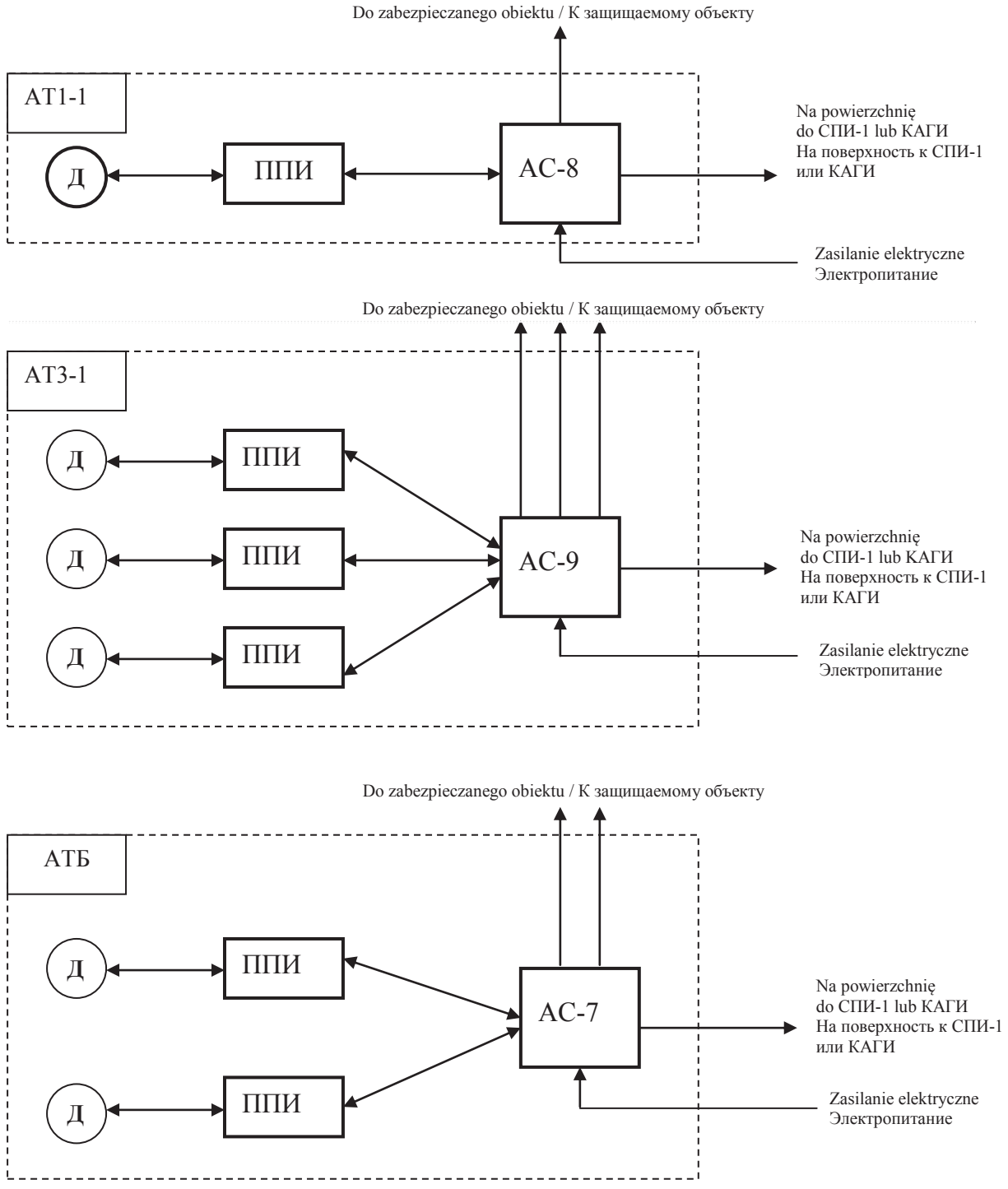
Основные технические данные стойки приема информации СПИ-1М приведены в таблице 10, а внешний ее вид на рисунке 9.

Tabela 9 / Таблица 9

Nazwa parametr Наименование параметра	Wartość parametru Значение параметра		
	AT1-1I	AT3-1	ATB
1. Zakres pomiarowy stężenia objętościowego metanu, % 1. Диапазон измерения объемной доли метана, %	0 – 2,5		
2. Zakres absolutnego błędu pomiaru stężenia objętościowego metanu, % 2. Предел основной абсолютной погрешности измерения объемной доли метана, %	± 0,2		
3. Czas zadziałania urządzeń wykonawczych, s, maks: 3. Время срабатывания исполнительных устройств, с, не более:			
- ze względu na poziom zawartości metanu - по уровню содержания метана	15	15	0,8
- ze względu na szybkość narastania koncentracji metanu - по скорости нарастания концентрации метана	-	-	2,0
4. Masa sumaryczna, kg, nie więcej 4. Суммарная масса, кг, не более	80	115	110

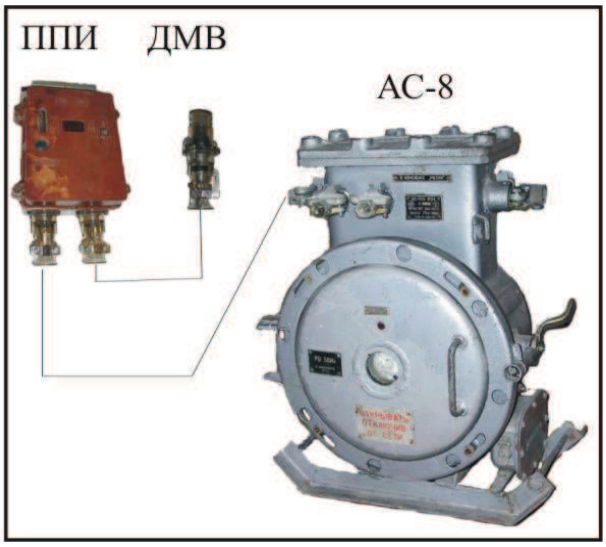
Tabela 10 / Таблица 10

Nazwa parametr Наименование параметра	Wartość parametru Значение параметра
1. Podstawowy dopuszczalny zredukowany błąd wbudowanych środków pomiaru, % 1. Основная допускаемая приведенная погрешность встроенных средств измерения, %	± 1,5
2. Objętość odbieranej informacji, kanałów kontroli: 2. Объем принимаемой информации, каналов контроля: - rejestracja wskazań - регистрации показаний - pomiary - измерения - sygnalizacja telemetryczna - телесигнализации	 6 24 50
3. Napięcie zasilania prądu zmiennego przy częstotliwości 50 Hz, V 3. Напряжение питания переменного тока при частоте 50 Гц, В	127 lub 220 127 или 220
4. Wymiary gabarytowe, mm, maks 4. Габаритные размеры, мм, не более	540 ×450×2000
5. Masa, kg, maks 5. Масса, кг, не более	190



Rys. 7. Schematy strukturalne analizatorów metanu serii AT:
Д – przenośny czujnik metanu, ППИ – pomiarowy przekształtnik parametrów, AC – urządzenie sygnalizacji

Рис. 7. Структурные схемы анализаторов метана серии АТ:
Д – датчик метана выносной, ППИ – преобразователь параметров измерительный,
АС – аппарат сигнализации



Rys. 8. Widok zewnętrzny bloków analizatorów metanu serii AT
Рис. 8. Внешний вид блоков анализаторов метана серии АТ

Rys. 9. Stojak odbioru informacji СПИ-1М
Рис. 9. Стойка приема информации СПИ-1М

W stojaku СПИ-1М zapis informacji jest realizowany przy pomocy przyrządów elektrycznych Н3092/1. Przyrządy te posiadają szereg wad.

1. Brak możliwości automatycznej synchronizacji bieżących współrzędnych czasowych z zapisem procesu zmiany zawartości metanu. Z tego względu dyżurny operator służby kontroli gazowej ma obowiązek robić zaznaczenia na taśmach wykresowych , co w praktyce powoduje błędy w odliczeniach czasowych.
2. Potrzebna jest ciągła obsługa przyrządów elektromechanicznych. Wymagane jest sprawdzenie zachowania stabilności szybkości przesuwania się taśmy wykresowej, kontrolowana jest jakość zapisu procesu, wykonywane jest czyszczenie oraz wypełnienie przyrządów specjalnym tuszem, taśmą papierową.
3. Istnieje możliwość zniekształcenia oraz falsyfikacji informacji zapisanych na taśmie wykresowej. Nieprawdziwa informacja utrudnia obiektywne śledztwo w sprawie awarii, w obliczeniach zużycia powietrza itd.

W związku z wyżej wymienionymi wadami powstała potrzeba utworzenia bardziej niezawodnego oraz prostego w eksploatacji przyrządu, który wykluczyłby wady samopisów elektromechanicznych przy zachowaniu ustawionych parametrów technicznych oraz parametrów bezpieczeństwa.

В СПИ-1М запись информации осуществляется с помощью электрических приборов Н3092/1. Эти приборы обладают определенными недостатками.

1. Отсутствует возможность автоматической синхронизации текущих временных координат с записью процесса изменения содержания метана. По этой причине дежурный оператор службы АГК обязан делать отметки на диаграммных лентах, что на практике приводит к погрешностям во временных отсчетах.
2. Необходимо постоянное обслуживание электромеханических приборов. Требуется проверка сохранения стабильности скорости движения диаграммной ленты, контролируется качество записи процесса, производится очистка и заполнение приборов специальными чернилами, бумажной лентой.
3. Существует возможность искажения и фальсификации информации, записанной на диаграммной ленте. Ложная информация затрудняет объективное расследование аварии, расчет расхода воздуха и т.п.

В связи с вышеперечисленным, возникла необходимость создания более надежного и простого в эксплуатации прибора, который устранил бы недостатки электромеханических самописцев при сохранении заданных технических параметров и параметров безопасности.

Przeprowadzone w MakNII badania pozwoliły na opracowanie wspólnie z «Ekolan» Sp. z o.o. nowego przyrządu samopiszącego, który otrzymał nazwę «rejestrator elektroniczny ЭКОН-01». Celem opracowania było stworzenie dla aparatury automatycznej kontroli metanu (AKM) oraz innych systemów informacyjnych bazowego elektronicznego urządzenia rejestrującego, który umożliwia realizację:

– rejestracji sygnałów prądu stałego, proporcjonalnych do zawartości metanu w atmosferze wyrobisk górniczych w odniesieniu do czasu bieżącego;
– rejestracji informacji o istnieniu bądź braku napięcia zasilającego aparatury AKM oraz samego rejestratora ЭКОН-01;
– odzwierciedlenia bieżących wartości zawartości metanu;
– podglądu w formie cyfrowej oraz graficznej całej wcześniej zarejestrowanej informacji;
– przesyłu zarejestrowanej informacji do komputera personalnego;
– tworzenie archiwów zarejestrowanej informacji na nośnikach przenośnych (CH);
– zabezpieczenie zarejestrowanej informacji przed usunięciem i falsyfikacją.

W tabeli 11 przedstawiono parametry techniczne rejestratora ЭКОН-01, а jego wygląd zewnętrzny przedstawiono na rysunku 10.

Проведенные в МакНИИ исследования позволили совместно с ООО «Эколан» разработать принципиально новый самопишущий прибор, получивший название «электронный регистратор ЭКОН-01». Цель разработки состояла в создании базового электронного регистрирующего устройства для аппаратуры автоматического контроля метана (АКМ) и других информационных систем, который позволяет осуществить:

– регистрацию сигналов постоянного электрического тока, пропорциональных содержанию метана в атмосфере горных выработок с привязкой к текущему времени;
– регистрацию информации о наличии или отсутствии питающего напряжения аппаратуры АКМ и самого регистратора ЭКОН-01;
– отображение текущих значений содержания метана;
– просмотр в цифровом и графическом виде всей ранее зарегистрированной информации;
– передачу зарегистрированной информации на персональный компьютер;
– создание долгосрочных архивов зарегистрированной информации на сменных накопителях (CH);
– защиту зарегистрированной информации от стирания или фальсификации.

В таблице 11 представлены технические характеристики регистратора ЭКОН-01, а его внешний вид показан на рисунке 10.

Rys. 10. Wygląd zewnętrzny elektronicznego urządzenia rejestrującego ЭКОН-01
Рис. 10. Внешний вид электронного регистрирующего устройства ЭКОН-01

Tabela 11 / Таблица 11

Nazwa parametru Наименование параметра	Wartość parametru Значение параметра
1. Krańcowa wartość zakresu pomiarowego przy włączeniu bezpośrednim, mA 1. Конечное значение диапазона измерения при непосредственном включении, mA	5,0
2. Granica podstawowego dopuszczalnego zredukowanego błędu pomiaru oraz zapisu wartości pomiarowej, %, nie więcej 2. Предел допустимой приведенной погрешности измерения и запис и измеряемой величины, %, не более	2,0
3. Liczba rozładowań cyfrowego indykatora mierzonej wartości, jed., min 3. Число разрядов цифрового индикатора измеряемой величины, ед., не менее	3
4. Dyskretność rejestracji wartości pomiarowej w czasie, s, maks 4. Дискретность регистрации измеряемой величины по времени, с, не более	60
5. Dyskretność indykacji wartości pomiarowej w czasie, s, maks 5. Дискретность индикации измеряемой величины по времени, с, не более	1
6. Czas ciągłej rejestracji mierzonej informacji, mies., min 6. Время непрерывной регистрации измеряемой информации, мес., не менее	6,0
7. Granica błędu odliczania czasu za 24 g., s, maks 7. Предел погрешности отсчета времени за 24 ч, с, не более	1
8. Napięcie zasilania, V 8. Напряжение питания, В	$220\ ^{+22}_{-33}$
9. Częstotliwość napięcia zasilającego, Hz 9. Частота питающего напряжения, Гц	50-60
10. Pobierana moc obwodu zasilania, VA, maks 10. Потребляемая мощность по цепи питания, ВА, не более	20,0
11. Wymiary gabarytowe, mm, maks 11. Габаритные размеры, мм, не более	165×190×285
12. Masa, kg, maks 12. Масса, кг, не более	4,0

Obecnie zamiast stojaków odbioru informacji w dużych kopalniach wdrażany jest gazowy kompleks informacyjny КАГИ [8].

Analizatory stacjonarne «Сигма-СО-В» oraz ДОУ przeznaczone są do ciągłego automatycznego pomiaru tlenku węgla w wyrobiskach górniczych kopalń oraz podania sygnałów do odłączenia zasilania wyposażenia elektrycznego, jak również do wywołania sygnalizacji świetlno-dźwiękowej. Wskazane sygnalizatory cechują się parametrami, które wskazane są w tabeli 12.

Pod względem wyglądu zewnętrznego «Сигма-СО-В» oraz ДОУ nie różnią się od analizatorów metanu serii АТ.

В настоящее время вместо стоек приема информации на крупных шахтах внедряется комплекс аэрогазовый информационный КАГИ [8].

Стационарные анализаторы «Сигма-СО-В» и ДОУ предназначены для непрерывного автоматического измерения оксида углерода в горных выработках шахт и выдачи командных сигналов на отключение питания электрооборудования,
а также срабатывание свето-звуковой сигнализации. Указанные анализаторы характеризуются параметрами, которые приведены в таблице 12.

По внешнему виду «Сигма-СО-В» и ДОУ не отличаются от анализаторов метана серии АТ.

Tabela 12 / Таблица 12

Nazwa parametru	Wartość parametru	
	Сигма-СО-В	ДОУ
1. Zakres pomiaru stężenia objętościowego tlenku węgla, % 1. Диапазон измерения объемной доли оксида углерода, %	0 – 0,01	0 – 0,01
2. Granica podstawowego dopuszczalnego zredukowanego błędu pomiaru, % 2. Предел допускаемой основной приведенной погрешности измерения, %	± 6	± 10
3. Czas ustanowienia wskazań, s, nie więcej 3. Время установления показаний, с, не более	300	120
4. Masa, kg, nie więcej 4. Масса, кг, не более	100	80

Od 2004 r. w kopalniach węglowych Ukrainy wdrażana jest stacjonarna aparatura kompleksowego telekomunikacyjnego systemu kontroli dyspozytorskiej i zautomatyzowanego sterowania maszynami górniczymi oraz kompleksami technologicznymi – УТАС [11]. W jej skład razem z różnymi czujnikami, sterownikami, urządzeniami przekazującymi oraz przetwarzającymi; środkami rejestracji, przetwarzania i przedstawiania informacji, wchodzi aparatura kontroli atmosfery kopalnianej:

– czujniki metanu niskich stężeń ТХ 3261;
– czujniki metanu wysokich stężeń ТХ 3263;
– czujniki tlenu ТХ 3264;
– czujniki tlenku węgla ТХ 3241.01;
– czujniki wodoru ТХ 3241.04 oraz czujniki innych gazów;
– sterowniki ТХ 9042;
– wyświetlacze cyfrowe ТХ 3282;
– urządzenia sygnalizacji świetlnej i dźwiękowej ТХ 6831 oraz inne wyposażenie.

Parametry techniczne czujników kontroli gazowej powszechnie stosowanych w systemie УТАС przedstawiono w tabeli 13. Widok zewnętrzny niektórych elementów funkcjonalnych aparatury kontroli gazowej systemu УТАС przedstawiono na rysunku 11.

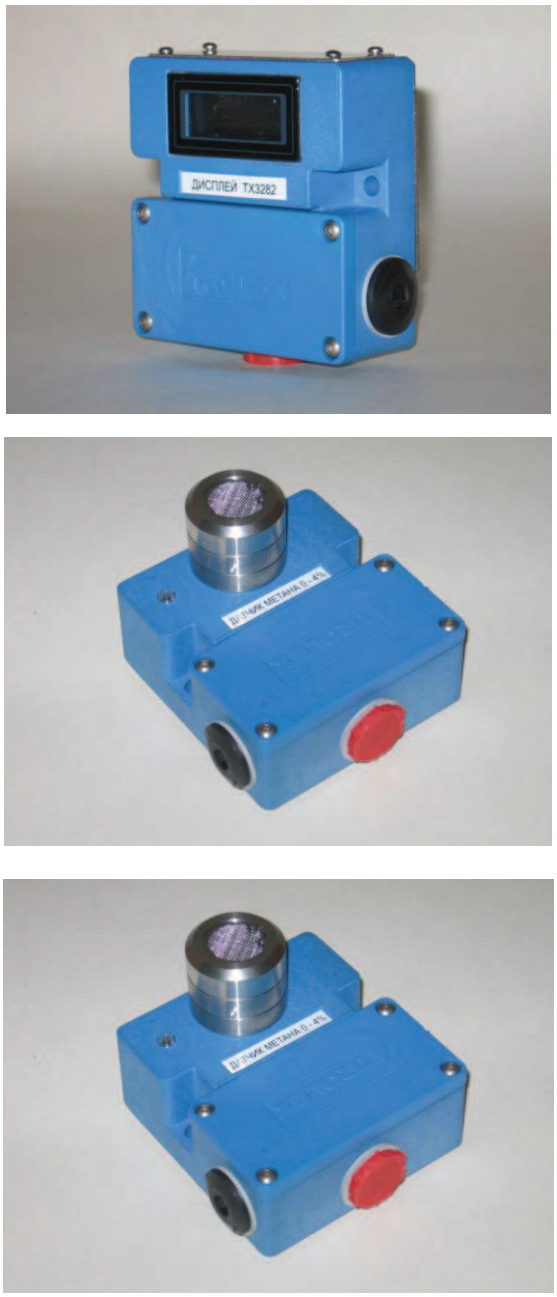
С 2004 г. на угольных шахтах Украины внедряется стационарная аппаратура унифицированной телекоммуникационной системы диспетчерского контроля и автоматизированного управления горными машинами и технологическими комплексами – УТАС [11]. В ее состав, наряду с различными датчиками; контроллерами; передающими и ретранслирующими устройствами; средствами накопления, обработки и представления информации, входит аппаратура контроля шахтной атмосферы:

– датчики метана низких концентраций ТХ 3261;
– датчики метана высоких концентраций ТХ 3263;
– датчики кислорода ТХ 3264;
– датчики оксида углерода ТХ 3241.01;
– датчики водорода ТХ 3241.04 и датчики других газов;
– контроллеры ТХ 9042;
– цифровые дисплеи ТХ 3282;
– устройства свето-звуковой сигнализации ТХ 6831 и другое оборудование.

Технические характеристики широко применяемых в системе УТАС датчиков газового контроля приведены в таблице 13. Внешний вид некоторых функциональных элементов аппаратуры газового контроля системы УТАС представлен на риснке 11.

Tabela 13 / Таблица 13

Nazwa parametru Наименование параметра	Wartość parametru Значение параметра				
	ТХ 3261	ТХ 3263	ТХ 3264	ТХ 3241.01	ТХ 3241.04
1. Zakres pomiaru 1. Диапазон измерения	0 – 4% ob. CH_4	0 – 100 % ob. CH_4	0 – 25% ob. O_2	0 – 200 ppm CO	0 – 500 ppm H_2
2. Błąd pomiaru 2. Погрешность измерения	± 0,2% ob. CH_4 od 0 do 2,5% ob. 8% do 4% ob. CH_4 ± 0,2% об. CH_4 от 0 до 2,5% об. 8% до 4% об. CH_4	Podstawowy błąd zredukowania nie więcej 10% Основная приведенная погрешность не более 10%	Podstawowy błąd zredukowania nie więcej 3% Основная приведенная погрешность не более 3%	± 4 ppm CO	Podstawowy błąd zredukowania nie więcej 3% Основная приведенная погрешность не более 3%
3. Czas ustanowienia wskazań 3. Время установления показаний	20 s	20 s	20 s	35 s	20 s
4. Wymiary gabarytowe, mm, maks 4. Габаритные размеры, мм, не более	101×95×76	101×95×76	101×95×76	101×95×76	101×95×76
5. Masa, kg, maks 5. Масса, кг, не более	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25



Rys. 11. Widok zewnętrzny sterownika TX 9042, wyświetlacza cyfrowego TX 3282 oraz czujnika metanu TX 3261, wchodzących w skład aparatury gazowej kontroli systemu УТАС
Рис. 11. Внешний вид контроллера ТХ 9042, цифрового дисплея ТХ 3282 и датчика метана ТХ 3261, входящих в состав аппаратуры газового контроля системы УТАС

Przedstawiona powyżej aparatura do analizy gazu zachowuje swoje parametry przy następujących warunkach eksploatacji:
– temperatura otoczenia 5 – 35°C;
– ciśnienie atmosferyczne 87,8-119,7 kPa;
– wilgotność względna powietrza do 100% przy temperaturze 35ºC;
– zawartość dwutlenku węgla w stężeniu objętościowym do 2%;
– prędkość przemieszczania się strumienia gazów i powietrza do 8 m/s.

Вся рассмотренная выше газоаналитическая техника сохраняет свои характеристики при следующих условиях эксплуатации:
– температура окружающей среды 5 – 35°C;
– атмосферное давление 87,8-119,7 кПа;
– относительная влажность окружающего воздуха до 100% при температуре 35ºC;
– содержание углекислого газа в объемных долях до 2%;
– скорость движения газовоздушного потока до 8 м/с.

Stacjonarna aparatura kontroli gazowej oraz kontroli zużycia powietrza połączona jest w ramach systemu kontroli gazowej (АГК).W celu zapewnienia prawidłowej eksploatacji aparatury kontroli gazowej przy oddziale wentylacji oraz technik bezpieczeństwa (ВТБ) kopalni tworzona jest grupa АГК, kierowana przez mechanika danego oddziału. Grupa dokonuje korekty schematu rozmieszczenia, testowania i kalibracji, kontroluje zdolność roboczą oraz prawidłowość rozmieszczenia aparatury, przekazuje aparaturę do regulaminowej obsługi technicznej, naprawy, kontroli urzędowej oraz przeglądu.

Odpowiedzialność za prawidłowość instalacji, nienaruszony stan aparatury, kabli oraz plomb, za przeniesienie w odpowiednim czasie aparatury po oddaniu do eksploatacji ponoszą kierownicy oddziałów, w wyrobiskach których umieszczona jest dana aparatura. Odpowiedzialność personalną za prawidłowość eksploatacji oraz nieprzerwalne funkcjonowanie w ciągu zmiany czujników metanu oraz urządzeń odliczających ponoszą również sztygarzy oddziałów.

Sztygarzy oddziałów w wyrobiskach, w których rozmieszczona jest aparatura do automatycznej kontroli metanu (АКМ) co miesiąc porównują wskazania czujników ze wskazaniami przenośnych metanomierzy.

Informacja o sytuacji gazowej, zarejestrowana przez urządzenia samopiszące stosowana jest w bieżącej pracy przez wszystkie oddziały i służby kopalni, wykonujące prace w wyrobiskach wyposażonych w aparaturę АГК, oraz przez oddział ВТБ w celu określenia przyczyn wzrostu zawartości metanu, podjęcia działań w celu jej normalizacji, a także w celu likwidacji wykrytych wad w pracy aparatury.

W przypadku podziemnego wydobycia węgla na Ukrainie trzeba pogodzić się z koniecznością przebywania w środowisku potencjalnie niebezpiecznym z punktu widzenia powstawania groźnych dla zdrowia i życia mieszanek gazowych. Dlatego w kopalniach węglowych kontrola składu atmosfery ma pierwszorzędne znaczenie w zapewnieniu bezpieczeństwa prowadzenia prac górniczych.

Literatura

1. Правила безопасности в угольных шахтах НПАОП 10.0-1.01-05. - К.: Відлуння, 2005. – 298 с.
2. *Medwedew W. N.*: Структура отечественного парка шахтной метанометрической техники и оценка его состояния // Материалы научн.практ. семинара «Проблемы техногенной, производственной и экологической безопасности. Пути их решения» (17-22.06.2002, пос. Ласпи, Крым). Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах / Сб. научн. тр. МакНИИ. – Макеевка – Донбасс: МакНИИ. – 2002. – С. 66-72.

Стационарная аппаратура газового контроля и контроля расхода воздуха объединяется в систему аэрогазового контроля (АГК). Для обеспечения правильной эксплуатации аппаратуры аэрогазового контроля при участке вентиляции и техники безопасности (ВТБ) шахты создается группа АГК, возглавляемая механиком этого участка. Группа осуществляет корректировку схемы размещения, проверку и настройку, контроль работоспособности и правильность размещения аппаратуры, выдачу ее на регламентное техническое обслуживание, ремонт, госповерку и освидетельствование.

Ответственность за правильность установки, целостность и сохранность аппаратуры, кабелей и пломб, своевременную переноску после сдачи аппаратуры в эксплуатацию несут начальники участков, в выработках которых размещена аппаратура. Персональная ответственность за правильность эксплуатации и постоянное функционирование в течение смены датчиков метана
и отличающих устройств возложена также на горных мастеров участков.

Горные мастера участков в выработках которых размещена аппаратура автоматического контроля метана (АКМ) ежесменно сверяют показания датчиков с показаниями переносных метанометров.

Информация об аэрогазовой обстановке, зарегистрированная самопишущими приборами, используется в оперативной работе всеми участками и службами шахты, выполняющими работы в выработках, оснащенных аппаратурой АГК, и участком ВТБ для выявления причин повышения концентрации метана, принятия мер по ее нормализации, а также устранения выявленных недостатков в работе аппаратуры.

При добыче угля в Украине подземным способом приходится мириться с вынужденной необходимостью находиться в среде, потенциально угрожаемой с точки зрения образования опасных для здоровья и жизни газовых смесей. Поэтому в угольных шахтах контроль состава атмосферы, который не возможен без эффективных газоанализаторов, имеет первостепенное значение в обеспечении безопасности ведения горных работ.

Литература

1. Правила безопасности в угольных шахтах НПАОП 10.0-1.01-05. - К.: Відлуння, 2005. – 298 с.
2. *Медведев В.Н.*: Структура отечественного парка шахтной метанометрической техники и оценка его состояния // Материалы научн.практ. семинара «Проблемы техногенной, производственной и экологической безопасности. Пути их

решения» (17-22.06.2002, пос. Ласпи, Крым). Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах / Сб. научн. тр. МакНИИ. – Макеевка – Донбасс: МакНИИ. – 2002. – С. 66-72.
3. Руководство по обслуживанию и ремонту шахтных интерферометров.- М.: Недра, 198. – 88 с.
4. Анализатор метана и диоксида углерода переносной Сигнал.7. Руководство по эксплуатации 1952.00.000 РЭ.
5. Анализатор метана, кислорода или токсичных газов Сигнал.9. Руководство по эксплуатации 1957.00. 00.000 РЭ.
6. *Medwedew W. N., Belaewa E. W.*: Индивидуальный автоматический контроль содержания метана в угольных шахтах.// Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах. Сб. научн. трудов МакНИИ. – 1996, - С. 197-201.
7. *Gusew M. G., Krigman F. E., Nazarenko W. I., Semin G. M.*: Индивидуальный автоматический сигнализатор метана. // Безопасность труда в промышленности. – 1978, № 4,- С. 43-44.
8. Расследование и предотвращение аварий на угольных шахтах: в III т. / [Briuhanow A. M., Berezynskij W. I., Kolosiuk W. P.] w red. Briuhanowa A. M. T III – Донецк.: Вебер (Донецкое отделение), 2007. – С.289-318.
9. Метан-реле для забойных машин ТМРК-3.1М. Руководство по эксплуатации 1571.00.00.000 РЭ.
10. *Karpow E. F., Birenberg I. E., Basowskiej B. I.*: Авоматическая газовая защита и контроль рудничной атмосферы. – М.: Недра, 1984. - 285 с.
11. *Bruhanow A. M., Koptikow W. P., Iwanow Ju. A., Brium W. Z., Serezentikow G. W., Rodnenko W. S.*: Унифицированная телекоммуникационная система УТАС – новый шаг в обеспечении безопасных условий труда в угольных шахтах // Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах / Сб. научн. Трудов. – Макеевка-Донбасс: МакНИИ. – 2005. – С.322 – 333.

Recenzent: dr inż. Bożena Bojko

3. Руководство по обслуживанию и ремонту шахтных интерферометров.- М.: Недра, 198. – 88 с.
4. Анализатор метана и диоксида углерода переносной Сигнал.7. Руководство по эксплуатации 1952.00.000 РЭ.
5. Анализатор метана, кислорода или токсичных газов Сигнал.9. Руководство по эксплуатации 1957.00. 00.000 РЭ.
6. *Медведев В.Н., Беляева Е.В.*: Индивидуальный автоматический контроль содержания метана в угольных шахтах.// Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах. Сб. научн. трудов МакНИИ. – 1996, - С. 197-201.
7. *Гусев М.Г., Кригман Ф.Е., Назаренко В.И., Семин Г.М.*: Индивидуальный автоматический сигнализатор метана. // Безопасность труда в промышленности. – 1978, № 4,- С. 43-44.
8. Расследование и предотвращение аварий на угольных шахтах: в III т. / [А. М. Брюханов, В. И. Бережинский, В. П. Колосюк и др.] под ред. А. М. Брюханова. Т III – Донецк.: Вебер (Донецкое отделение), 2007. – С.289-318.
9. Метан-реле для забойных машин ТМРК-3.1М. Руководство по эксплуатации 1571.00.00.000 РЭ.
10. *Карпов Е. Ф., Биренберг И. Э., Басовский Б.И.*: Авоматическая газовая защита и контроль рудничной атмосферы. – М.: Недра, 1984. - 285 с.
11. *Брюханов А.М., Коптиков В.П., Иванов Ю.А., Брюм В.З., Серезентинов Г.В., Родненко В.С.*: Унифицированная телекоммуникационная система УТАС – новый шаг в обеспечении безопасных условий труда в угольных шахтах // Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах / Сб. научн. Трудов. – Макеевка-Донбасс: МакНИИ. – 2005. – С.322 – 333.

GAS MONITORING IN UKRAINIAN COAL MINES

The paper points out admissible concentration levels of methane and other hazardous gases in Ukrainian coal mines. It classifies equipment used for mine atmosphere monitoring, its technical parameters as well its range of use. Furthermore it describes general issues related to gas monitoring systems operation.