

Anna Huszał

Institut Nafty i Gazu, Oddział w Warszawie

Kontrola poziomu nawonienia paliw gazowych

Nawanianie gazu poprzez dodatek substancji zapachowych jest najprostszym sposobem wykrywania jego niebezpiecznych stężeń w powietrzu, zapewniającym bezpieczeństwo użytkowania i dystrybucji gazu. Praktyka nawaniania paliw jest szeroko stosowana w światowym przemyśle gazowniczym, a powszechnie stosowanym w Europie (w tym także i w Polsce) środkiem nawaniającym jest organiczny związek siarki – tetrahydrotiofen (THT). Przedsiębiorstwo gazownicze, prowadzące nawanianie paliw gazowych, ma obowiązek zapewnić taki poziom nawonienia, aby umożliwić łatwe wykrycie niekontrolowanych wypływów gazu z sieci rozdzielczej, instalacji i urządzeń gazowych. Wymaga to kontroli dawki nawaniacza wprowadzanego do sieci gazowej, sprawdzania jego stężenia w gazie oraz stopnia intensywności zapachu gazu, a także dokonywania ewentualnych korekt dozowania środka nawaniającego. Pomiar stężenia nawaniacza w paliwie gazowym są bardzo ważnym elementem kontroli nawonienia, uzupełniającym pomiary stopnia nawonienia gazu i dostarczającym danych do wykonania bilansu zużycia nawaniacza.

Monitoring of gas odorization levels

The addition of odorants to natural gas is the simplest detection method of its dangerous concentration in air. In consequence it allows safe use and distribution of odorized gases. Odorization practice is commonly used in the gas industry all over the world and the most popular odorizing agent within Europe (and also in Poland) is a cyclic sulfide – tetrahydrothiophene (THT). Gas company in the process of gas odorization has to provide appropriate odorization levels, that could allow simple detection uncontrolled gas leaks from gas system and gas installations. It can be done with careful control of odorant dose introduced to the gas line, control of odorant concentration in gas and also control of gas odor intensity. Measurements of odorant concentration in gas fuel is a very important part of odorization process control, supplementing measurements of gas odorization levels and provides data for odorant consumption balance.

Proces nawaniania gazu ziemnego polega na dodaniu do niego odpowiedniego środka nawaniającego, o odpowiednim i charakterystycznym zapachu. Obecnie powszechnie stosowanymi środkami nawaniającymi są organiczne związki siarki lub ich mieszaniny. W Polsce prawie wyłącznie stosuje się tetrahydrotiofen (THT).

Nawanianie paliw gazowych jest pierwszym elementem, wpływającym na bezpieczeństwo ich rozprowadzania i użytkowania, który można kształtować według stosownych potrzeb i wymogów. Odpowiednie nawonienie gazu umożliwia również zabezpieczenie szczelności sieci gazowych, instalacji wewnętrznych oraz odbiorników gazu. Podstawowym celem nawaniania jest umożliwienie odbiorcy gazu szybkiego wykrycia jego niekontrolowanego i niezamierzonego ulatniania się z nieszczelnych instalacji, przy stężeniu gazu w powietrzu na poziomie znacznie niższym od jego dolnej granicy wybuchowości.

W krajowym systemie gazowniczym obowiązuje reguła, że woń gazu powinna być dobrze wyczuwalna dla jego stężenia w powietrzu równego 1/5 dolnej granicy wybuchowości. Zapewnienie bezpieczeństwa

użytkowania gazu związane jest zatem z zagwarantowaniem mieszaninie gazu z powietrzem odpowiedniego poziomu intensywności zapachu.

Nawanianie zgodnie z obowiązującymi regulacjami prawnymi, jest jednym ze standardów jakościowych paliw gazowych. Bezwonne lub odznaczające się słabym zapachem paliwa gazowe, przed wprowadzeniem do sieci muszą zostać poddane procesowi nawonienia. Stężenie środka nawaniającego w miejscu jego dozowania powinno być tak dobrane, aby zagwarantować końcowemu odbiorcy intensywność zapachu gazu w stopniu ostrzegawczym (ZN-G-5001:2001). Zgodnie z wymogami norm zakładowych (ZN-G-5001:2001÷ZN-G-5008:1999) „instalacja do nawaniania powinna zapewnić takie dozowanie środka nawaniającego, aby uzyskać u odbiorcy wymaganą intensywność zapachu $I = 2$ ”. Według tego zapisu parametrem kontrolnym poziomu nawonienia paliw gazowych jest stopień intensywności zapachu gazu nawonionego, mierzony za pomocą metod węchowych.

Kwestię nawaniania paliw gazowych oraz przeprowadzania okresowych kontroli poziomu nawonienia,

jak również częstotliwości ich wykonywania i metod badań, regulują m.in.:

- Rozporządzenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z 2004 r., Dz.U. Nr 105, poz. 1113, w sprawie szczegółowych warunków przyłączenia podmiotów do sieci gazowych, ruchu i eksploatacji tych sieci.

Rozdział 6, § 22, ust. 1: Przedsiębiorstwo gazowni-
cze dostarcza paliwa gazowe spełniające następujące
parametry jakościowe:

pkt. 4: Intensywność zapachu gazu powinna być
wyczuwalna w powietrzu po osiągnięciu stężenia:

- a) 1,5% V/V – dla nominalnej liczby Wobbego wynoszącej 25÷35,
- b) 1,0% V/V – dla nominalnej liczby Wobbego wynoszącej 41,5÷50.

- Norma PN-C-04753:2002 *Gaz ziemny – Jakość gazu dostarczanego odbiorcom z sieci rozdzielczej*:

pkt. 2: Jakość gazów ziemnych dostarczanych odbiorcom z sieci rozdzielczej powinna być taka, aby: m.in. nawonienie gazu umożliwiała wykrycie niekontrolowanych wpływów gazu z sieci rozdzielczej, instalacji i urządzeń gazowych.

Wymagania dotyczące gazu ziemnego dostarczanego odbiorcom z sieci rozdzielczej podaje tablica 1 normy:

Tablica 1

Wielkość charakteryzująca jakość gazu	Jednostka	Wymagane wartości				
		podgrupa				grupa E
		L _m	L ₃	L ₄	L _w	
Intensywność zapachu	% (V/V)	1,5	1,5	1,3	1,2	1,0

- Norma PN-C-04751:2002 *Gaz ziemny – Ocena jakości*:

Załącznik B. Omówienie wielkości charakteryzujących jakość gazu ziemnego.

B.2. Skład chemiczny gazu:

Zawartość związków nawaniających gaz może być wskaźnikiem do oceny prawidłowości stopnia nawonienia, a więc jest wielkością istotną z punktu widzenia bezpieczeństwa użytkowania gazu.

B.3. Wielkości fizykochemiczne charakteryzujące jakość gazu:

Intensywność zapachu jest parametrem wskazującym, czy w wyniku dodania substancji o silnym i charakterystycznym zapachu uzyskano taki efekt nawonienia gazu, że możliwe jest wykrycie jego

obecności przy stężeniu w powietrzu znacznie niższym niż granica wybuchowości.

- Norma ZN-G-5001:2001 *Gazownictwo – Nawanianie paliw gazowych – Wymagania ogólne dotyczące nawaniania gazu ziemnego*:

pkt. 2: Zapach nawonionego gazu ziemnego powinien być wyraźnie wyczuwalny ($I = 2$) przez człowieka o przeciętnym powonieniu, gdy jego stężenie w mieszaninie z powietrzem będzie równe stężeniu alarmowemu, tj. osiągnie wartość odpowiadającą 1/5 (20%) dolnej granicy wybuchowości (0,2 DGW).

pkt. 9: Kontrolę nawonienia należy prowadzić poprzez:

- a) odorymetryczne badania intensywności zapachu mieszanin gazu z powietrzem (wykonywane zgodnie z postanowieniami ZN-G-5004:2001); badania te można zastąpić pomiarami stężenia środka nawaniającego w gazie, pod warunkiem, że dla rozprzodzanego gazu jest znana i udokumentowana korelacja między intensywnością zapachu gazu, a stężeniem środka nawaniającego¹⁾,
- b) badania intensywności zapachu gazu prowadzone u odbiorców gazu, zgodnie z opracowaną w tym celu procedurą,
- c) pomiary zużycia środka nawaniającego w instalacji nawaniania, obliczenie na ich podstawie dawki środka nawaniającego i sprawdzenie czy dawka ta spełnia wymagania niniejszej normy.

Wszystkie zalecenia prawne i wymogi normatywne są zgodne co do tego, że parametrem określającym jakość paliw gazowych jest intensywność zapachu. Zalecane jest wykonywanie pomiarów poziomu nawonienia gazów metodami odorymetrycznymi, które mogą zostać zastąpione pomiarami stężenia środka nawaniającego w gazie, pod warunkiem, że dla danego rodzaju gazu istnieje udokumentowana zależność pomiędzy intensywnością zapachu gazu, a zawartością w nim środka nawaniającego.

Właściwa i systematyczna kontrola procesu nawaniania gazu jest podstawowym warunkiem zapewnienia ciągłości procesu. Kontrola nawonienia paliw gazowych polega najczęściej na pomiarze stężenia środka nawaniającego w gazie, określeniu jego dawki wprowadzonej do gazu w instalacji nawaniania oraz spraw-

1) Korelacja ta nosi nazwę „krzywej zapachowej” i dla gazu grupy E została wyznaczona metodą statystyczną (ZN-G-5004:2001 – Załącznik B).

dzaniu wyczuwalności zapachu gazu ulatniającego się z aparatu gazowego u odbiorcy.

Pomiar instrumentalny stężenia nawaniacza w gazie wykonywany jest jako pomiar:

- potwierdzający jego odpowiednie stężenie w gazie,
- towarzyszący pomiarom intensywności I zapachu nawonionego paliwa gazowego; zwłaszcza, gdy utrudnione jest jednoznaczne określenie parametru I .

Pierwszy z nich ma na celu głównie kontrolę pracy urządzeń nawaniających, poprzez weryfikację dawki środka nawaniającego lub kontrolę składu paliwa gazowego w dowolnym punkcie sieci dystrybucyjnej gazu, w tym przede wszystkim kontrolę stężenia nawaniacza w gazie.

Z kolei drugi rodzaj pomiaru ma znaczenie wówczas, gdy zachodzi zjawisko wzmocnienia, tłumienia lub zmiany charakteru zapachu nawonionego paliwa gazowego, np. przez obecne w nim inne związki siarki.

Niezawodna i umożliwiająca otrzymanie wiarygodnych wyników analiza zawartości środków nawaniających w gazie jest trudnym zadaniem analitycznym. W przypadku pomiarów stężenia nawaniacza w gazie, wyniki charakteryzujące się możliwie najwyższym stopniem precyzji czy powtarzalności można uzyskać jedynie przy użyciu metod chromatograficznych. Metoda oznaczania związków za pomocą chromatografii gazowej (GC) polega bowiem na selektywnym oddzieleniu oznaczanego związku od innych składników analizowanej próbki gazu, na odpowiednio dobranej kolumnie chromatograficznej. Dostępność chromatografów gazowych pozwoliła na dokładne określenie składu próbki gazowej i oznaczanie ilościowe zawartości w niej środka nawaniającego, zawierającego w swoim składzie siarkę.

Znacznym uproszczeniem analizy związków siarki w gazie jest stosowanie w chromatografach gazowych detektorów selektywnych i specyficznych – jak detektor płomieniowo-jonizacyjny (FID), fotojonizacyjny (PID) czy masowy (MS), a szczególnie detektorów specyficznych dla związków siarki – jak detektor płomieniowo-fotometryczny (FPD).

Detektor FPD filtruje i mierzy światło emitowane podczas spalania próbki w płomieniu bogatym w wodór, a dzięki zastosowaniu określonej długości fali otrzymuje się specyficzną odpowiedź tylko dla związków zawierających w swym składzie siarkę i fosfor. Wadą detektora jest nieliniowa odpowiedź sygnału dla związków siarki.

Dla detektora FPD niezbędne do prawidłowej pracy są właściwe warunki płomienia. Spalanie poszczególnych składników próbki, dające emisję w strefie wykrywania, uwarunkowane jest właściwym przepływem gazu i odpowiednio dobraną średnicą dyszy palnika. Optymalna czułość i selektywność zależy także od odpowiednio dobranych natężeń przepływu gazów. Dodatkowo, odpowiedź detektora na siarkę maleje wraz ze wzrostem jego temperatury.

Udoskonaloną wersją detektora FPD jest detektor PFPD – pulsacyjny detektor płomieniowo-fotometryczny, pozwalający na oznaczenie stężenia związków siarki w gazie na poziomie *ppb*. Odnacza się on wyższą czułością od konwencjonalnego detektora FPD oraz trzykrotnie większą możliwością „dostrojenia” selektywności, czy też zwiększoną długoterminową stabilnością, w porównaniu do detektorów selektywnych siarki i fosforu.

Rezultatem reakcji w płomieniu detektora PFPD jest emisja światła przez poszczególne indywidualne cząsteczkowe, o charakterystycznej emisji widma i czasie tworzenia emisji. Różnice w czasach trwania emisji produktów emitujących, w połączeniu z przemieszczaniem i utrzymywaniem się płomienia, gwarantują ich dużą selektywność.

Charakterystykę detektorów stosowanych w analizach środków nawaniających, opartych na związkach siarki, umieszczono w tablicy 2.

Metoda GC z zastosowaniem detektora płomieniowo-fotometrycznego pozwala na oznaczanie poszczególnych związków siarki w gazie, w zakresie stężeń $0,1 \div 30 \text{ mg/m}^3$. Szerszym zakresem oznaczanych stężeń charakteryzuje się metoda chromatografii gazowej z detektorem elektrochemicznym (ED): $0,1 \div 100 \text{ mg/m}^3$.

Detektor ED jest często stosowanym detektorem w analizatorach chromatograficznych (zwłaszcza polowych), przeznaczonych do pomiaru stężenia środków nawaniających w gazie zawierających w swym składzie siarkę.

Detekcja elektrochemiczna polega na pomiarze prądu lub ładunku powstającego w elektrochemicznej reakcji utleniania-redukcji analitu na powierzchni elektrody pracującej detektora. Między elektrodą pracującą a pomocniczą wytwarza się prąd proporcjonalny do stężenia oznaczanego związku. Zmiany natężenia prądu rejestrowane są w postaci chromatogramu.

Podstawową wadą detektora ED jest stopniowy spadek czułości w czasie. Związane jest to z osadzaniem się trwałych produktów reakcji elektrochemicznej

Tablica 2. Charakterystyka detektorów GC [2]

Detektor	Czułość	Selektywność	Wykrywalność	Liniowość	Zastosowanie
TCD	5-20 ng	Wszystkie związki z wyjątkiem gazu nośnego	400 pg/ml (propan)	10^5 - 10^6	Uniwersalne
PID	25-50 pg (zw. aromatyczne)	Zależy od energii lampy	0,2 pg/s	10^3 - 10^6	Analizy środowiskowe, zanieczyszczenia powietrza
FPD	10-100 pg (S) 1-10 pg (P)	$> 10^5$ (S) $> 10^6$ (P)	< 20 pg (S/s) $< 0,9$ pg (P/s)	Nieliniowy (S) 10^1 - 10^5 (P)	Związki siarki (393 nm), związki fosforu (526 nm)
PFPD	10 pg S/s (sygnał/szum) S/N > 300 (pik/pomiar szumu)	$> 10^6$ S/c (S) $> 10^6$ (P)	< 1 pg S/s (S) < 100 fg P/s (P)	S: zależność kwadratowa (liniowa dla rzędów wielkości stężeń)	Związki siarki, związki fosforu

na powierzchni elektrody pracującej (zmniejszanie się dostępnej dla elektrolitu powierzchni elektrody). W wyniku tych przemian spada efektywność reakcji zachodzącej na elektrodzie.

Istnieje szereg urządzeń pomiarowych przystosowanych do pomiaru powszechnie stosowanego w krajowym systemie gazowniczym środka nawaniającego (THT), wykorzystujących metodę chromatografii GC, a różniących się głównie rodzajem stosowanego detektora. Są to z reguły laboratoryjne chromatografy gazowe wyposażone w wyżej opisane detektory. Rutynowe analizy chemiczne środków nawaniających metodami chromatograficznymi są praco- i czasochłonne, w związku z czym często nie ma technicznych możliwości wykonywania ich z właściwą częstotliwością. Pomocne w rutynowych pomiarach są wspomniane analizatory chromatograficzne.

Wart podkreślenia jest fakt, że o ile chromatograficzna metoda pomiaru jest metodą znaną i stosowaną w metodyce pomiarów analitycznych, to sama konkretna implementacja tego procesu w praktyce jest niezwykle trudna – wiąże się bowiem z koniecznością zastosowania sensora o bardzo dużej czułości, reagującego nawet na niewielkie wstrząsy, kilkustopniowe zmiany temperatury, obecność pyłów itp. Wielkość sygnału mierzy się w miliwoltach, a obróbka i filtracja cyfrowa sygnału naraża również wielu problemów technicznych. Wszelkie szумы pomiarowe oraz sygnały zewnętrzne wpływają istotnie i negatywnie na przebieg pomiarów.

Rynek analizatorów chromatograficznych przeznaczonych do pomiaru stężenia środków nawaniających w gazie i wykorzystujących metodę chromatografii gazowej jest dość ubogi. Mimo dużego postępu w technice wykonywania tego rodzaju pomiarów oraz dostępności różnego rodzaju urządzeń pomiarowych dla przemysłu

gazowniczego, nadal panuje luka w krajowym rynku analizatorów chromatograficznych (zwłaszcza procesowych i polowych) – służących zwłaszcza do pomiaru stężenia THT w gazie. Poszukiwane są analizatory odznaczające się jak największą dokładnością, czułością i wiarygodnością pomiarów oraz stabilnością pracy, a jednocześnie tanie i łatwe w użyciu.

Lukę na krajowym rynku chromatograficznych analizatorów środków nawaniających w gazie wypełnia analizator ANAT-M, zaprojektowany w oparciu o potrzeby krajowego systemu dystrybucji gazu. Powstał on we współpracy Instytutu Nafty i Gazu OT Warszawa oraz przedsiębiorstwa Biatel INFO-Automatyka.

Analizator ANAT-M – przeznaczony do kontroli nawonienia gazu ziemnego jako stacjonarne urządzenie kontrolno-pomiarowe, umieszczane w dowolnych punktach systemu dystrybucji gazu – przystosowany jest do przekazywania wyników pomiarów stężenia tetrahydrotiofenu, jak i parametrów pracy w systemie telemetrii; co umożliwia zdalną, bieżącą kontrolę poziomu nawonienia w gazie w okresie całodobowym. ANAT-M działa w oparciu o pomiar chromatograficzny stężenia środka nawaniającego w gazie, połączony z detekcją elektrochemiczną. Zasada pomiaru stężenia THT w gazie odpowiada wymogom norm PN-EN ISO 19739:2006 oraz ZN-G-5008:1999.

Analizator uzyskał potwierdzenie bezpieczeństwa użytkowania w zakresie elektrycznych urządzeń pomiarowych, automatyki i urządzeń laboratoryjnych, potwierdzone przez Polskie Centrum Badań i Certyfikacji S.A. sprawozdaniem z badań nr BE/886/2006. Dodatkowo poddany został badaniom zgodności z zasadniczymi wymaganiami dotyczącymi kompatybilności elektromagnetycznej (zgodnie z zaleceniami dyrektywy 89/336/EWG). Przeprowadzone testy dały



Rys. 1. Analizator ANAT-M

wynik pozytywny, stwierdzony przez Polskie Centrum Badań i Certyfikacji S.A. w opinii nr BE/628/2006.

ANAT-M dostosowany jest do pracy według standardów polskiej telemetrii. Urządzenie posiada nowoczesny układ elektroniki, systemy stabilizacji temperatur układów pomiarowych, dotykowy panel komunikacyjny, przyjazny użytkownikowi interfejs oraz nowoczesne oprogramowanie interpretacyjne.

Próbka gazu ziemnego, pobrana w pętli dozującej, przenoszona jest w strumieniu gazu nośnego na kolumnę chromatograficzną (gdzie następuje rozdział THT od innych składników paliwa gazowego), a następnie skierowana do detektora. Kolumna chromatograficzna odznacza się wysoce selektywnym wypełnieniem, umożliwiającym całkowity rozdział THT od innych składników analizowanej próbki gazowej. Gazem nośnym jest powietrze, tłoczone za pomocą pompki. Jako detektor stosuje się czujnik elektrochemiczny, selektywny dla związków siarki. Detektor nie reaguje na węglowodorowe składniki gazu.

Analizator jest urządzeniem w pełni automatycznym, nie wymagającym obsługi. Wszystkie czynności związane z analizą: pobór próbki gazu ziemnego, kalibracja gazem wzorcowym (przed każdym pomiarem) oraz pomiar właściwy – są sterowane wewnętrznym komputerem i wykonywane w cyklu automatycznym. Pobór próbek gazu do analizy z sieci gazowej odbywa się w systemie ciągłego płukania linii poboru próbki.

Analizy są wykonywane z zaprogramowaną częstotliwością pomiarów. Istnieje możliwość ustawienia dowolnego odstępu czasu pomiędzy pomiarami: od minimum 20 minut do 24 godzin. Po wykonaniu całego cyklu analizy, wynik pomiaru stężenia środka nawa-

niającego (THT) wyświetlany jest w postaci liczbowej [mg/m^3] i graficznej na wyświetlaczu, i zapisywany do pamięci urządzenia lub dostępny w postaci cyfrowej za pomocą protokołu GAZ-MODEM-2, w opracowanym dla potrzeb urządzenia oprogramowaniu oraz w postaci analogowej na wyjściu prądowym 4-20 mA. Oprogramowanie analizatora ułatwia prostą i intuicyjną jego obsługę.

Dane pomiarowe, przy użyciu dostępnych układów telemetrii i transmisji danych na obiekcie, mogą być przekazywane do centrów dyspozytorskich i integrowane z istniejącymi systemami telemetrycznymi (np. z systemem TelWin).

Archiwum pomiarów jest tworzone w sposób automatyczny w wewnętrznej „nieulotnej” pamięci analizatora. Można tu wyróżnić obszar pamięci danych pomiarowych (1024 pomiary), pamięci danych diagnostycznych (w postaci krzywych chromatograficznych; 120 ostatnich pomiarów) i zdarzeń (do 128 zdarzeń). Możliwe jest przeglądanie tych danych bezpośrednio przy użyciu ekranu dotykowego.

Dodatkowo dane z wewnętrznej pamięci urządzenia mogą być zapisane na kartę SD w postaci plików w systemie FAT. Format plików (*.csv) umożliwia bezpośredni import do większości arkuszy kalkulacyjnych. Dodatkowo, wraz z każdym kompletem danych zapisywany jest (w tym samym katalogu) skrypt interpretacyjny (JAVA script), umożliwiający graficzne obrazowanie danych pomiarowych. Na karcie SD można naturalnie tworzyć archiwum dokonywanych przez urządzenie pomiarów.

Na potrzeby telemetrii dane udostępniane są przez interfejs RS-232 w protokole GAZ-MODEM-2. Do celów diagnostycznych zrealizowano odczyt danych archiwalnych, zapisanych w odstępach 1-sekundowych (dane diagnostyczne w postaci krzywych chromatograficznych).

Konfiguracja parametrów pracy analizatora i ich zapis do nieulotnej pamięci (plik konfiguracyjny) jest możliwa w sposób bezpośredni (poprzez ich modyfikację za pomocą ekranu dotykowego) lub zdalnie – z wykorzystaniem protokołu GAZ-MODEM-2.

W celu zapewnienia bezpieczeństwa i wiarygodności pomiarów analizator ma zaprogramowane stany alarmowe, wykrywane przez wewnętrzny komputer. Rozbudowana autodiagnostyka pracy analizatora umożliwia natychmiastową programową reakcję na stany alarmowe i awaryjne urządzenia. Tworzone są wówczas wpisy do pamięci zdarzeń. Automatyczna reakcja

na stany alarmowe polega na próbach odtworzenia poprawnego trybu pracy analizatora. W przypadku alarmów krytycznych proces pomiarowy jest zatrzymywany, co sygnalizowane jest odpowiednim wpisem do pamięci zdarzeń.

Program diagnostyczny analizatora ANAT-M na komputer klasy PC umożliwia sprawdzenie poprawności jego pracy, w tym: odczyt danych bieżących, konfigurację parametrów pracy analizatora z poziomu komputera i odczyt danych archiwalnych.

Konstrukcja analizatora oparta jest na podzespołach przeznaczonych do pracy w przemysłowym zakresie temperatur, tj. od -40°C do $+85^{\circ}\text{C}$. Dzięki zastosowaniu precyzyjnych układów analogowych ANAT-M odznacza się dużą dokładnością pomiarów, a użycie wydajnego mikrokontrolera zapewnia pełną bezbłądowość urządzenia. W skład analizatora wchodzi następujące bloki funkcjonalne:

- część analogowa,
- część cyfrowa,
- moduł interfejsów,
- sterownik procesu pomiarowego,
- zasilacz,
- część pneumatyczna.

Całość zamknięta jest w obudowie o klasie szczelności IP40.

Analizator ANAT-M odznacza się szerokim zakresem pomiarowym: od 5 do 100 mg/m^3 , dokładnością

pomiarów porównywalną ze stacjonarnymi chromatografami laboratoryjnymi ($\pm 7\%$) oraz możliwością pracy w ujemnych temperaturach. Parametry pracy urządzenia zostały dostosowane do ciągłej pracy w warunkach procesowych, a więc przez 8700 godzin w roku.

Tablica 3. Dane techniczne analizatora ANAT-M

Parametr	Wartość
Zakres pomiarowy	$5\text{--}100\text{ mg/m}^3$
Temperatura pracy (bez ekranu)	$-20^{\circ}\text{C}; 70^{\circ}\text{C}$ $-40^{\circ}\text{C}; 85^{\circ}\text{C}$
Czas pomiaru (pełny cykl pomiarowy)	15 minut
Częstotliwość pomiarów	20 min./24 godz.
Dokładność	$\pm 7\%$
Precyzja	$2,8\%$ ($n = 6$)
Powtarzalność pomiarów	$24,1 \pm 1,0$ ($n = 30$) $24,1 \pm 1,5$ ($n = 6$)
Selektywność	100% (wyłącznie dla THT)
Zasilanie	230 V
Ciężar	$\sim 12\text{ kg}$
Wymiary	$38 \times 26 \times 32\text{ cm}$
Maksymalny pobór mocy (w stanie pracy)	80 W

n – liczba pomiarów,

$n = 6$ – średnia dobową, przy pomiarach wykonywanych co 6 godzin.

Doświadczenia eksploatacyjne potwierdziły wysoką sprawność i niezawodność analizatora ANAT-M, jak również prawidłowość działania i wiarygodność jego wskazań w warunkach obiektowych.

Literatura

- [1] PN-EN ISO 19739:2006 (U) *Gaz ziemny. Oznaczanie związków siarki metodą chromatografii gazowej.*
- [2] Westmoreland D.G., Rhodes G.R.: *Detectors for gas chromatography.* Pure & Appl. Chem. 61, p. 1147-1160, 1989.
- [3] ZN-G-5008:1999 *Gazownictwo. Nawanianie paliw gazowych. Metody oznaczania zawartości tetrahydrotiofenu (THT).*
- [4] ZN-G-5001:2001 *Gazownictwo. Nawanianie paliw gazowych. Wymagania ogólne dotyczące nawaniania gazu ziemnego.*
- [5] ZN-G-5002:2001 *Gazownictwo. Nawanianie paliw gazowych. Wymagania dotyczące postępowania ze środkami nawaniającymi oraz ich przechowywania i transportu.*
- [6] ZN-G-5003:2001 *Gazownictwo. Nawanianie paliw gazowych. Instalacje do nawaniania gazu ziemnego.*
- [7] ZN-G-5004:2001 *Gazownictwo. Nawanianie paliw gazowych. Kontrola nawonienia gazu ziemnego metodami odorymetrycznymi.*

Recenzent: doc. dr inż. Andrzej Froński



Dr Anna HUSZAŁ – adiunkt, doktor nauk chemicznych, pracownik naukowo-badawczy Instytutu Nafty i Gazu. Studia magisterskie i doktorskie o specjalności chemia organiczna ukończyła na Wydziale Chemii Uniwersytetu Warszawskiego. Specjalizuje się w zagadnieniach dotyczących problematyki nawaniania paliw gazowych.