

## Rodzina czujników do pomiarów parametrów fizykochemicznych atmosfery kopalnianej

## Семейство датчиков для измерения физико-химических параметров шахтной атмосферы

*W artykule została omówiona rodzina czujników przeznaczonych do pomiarów fizykochemicznych parametrów atmosfery kopalnianej, przeznaczonych do współpracy z systemem SMP/NT. Opisane zostały cechy funkcjonalne czujników ze szczególnym uwzględnieniem ich modułowej budowy i nowatorskich konstrukcji komór pomiarowych. Przedstawiona została możliwość kontroli kilku parametrów jednocześnie oraz możliwość rozszerzenia kontrolowanych parametrów o stężenia innych, wybranych gazów.*

*В статье описано семейство датчиков, предназначенных для измерения физико-химических параметров шахтной атмосферы, предусмотренных для работы с системой SMP/NT. Описаны функциональные качества датчиков, особенно их модульное устройство и новаторская конструкция измерительных камер. Указывается на возможность контроля нескольких параметров одновременно и на возможность расширения области применения для контроля параметров других, выбранных газов..*

### 1. WSTĘP

---

W roku 2009 zakończyła się realizacja projektu celowego ROW-II-240/270, którego zleceniodawcą była firma EMAG SERWIS, a wykonawcą ITI EMAG. Przedmiotem tego projektu było opracowanie rodziny czujników do pomiarów parametrów fizykochemicznych atmosfery, wyposażonych w interfejs cyfrowy.

Opracowana rodzina czujników, pod wspólnym oznaczeniem Dxx, składa się z siedmiu typów czujników. W jej skład wchodzi:

- czujnik DCH przeznaczony do pomiaru stężenia metanu,
- czujnik DCH IR przeznaczony również do pomiaru stężenia metanu, lecz wyposażony w przetwornik pomiarowy działający na zasadzie pochłaniania w podczerwieni,

### 1. ВВЕДЕНИЕ

---

В 2009 году была завершена реализация целевого проекта ROW-II-240/270, заказчиком которого являлась фирма EMAG SERWIS, а исполнителем ITI EMAG. Предметом проекта была разработка семейства датчиков, оснащенных цифровым интерфейсом и предназначенных для измерения физико-химических параметров шахтной атмосферы.

Разработанное семейство датчиков, имеющих общее обозначение Dxx, состоит из семи типов датчиков. В состав этого семейства входят:

- датчик DCH, предназначенный для измерения концентрации метана;
- датчик DCH IR, предназначенный также для измерения концентрации метана, но оснащенный измерительным преобразователем, работающим по принципу поглощения в инфракрасном диапазоне;

- czujnik DCD przeznaczony do pomiaru stężenia dwutlenku węgla,
- czujnik DCO przeznaczony do pomiaru stężenia tlenu węgla,
- czujnik DOX przeznaczony do pomiaru stężenia tlenu,
- czujnik DHT przeznaczony do pomiaru wilgotności, temperatury powietrza i ciśnienia atmosferycznego,
- czujnik DRC przeznaczony do pomiaru różnicy ciśnień.

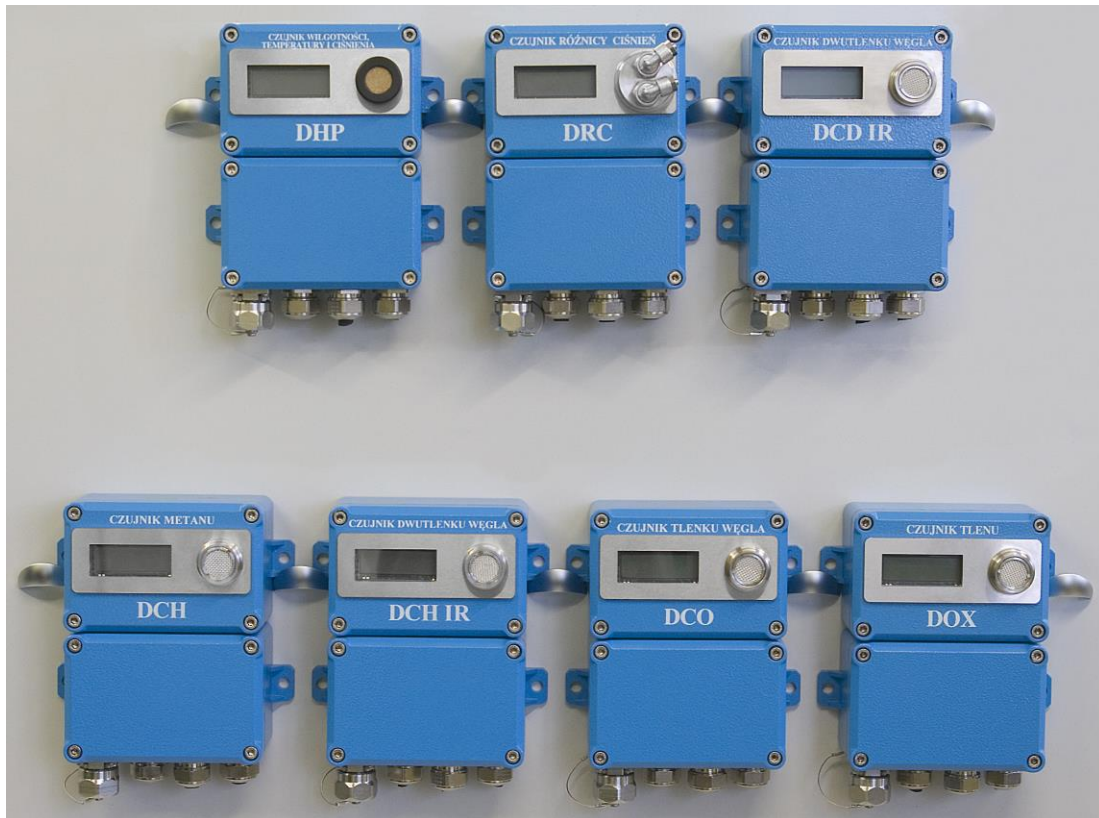
## 2. RODZINA CZUJNIKÓW DO POMIARÓW PARAMETRÓW ATMOSFERY KOPALNIANEJ

Zasadniczym celem opracowania nowej rodziny czujników była poprawa parametrów metrologicznych oraz zwiększenie możliwości funkcjonalnych w porównaniu z dotychczas stosowanymi rozwiązaniami. Istotne było również rozszerzenie gamy oferowanych czujników o nieprodukowane dotychczas czujniki dwutlenku węgla oraz metanu wykorzystujące przetworniki pomiarowe pracujące na zasadzie pochłaniania w podczerwieni. Wszystkie czujniki rodziny Dxx przeznaczone są do bezpośredniej współpracy z systemem telemetrycznym typu SMP/NT. Są one zasilane zdalnie z zasilaczy liniowych typu ZL montowanych w kasetach MZT-10/60M. Przystosowane są również do cyfrowej transmisji danych w standardzie stosowanym w tym systemie, przy czym zasilanie i transmisja danych – tak jak w innych urządzeniach współpracujących z systemem SMP – odbywają się po tej samej parze przewodów. Zastosowanie cyfrowej transmisji danych w istotny sposób zwiększyło odporność na ewentualne przekłamanie wynikające ze złego stanu linii transmisyjnych. Istotną cechą odróżniającą czujniki rodziny Dxx od dotychczas stosowanych jest możliwość pracy więcej niż jednego czujnika na jednej parze przewodów. W zależności od typu istnieje możliwość przyłączenia do czterech czujników do jednej linii transmisyjno-zasilającej. Pozwala to na znaczące oszczędności sieci kablowej. Ilość czujników, które mogą być przyłączone do jednej linii jest limitowana zapotrzebowaniem energetycznym poszczególnych przetworników pomiarowych. Konstrukcja układu elektronicznego pozwala także na wykorzystanie rezerw energetycznych, które powstają gdy używane linie transmisyjno-zasilające są krótsze niż 10 km – np. skrócenie linii do 8 km pozwala na przyłączenie dodatkowego czujnika tlenu, tlenu węgla lub różnicy ciśnień.

- датчик DCD, предназначенный для измерения концентрации двуокиси углерода;
- датчик DCO, предназначенный для измерения концентрации окиси углерода;
- датчик DOX, предназначенный для измерения концентрации кислорода;
- датчик DHT, предназначенный для измерения влажности, температуры воздуха и атмосферного давления;
- датчик DRC, предназначенный для измерения разницы давления.

## 2. СЕМЕЙСТВО ДАТЧИКОВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ШАХТНОЙ АТМОСФЕРЫ

Основной целью разработки нового семейства датчиков было улучшение метрологических параметров, а также увеличение функциональных возможностей, в сравнении с применяемыми до сих пор решениями. Существенным было также расширение гаммы предлагаемых датчиков путем разработки не выпускаемых до этого датчиков двуокиси углерода и метана, использующих измерительные преобразователи, работающие по принципу поглощения в инфракрасном диапазоне. Все датчики семейства Dxx предусмотрены для непосредственного взаимодействия с телеметрической системой SMP/NT. Питаются дистанционно от линейных блоков питания типа ZL, устанавливаемых в кассетах MZT-10/60M. Предусмотрены также для цифровой передачи данных по стандарту, применяемому в этой системе, причем питание и передача данных – как и в других устройствах, взаимодействующих с системой SMP – осуществляется одной и той же парой проводов. Применение цифровой передачи данных существенным образом повысило устойчивость к возможным ошибкам, вызванным плохим состоянием линий связи. Существенным качеством, отличающим датчики семейства Dxx от применяемых до сих пор датчиков, является возможность работы более чем одного датчика на одной паре проводов. В зависимости от типа, имеется возможность подключить до четырех датчиков к одной линии питания и связи. Это позволяет существенно сэкономить на кабельной сети. Число датчиков, которые могут быть подключены к одной линии питания и связи, лимитируется количеством энергии, потребляемой отдельными измерительными преобразователями. Конструкция электронной схемы позволяет также использовать энергетический резерв, возникающий в случае, когда применяемые линии питания и связи имеют протяженность менее, чем 10 км – например, сокращение длины линии до 8 км позволяет подключить дополнительно один датчик кислорода, окиси углерода или датчика разницы давления.



Rys. 1. Rodziny czujników DXX – wykonanie podstawowe  
 Рис. 1. Семейство датчиков DXX – основное исполнение

Wszystkie czujniki wyposażone są w lokalny wyświetlacz umożliwiający odczyt bieżących wyników pomiarów oraz dodatkowych informacji o stanie czujnika. Wszystkie też wyposażone zostały w dwa wyjścia oraz dwa wejścia dwustanowe. Stan wyjść dwustanowych może być zmieniany po wykryciu przez czujnik przekroczenia ustawionego progu lub na polecenie ze stacji powierzchniowej. Stany wejść dwustanowych są transmitowane do stacji powierzchniowej. Mogą być także użyte do bezpośredniego sterowania wyjść dwustanowych.

Podstawowym zadaniem jakie postawiono sobie przy opracowywaniu poszczególnych czujników była jak najdalej idąca unifikacja stosowanych rozwiązań zarówno mechanicznych, jak i elektronicznych. Miało to uprościć proces produkcji, uruchamiania, testowania oraz serwisu urządzeń i, w efekcie, doprowadzić do obniżenia kosztów zarówno wytwarzania, jak i serwisu. Wszystkie czujniki zbudowano z wykorzystaniem standardowej obudowy typu OB-1, odlewanej ze stopu cynku i aluminium. Obudowa ta była stosowana w większości wcześniejszych rozwiązań czujników produkcji EMAG, a zebrane doświadczenia eksploatacyjne potwierdziły jej odporność na narażenia mechaniczne. Wyposażone w tę obudowę czujniki metanu stosowane były między innymi w KWK Śląsk, w ścianie, w której doszło do wybu-

Все датчики оборудованы местным дисплеем, показывающим текущий результат измерения, а также дополнительную информацию о состоянии датчика. Все также оборудованы двумя бинарными выходами и входами. Состояние бинарных выходов может изменяться после обнаружения датчиком превышения установленного порогового значения, или же по команде с поверхностной станции. Состояния бинарных входов передаются на поверхностную станцию. Могут также использоваться для непосредственного управления бинарными выходами.

Основным заданием, поставленным при разработке отдельных датчиков, была возможно наибольшая унификация применяемых решений, как механических, так и электронных. Это должно упростить процесс производства, пуска, тестирования и сервиса устройств, а в итоге обеспечить снижение стоимости, как изготовления, так и сервисного обслуживания. Все датчики изготовлены с применением стандартного корпуса типа OB-1, отлитого из сплава цинка и алюминия. Этот корпус применялся в большинстве более ранних решений датчиков производства фирмы EMAG, а накопленный эксплуатационный опыт подтвердил его стойкость к механическим воздействиям. Снабженные этим корпусом датчики метана применялись, в частности, в шахте „Śląsk”, в лаве, в которой произошел взрыв метана.

chu metanu. Badania wykazały, że na ok. 20 czujników zainstalowanych w rejonie wybuchu, tylko jeden został uszkodzony. Obudowy te charakteryzują się także dużą odpornością na korozję oraz zapewniają wysoki poziom zabezpieczenia przed wpływem wody i pyłu. Tak jak w dotychczasowych rozwiązaniach, obudowa podzielona została na dwie części: niedostępną dla użytkownika komorę mieszczącą układ elektroniczny i przetwornik pomiarowy oraz komorę przyłączową służącą do wprowadzania przewodów łączących czujnik z otoczeniem. Każdy czujnik jest dostępny w dwóch wykonaniach: w zależności od wymagań użytkownika, komory pomiarowe czujników mogą być montowane bezpośrednio na obudowie lub przyłączane za pomocą kabla o długości do 30 m. Czujniki wymagające okresowej kalibracji zostały ponadto wyposażone w złącze umożliwiające podłączenie klawiatury kalibracyjnej typu KB-1, stosowanej powszechnie w dotychczas produkowanych urządzeniach. Klawiatura zapewnia użytkownikowi dostęp do zaawansowanych funkcji czujników, a jednocześnie stanowi zabezpieczenie przed ingerencją osób nieuprawnionych.

Przetworniki pomiarowe są umieszczone w komorach pomiarowych, których wloty zabezpieczone zostały specjalnymi, wymiennymi filtrami zabezpieczającymi przed wpływem wody, zapylenia i substancji chemicznych, mogących negatywnie wpływać na własności metrologiczne przetworników. Zachowano pełną kompatybilność mechaniczną filtrów z dotychczas produkowanymi czujnikami.

### 1.1. Podstawowe dane techniczne czujników Dxx

#### Dane wspólne dla wszystkich czujników

Indykacja wyniku pomiaru:

na alfanumerycznym wyświetlaczu LCD

Zasilanie:

zdalne z modułu MZT-10/60M

Sygnal wyjściowy:

cyfrowy, z modulacją FSK

Wyjścia dwustanowe:

2 separowane galwanicznie

Wejścia dwustanowe:

2 z kontrolą sprawności obwodu

Zakres temperatur pracy:

-10°C – +40°C

Zakres wilgotności wzgl.:

0–95% bez kondensacji

Gabaryty:

123 × 180 × 58 mm

Masa:

ok. 2 kg

Исследования показали, что на около 20 датчиков, установленных в зоне взрыва, только один был поврежден. Корпуса характеризуются также большой коррозионной устойчивостью, а также обеспечивают высокий уровень защиты от воздействия воды и пыли. Так же, как в прежних решениях, корпус разделен на две части: недоступный для пользователя отсек, в котором размещена электронная схема с измерительным преобразователем и присоединительный отсек, предназначенный для ввода проводов. Каждый датчик доступен в двух исполнениях – в зависимости от требования пользователя, измерительная камера датчика может устанавливаться непосредственно на корпусе или отдельно, подключаемая кабелем длиной до 30 м. Датчики, нуждающиеся в периодической калибровке, кроме того, оборудованы разъемом, позволяющим подключить калибровочную клавиатуру типа KB-1, широко применяемой в выпускаемых до сих пор устройствах. Клавიაтура обеспечивает пользователю доступ к расширенным функциям датчиков, являясь одновременно средством защиты от вмешательства неуполномоченных лиц.

Измерительные преобразователи расположены в измерительных камерах, входные отверстия которых защищены специальными сменными фильтрами, предотвращающими проникновение воды, пыли и химических веществ, которые могут отрицательно повлиять на метрологические свойства преобразователей. Сохранена полностью механическая совместимость фильтров с выпускаемыми до сих пор датчиками.

### 1.1. Основные технические данные датчиков Dxx

#### Данные, общие для всех датчиков

Индикация результата измерения:

на буквенно-цифровом ЖК дисплее

Питание:

дистанционное, от модуля MZT-10/60M

Выходной сигнал:

цифровой, с модуляцией FSK

Бинарные выходы:

2 – с гальванической развязкой

Бинарные входы:

2 – с проверкой исправности цепи

Диапазон рабочей температуры:

-10°C – +40°C

Диапазон относительной влажности:

0 – 95% без конденсации

Габаритные размеры:

123 × 180 × 58 мм

Масса:

около 2 кг

Stopień ochrony obudowy:

IP54

Cecha budowy przeciwwybuchowej:

I M1 Exia I

#### Czujnik DCO

Zakresy pomiarowe:

0–200 ppm CO

0–1000 ppm CO

Błąd podstawowy:

± 3 ppm dla zakresu 0–200 ppm CO

± 25 ppm dla zakresu 0–1000 ppm CO

#### Czujnik DCD IR

Zakres pomiarowy:

0–5% CO<sub>2</sub>

Błąd podstawowy :

0,1% CO<sub>2</sub>

#### Czujnik DOX

Zakres pomiarowy:

0–25% O<sub>2</sub>

Błąd podstawowy:

±0,5%O<sub>2</sub>

#### Czujnik DHT

Zakres pomiarowy temperatury

-10°C – +40°C

Zakres pomiarowy wilgotności:

0–95% wilgotności względnej

Zakres pomiarowy ciśnienia atmosferycznego:

800 –1200 hPa

Błąd podstawowy pomiaru temperatury:

±1°C

Błąd podst. pomiaru wilgotności względnej:

±3%

Błąd podst. pomiaru ciśnienia atm.:

± 100 Pa

#### Czujnik DRC xxx

Zakresy pomiarowe:

DRC10 ±1000 Pa

DRC25 ±2500 Pa

DRC 50 ±5000 Pa

DRC 100 ±10000 Pa

Błąd podstawowy:

maks. ±5% zakresu pomiarowego

#### Czujnik DCH

Zakresy pomiarowe:

0–5% CH<sub>4</sub> , 5–100% CH<sub>4</sub>

Błąd podstawowy:

0,1% CH<sub>4</sub> dla zakr. 0–5% CH<sub>4</sub>

3% CH<sub>4</sub> dla zakr. 0–100% CH<sub>4</sub>

#### Czujnik DCH IR

Zakres pomiarowy:

0–5% CH<sub>4</sub>

Błąd podstawowy:

0,1% CH<sub>4</sub>

Степень защиты корпуса:

IP54

Вид взрывозащиты:

I M1 Exia I

#### Датчик DCO

Диапазоны измерений:

0 – 200 ppm CO

0–1000 ppm CO

Основная погрешность:

± 3 ppm для диапазона 0–200 ppm CO

± 25 ppm для диапазона 0–1000 ppm CO

#### Датчик DCD IR

Диапазон измерений:

0 – 5% CO<sub>2</sub>

Основная погрешность:

0,1% CO<sub>2</sub>

#### Датчик DOX

Диапазон измерений:

0–25% O<sub>2</sub>

Основная погрешность:

±0,5%O<sub>2</sub>

#### Датчик DHT

Диапазон измерения температуры

-10°C – +40°C

Диапазон измерения относительной влажности:

0 – 95%

Диапазон измерения атмосферного давления:

800 – 1200 гПа

Осн. погрешность измерения температуры:

±1°C

Осн. погрешность измер. относит. влажности:

±3%

Осн. погрешность измер. атмосферного давления:

± 100 Pa

#### Датчик DRC xxx

Диапазоны измерений:

DRC10 ±1000 Па

DRC25 ±2500 Па

DRC 50 ±5000 Па

DRC 100 ±10000 Па

Основная погрешность:

не более ±5% диапазона измерений

#### Датчик DCH

Диапазоны измерений:

0–5% CH<sub>4</sub> , 5–100% CH<sub>4</sub>

Основная погрешность:

0,1% CH<sub>4</sub> для диапазона 0 – 5% CH<sub>4</sub>

3% CH<sub>4</sub> для диапазона 0 – 100% CH<sub>4</sub>

#### Датчик DCH IR

Диапазон измерений:

0–5% CH<sub>4</sub>

Основная погрешность:

0,1% CH<sub>4</sub>



Rys. 2. Przykładowe rozwiązania komór pomiarowych oraz zabezpieczeń zewnętrznych komór  
 Рис. 2. Примеры решений измерительных камер и наружной защиты камер

## 1.2. Układ elektroniczny czujników

Jak wspomniano wyżej, podstawowym dążeniem konstruktorów było maksymalne ujednoczenie układów elektronicznych poszczególnych czujników. W rezultacie układ elektroniczny każdego z czujników został podzielony na dwie zasadnicze części: komorę pomiarową, specyficzną dla danego typu czujnika, oraz monitor, wspólny dla wszystkich typów czujników.

Na potrzeby projektu został opracowany typoszereg komór pomiarowych dla poszczególnych wielkości fizykochemicznych, wyposażonych, oprócz odpowiedniego przetwornika pomiarowego, także w elektroniczny układ wzmacniania i przetwarzania sygnału na postać cyfrową, zintegrowany z przetwornikiem. Zastosowany tu procesor umożliwia precyzyjne przetworzenie sygnału wyjściowego przetwornika pomiarowego na wartość podawaną w jednostkach fizycznych odpowiednich dla mierzonego parametru oraz wprowadzenie kompensacji termicznej i linearyzacji (jeśli są one niezbędne). W pamięci procesora przechowywane są także dane kalibracyjne, ustalane przy trzech ostatnich kalibracjach komory

## 1.2. Электронная схема датчиков

Как упоминалось выше, основным стремлением конструкторов была максимальная унификация электронных схем отдельных датчиков. В результате электронная схема каждого из датчиков была разделена на две части: измерительную камеру, специфичную для данного типа датчика и монитор, общий для всех типов датчиков.

Для нужд проекта был разработан типовой ряд измерительных камер для отдельных физикохимических величин, оборудованных, кроме измерительных преобразователей, также электронной схемой, объединенной с преобразователем, для усиления и преобразования сигнала в цифровой вид. Примененный здесь процессор позволяет точно преобразовать выходной сигнал измерительного преобразователя на величину, указываемую в физических единицах, соответствующих измеряемому параметру, а также ввести термическую компенсацию и линейризацию (если они необходимы). В памяти процессора хранятся также калибровочные данные, устанавливаемые по результатам трех последних калибровок камеры, а также информация о начальных параметрах



oraz informacje o początkowych parametrach przetwornika pomiarowego, zapisywane w trakcie procesu produkcyjnego. Pozwala to na bieżąco oceniać stan przetwornika i ostrzegać użytkownika przed przewidywanym spadkiem czułości zanim jeszcze ten spadek uniemożliwi poprawną pracę komory. W pamięci tej znajduje się także unikalny numer komory pomiarowej, pozwalający na jej jednoznaczną identyfikację oraz zestaw fabrycznych danych kalibracyjnych pozwalający na przywrócenie poprawnego funkcjonowania czujnika w przypadku błędnego przeprowadzenia procesu kalibracji. W przypadku czujnika metanu, w pamięci procesora przechowywane są dodatkowo dane o przeciążeniach gazowych, łącznie z datą i czasem ich wystąpienia. Dane te można odczytać jedynie za pomocą specjalistycznego sprzętu posiadanego przez producenta. Układy elektroniczne komór pomiarowych są na stałe zintegrowane z przetwornikami pomiarowymi. Zmontowane są na obwodach drukowanych o wymiarach nie przekraczających gabarytów samych przetworników i wyposażone w interfejs szeregowy służący do połączenia komory z układem monitora. Opracowane komory pomiarowe stanowią zatem w istocie kompletne czujniki, do funkcjonowania których niezbędne jest jedynie odpowiednie zasilanie.

Monitor czujnika zapewnia zasilanie, transmisję danych pomiarowych do/z komory pomiarowej, komunikację z systemem SMP, obsługę wyświetlacza i klawiatury kalibracyjnej, sygnalizacyjnych diod LED oraz wejść i wyjść dwustanowych. Jak wspomniano wyżej, monitor jest identyczny dla wszystkich czujników rodziny Dxx. Na życzenie użytkownika monitor może zostać wyposażony w baterię akumulatorów podtrzymującą pracę czujnika w przypadku awarii linii transmisyjno-zasilającej. W zależności od typu czujnika bateria zapewnia podtrzymanie na okres od czterech do osiemnastu godzin.

### 3. MOŻLIWOŚCI ROZWOJU RODZINY CZUJNIKÓW DXX

---

W ramach projektu opracowano jedynie kilka czujników, które znajdują najszersze zastosowanie w górnictwie. Jednak konstrukcja zarówno układu elektronicznego, jak i części mechanicznej pozwala na stosunkowo nieskomplikowaną rozbudowę gamy oferowanych czujników o inne typy, przeznaczone do pomiarów stężeń gazów, takich jak: wodór, dwutlenek siarki, chlorowódz, tlenki azotu i inne. Dla wszystkich tych gazów dostępne są elektrochemiczne przetworniki pomiarowe działające na identycznej

izmerительного преобразователя, записываемые по ходу производственного процесса. Это позволяет в текущем порядке оценивать состояние преобразователя и предупреждать пользователя о возможном снижении чувствительности, прежде чем это снижение станет причиной неправильной работы камеры. В этой же памяти хранится также уникальный номер измерительной камеры, обеспечивающий однозначную идентификацию, а также комплект заводских калибровочных данных, позволяющий восстановить правильную работу датчик в случае неправильного проведения процесса калибровки. В случае датчика метана в памяти процессора хранятся дополнительно данные о газовых перегрузках, вместе с датой и временем их возникновения. Эти данные могут быть представлены исключительно при помощи специального оборудования, имеющегося у производителя. Электронные схемы измерительных камер постоянно соединены с измерительными преобразователями. Схемы смонтированы на печатных платах, размеры которых не превышают габаритов самих преобразователей и оборудованы последовательным интерфейсом, предназначенным для соединения камеры со схемой монитора. Разработанные измерительные камеры являются на самом деле комплектами датчиками, для функционирования которых потребуется лишь соответствующее питание.

Монитор датчика обеспечивает питание, передачу измерительных данных в/из измерительной камеры, связь с системой SMP, обслуживание дисплея и калибровочной клавиатуры, сигнализационных светодиодов, а также бинарных входов и выходов. Как указано выше, монитор идентичен для всех датчиков семейства Dxx. По желанию пользователя монитор может быть оснащен аккумуляторной батареей, для поддержания работы датчика в случае аварии линии питания и связи. В зависимости от типа датчика, батарея обеспечивает поддержку в течение от четырех до восемнадцати часов.

### 3. ВОЗМОЖНОСТИ РАЗВИТИЯ СЕМЕЙСТВА ДАТЧИКОВ DXX

---

И рамках проекта было разработано всего несколько датчиков, наиболее широко применяемых в горном деле. Однако конструкция, как электронной схемы, так и механической части, позволяет относительно несложно расширять гамму предлагаемых датчиков другими типами, предназначенными для измерения концентрации газов, таких как: водород, двуокись серы, хлористый водород, окислы азота и др. Для всех этих газов доступны электрохимические измерительные преобразователи, работающие по идентичному

zasadzie jak przetwornik do pomiaru tlenu węgla. W celu przystosowania czujnika DCO do pomiaru stężenia innego gazu wymagana jest zatem wymiana przetwornika pomiarowego i niewielkie zmiany w oprogramowaniu komory, uwzględniające przeliczenie sygnału wyjściowego na inne jednostki. Podobnie nieskomplikowana jest zmiana zakresu pomiarowego czujników DCD IR i DCH IR. Są bowiem produkowane przetworniki pomiarowe NDIR, np. dla zakresu 0-100% CH<sub>4</sub>, posiadające identyczne parametry wyjściowe jak zastosowane w czujniku DCH IR. Możliwe jest zatem użycie czujnika DCH IR, po wyposażeniu go w odpowiedni układ pobierania próbek, do pomiarów stężenia metanu w rurociągach odmetałowania. Taki czujnik powinien cechować się znacznie lepszą dokładnością i selektywnością niż stosowane obecnie czujniki termokonduktometryczne lub przyrządy interferencyjne.

Ponadto komory pomiarowe opracowane w ramach projektu, ze względu na swoją budowę i niewielkie gabaryty, mogą być z powodzeniem używane w innych rozwiązaniach przyrządów gazometrycznych, w tym w przyrządach przenośnych.

Inną interesującą cechą czujników Dxx jest możliwość tworzenia, na bazie zastosowanych w nich rozwiązań układowych, czujników stacjonarnych umożliwiających pomiar więcej niż jednego parametru. Zarówno konstrukcja układu elektronicznego jak i konstrukcja mechaniczna zostały przystosowane do jednoczesnego montażu trzech komór pomiarowych. Możliwe jest zatem zbudowanie czujnika mierzącego jednocześnie np. stężenie tlenu, tlenu węgla i metanu. Ze względu na ograniczone możliwości energetyczne nie jest możliwe stosowanie dowolnych kombinacji komór pomiarowych. Nie można np. połączyć w jednym przyrządzie komór do pomiaru stężenia metanu i dwutlenku węgla. Jednakże wszelkie inne zestawy komór, w liczbie nie przekraczającej trzech, są możliwe do realizacji.

Ta cecha została już wykorzystana do skonstruowania specjalistycznych czujników do pomiarów stężeń gazów w zrobach. Pomiaru te prowadzone są w ramach projektu badawczego R09000404 „Badania rozkładu stężeń gazów w zrobach ścian zawałowych w aspekcie zagrożeń zapaleniami i wybuchami metanu”, którym kieruje prof. dr hab. Stanisław Wasilewski z IMG PAN. Na potrzeby badań opracowane zostały zintegrowane czujniki do pomiarów stężeń dwutlenku węgla i tlenu węgla oraz metanu i tlenu. Czujniki te przeszły z powodzeniem badania w KWK Wesola, a jedyną modyfikacją jaka została wprowadzona w po-

principu działania, jak преобразователь для измерения концентрации окиси углерода. Для адаптации датчика DCO для измерения концентрации другого газа, требуется поэтому замена измерительного преобразователя и небольшие изменения в программном обеспечении камеры, учитывающие необходимость пересчета величины выходного сигнала в другие единицы измерения. Так же несложным является изменение диапазона измерений датчиков DCD IR и DCH IR, так как выпускаются измерительные преобразователи NDIR, напр. для диапазона 0-100% CH<sub>4</sub>, имеющие идентичные выходные параметры, как преобразователи в датчике DCH IR. Поэтому возможно применение датчика DCH IR, после его оборудования соответствующей системой отбора проб, для измерения концентрации метана в трубопроводах сети дегазации. Такой датчик должен характеризоваться значительно лучшей точностью и селективностью, чем применяемые сейчас термокондуктометрические датчики или приборы, работающие по принципу интерференции.

Кроме того, измерительные камеры, разработанные в рамках проекта, ввиду своего устройства и небольших габаритов, могут успешно применяться в других решениях газометрических приборов, в том числе в переносных приборах.

Другим, интересным качеством датчиков Dxx является возможность создания, на основе примененных в них схемных решений, стационарных датчиков, обеспечивающих измерение более, чем одного параметра. Решение, как электронной схемы, так и механической конструкции, предусматривают одновременный монтаж трех измерительных камер. Таким образом, возможно построение датчика, измеряющего одновременно, напр., концентрацию кислорода, окиси углерода и метана. Ввиду ограниченных энергетических возможностей невозможна реализация произвольных комбинаций измерительных камер. Нельзя, например, соединить в одном приборе камеры для измерения концентрации метана и двуокиси углерода, однако любые другие комбинации камер, не более трех штук, могут быть реализованы.

Это свойство уже было использовано для создания специальных датчиков для измерения концентрации газов в старых выработках. Эти измерения выполняются в рамках исследовательского проекта R09000404 «Исследование распределения концентрации газов в старых выработках лав разрабатываемых с обрушением кровли, в аспекте опасности возгорания и взрыва метана», руководителем которого является доц., проф. Stanisław Wasilewski из Института механики горного массива Польской академии наук. Для нужд исследования были разработаны интегрированные датчики для измерения концентрации двуокиси углерода и ки-



równaniu z czujnikami Dxx była dodatkowa obudowa pozwalająca na ich zamontowanie w perforowanej rurze umieszczonej w zrobach.

#### 4. PODSUMOWANIE

Modułowa konstrukcja, dobre parametry metrologiczne i odporność na narażenia środowiskowe sprawiają, że nowo opracowane czujniki rodziny Dxx stanowią istotne uzupełnienie zestawu urządzeń współpracujących z systemem SMP/NT. Daleko posunięta unifikacja podzespołów oraz możliwość pracy wielu czujników na jednej linii transmisyjno-zasilającej powinna zaowocować obniżeniem zarówno kosztów zakupu, jak i eksploatacji. Czujniki Dxx produkowane są obecnie w wersji podstawowej przedstawionej na rys. 1 oraz w wersji z komorami pomiarowymi przyłączanymi za pomocą kabla.

W najbliższym czasie producent (EMAG SERWIS) zamierza wzbogacić ofertę o czujniki przystosowane do ciągłej, jednoczesnej kontroli trzech wybranych gazów, których konstrukcja oparta będzie na podzespołach rodziny Dxx. Konfiguracja komór pomiarowych będzie mogła uwzględniać potrzeby klienta, z uwzględnieniem wcześniej wspomnianych ograniczeń.

*Recenzent: dr inż. Jerzy Mróz*

слорода, а также метана и кислорода. Датчики успешно прошли испытания в шахте «Весола», а единственной модификацией, которая была введена, в сравнении с датчиками Dxx, было применение дополнительного корпуса, позволяющего разместить их в перфорированной трубе, расположенной в старой выработке.

#### 4. РЕЗЮМЕ

Модульная конструкция, хорошие метрологические параметры и стойкость к воздействию среды, позволяют считать новоразработанные датчики семейства Dxx существенным дополнением набора устройств, взаимодействующих с системой SMP/NT. Продвинутая унификация блоков и возможность работы многих датчиков на одной линии питания и связи, должна принести снижение как закупочной стоимости, так и эксплуатационных расходов. Датчики Dxx выпускаются сейчас в основном исполнении, представленном на рис. 1, а также в исполнении с измерительными камерами, подключаемыми с помощью кабеля. В ближайшее время производитель (EMAG SERWIS) намерен расширить предложение, включая датчики, предусмотренные для непрерывного контролирования одновременно трех выбранных газов. Конструкция датчиков будет основана на блоках семейства Dxx. Конфигурация измерительных камер может предусматривать потребности клиента, с учетом ранее описанных ограничений.

#### SENSORS FOR MEASURING PHYSICAL AND CHEMICAL PARAMETERS OF MINE AIR

The article presents a group of sensors for measuring physical and chemical parameters of mine air. The sensors cooperate with the SMP/NT system. Functional characteristics of the sensors were described with special focus on their modular structure and state-of-the-art design of measuring chambers. The authors presented the possibility to monitor several parameters at the same time and the possibility to extend the monitored parameters to measure the concentration of other selected gases.