

Bogusław Haduch

Instytut Nafty i Gazu, Kraków

Bezpieczeństwo badań jakości LPG w laboratorium

W artykule przedstawiono ideę hermetyzacji procesu odparowania LPG przy oznaczaniu pozostałości olejowej oraz zbierania odpadowego LPG z butli i bomb dwuzaworowych. Rozwiązanie powyższe, mające na celu poprawę bezpieczeństwa pracy przy badaniach LPG, wykorzystano przy organizowaniu laboratorium gazowego w Pionie Technologii Nafty INiG dla potrzeb monitoringu LPG, w ramach projektu „*Utworzenie laboratorium gazowego ITN dla potrzeb monitoringu LPG*”. Projekt zrealizowano przy pomocy finansowej UE ze środków EFRR, według umowy dofinansowania nr WKP-I/I.4.2/2005/76/156/437/2007/U.

The safety improvement in LPG quality laboratory tests by the hermetically sealed processes

The conception of hermetic sealing during the oil residue test of LPG and removing waste LPG from gas cylinders and two-valve bombs was applied with LPG laboratory organization for needs of LPG quality monitoring. This project was financed by UE, contract nr WKP-I/I.4.2/2005/76/156/437/2007/U.

Wstęp

Pion Technologii Nafty (wcześniej Instytut Technologii Nafty) Instytutu Nafty i Gazu od wielu lat prowadzi badania jakości LPG i posiada w tym zakresie duże doświadczenie. W ostatnich latach, w związku z istniejącą społeczną potrzebą użytkowników pojazdów napędzanych LPG, wydane zostały akty prawne regulujące jakość LPG stosowanego jako paliwo silnikowe, oraz określające sposób jego kontrolowania i wymagane metody badań analitycznych. W przypadku badania jakości LPG, dla wykonujących oznaczenie najważniejszą kwestią jest zapewnienie odpowiednich warunków BHP i p.poż. podczas wykonywania badań. Z tych względów pomieszczenia, w których wykonuje się badania powinny być wydzielone tak, aby nie stwarzały zagrożenia dla pracowników i budynków w razie wybuchu lub pożaru. W ITN zorganizowano takie laboratorium. Terytorialne wydzielenie laboratorium gazowego obejmowało także jego urządzenie,

aby w bezpiecznych warunkach można było wykonywać oznaczenia właściwości, przy których występuje potencjalnie najwyższa emisja LPG. Wyposażenie laboratorium umożliwilo także bezpieczne usuwanie pozostałości po badaniach.

Koncepcja laboratorium została pomyślana w taki sposób aby zminimalizować emisję LPG do otoczenia i zautomatyzować badania – w stopniu umożliwiającym jednej osobie wykonanie większości badań przewidzianych odnośnymi rozporządzeniami Administracji Państwowej (poza oznaczeniem zawartości siarki i analizą chromatograficzną – wykonywanych w innych pracowniach Zakładu Analiz Naftowych INiG). Projekt „*Utworzenie laboratorium gazowego ITN dla potrzeb monitoringu LPG*” zrealizowano przy pomocy finansowej UE ze środków EFRR, według umowy dofinansowania nr WKP-I/I.4.2/2005/76/156/437/2007/U.

Wybrane właściwości LPG i zagrożenia wynikające z jego emisji do otoczenia [2, 3, 4]

Mieszanina gazów propan-butan jest bezbarwna, bezzapachowa, nietoksyczna, skrajnie łatwopalna (temperatura zapłonu z powietrzem od minus 95°C do minus 60°C) i wybuchowa w mieszaninie z powietrzem (granice wybuchowości mieszaniny gazów z powietrzem wynoszą od 1,5 do 13,5% (V/V).

Mieszanina gazów propan-butan jest cięższa od powietrza, wskutek czego może przez długi czas zalegać

w zagłębieniach terenu lub źle przewietrzanych pomieszczeniach.

Skroplona mieszanina propan-butan magazynowana w zbiorniku zamkniętym, wytwarza w nim nadciśnienie, zależne od prężności par, składu chemicznego i temperatury mieszaniny. Nadciśnienie to nie zależy od ilości fazy ciekłej gazu w przestrzeni uwięzionej (przy napełnieniu zbiornika do 80% jego pojemności).

Rozprężeniu LPG (naturalnemu odparowaniu) towarzyszy 260-krotny wzrost objętości w porównaniu do postaci skroplonej.

Mieszanina gazów propan-butan i jej pary mają bezpośredni, szkodliwy wpływ na organizm człowieka. Przy dłuższym przebywaniu w atmosferze stężonych par występuje wyraźne porażenie ośrodków nerwowych, zaburzenia mowy i połykania, a w końcu utrata przytomności. Mieszanina wykazuje właściwości narkotyczne, które mogą powodować powikłania neurologiczne, kardiologiczne, oddechowe lub ogólnoustrojowe. Skutkiem zatrucia mogą być ostre lub przewlekłe uszkodzenia narządów, w tym zapalenie nerwów, upośledzenie umysłowe itp. Niektóre osoby mogą być szczególnie wrażliwe na wystąpienie tego typu zagrożeń.

Ze względu na charakter substancji, podczas pracy z próbkami LPG istnieją następujące zagrożenia:

- zagrożenie wystąpienia wybuchu, od elektryczności statycznej i/lub iskry pochodzenia mechanicznego,
- zagrożenie zatruciem wydzielającymi się parami,
- zagrożenie uduszeniem w wyniku braku wystarczającej ilości tlenu w atmosferze, w miejscu pracy,
- zanieczyszczenie środowiska naturalnego ww. mieszaniną gazów. Podczas pełnej analizy LPG na zgodność ze specyfikacją zużywa się około 2 kg LPG, co jest ilością niebagatelną.

Koncepcja hermetyzacji procesu odparowania LPG

Zgodnie z zapisami zawartymi w normach PN-EN ISO 13757:1999 i PN-EN 15471:2008, zadana ilość LPG jest odparowywana w otwartej zlewce lub kolbie (zgodnie z PN-EN 15470:2008) w otoczeniu powietrza. Podczas jednokrotnego (bez powtórzeń) oznaczania pozostałości po odparowaniu zużywane są następujące ilości LPG:

- oznaczenie zgodnie z PN-EN ISO 13757:1999 od 0,8 do 1,2 kg,
- oznaczenie zgodnie z PN-EN 15471:2008 ok. 0,25 kg,
- oznaczenie zgodnie z PN-EN 15470:2008 ok. 0,05 kg.

Do wskazanych ilości dochodzi ilość LPG zużytego na płukanie tzw. linii zasilających i aparatu.

Przez cały czas odparowywania skroplonej mieszaniny propanu-butanu istnieje niebezpieczeństwo zapłonu mieszanki paliwowo-powietrznej. Nie ma też możliwości kontroli rozprzestrzeniania się i rozpraszania par LPG. Ze względu na usytuowanie budynków Instytutu (INiG Pion Technologii Nafty), przy niesprzyjających warunkach istnieje możliwość gromadzenia się par LPG w kanalizacji lub piwnicach budynków.

Możliwość wystąpienia powyższych zagrożeń rośnie ze wzrostem ilości próbek, np. przy realizacji badań prowadzonych w ramach monitoringu jakości LPG. Nie do przecenienia jest też ochrona środowiska naturalnego przed niekontrolowaną emisją szkodliwej mieszaniny gazów.

Aby przeciwdziałać pojawiającym się zagrożeniom wynikającym z prac z parami LPG należy:

- stosować hermetyzację procesów, w których następuje wydzielanie się par LPG,
- stosować „poduszkę gazową” z gazów obojętnych wewnątrz aparatury, w celu niedopuszczenia do wystąpienia niebezpiecznych stężeń gazu wewnątrz aparatury w różnych etapach procesu lub w przypadku powstania nieszczelności,
- ograniczać możliwości powstawania źródeł zapłonów (elektryczność statyczna, urządzenia elektryczne w wykonaniu przeciwwybuchowym, źródła ciepła nierozgrzewające się do temperatur powodujących zapłon mieszanin gazowych),
- nie dopuszczać do koncentracji par gazów w miejscu pracy, poprzez stosowanie intensywnej wentylacji ogólnej i miejscowej (dygestoria i wentylatory w wykonaniu przeciwwybuchowym),
- stosować ciągle monitorowanie poziomu par LPG w otoczeniu miejsca pracy.

Przez cały czas odparowywania czy emisji do otoczenia mieszaniny propanu-butanu istnieje realne zagrożenie zatruciem parami LPG dla obsługi wykonującej oznaczenie.

Zastosowanie dygestorium przy dużej ilości próbek nie rozwiązuje w sposób wystarczający problemu bezpieczeństwa pożarowego i wybuchowego, a znacznie lepszym rozwiązaniem wydaje się hermetyzacja procesu odparowywania mieszaniny propanu-butanu. Ten sam problem występuje przy usuwaniu pozostałości LPG po badaniach, jak również przy czyszczeniu (myciu) próbobieralników.

Zalety hermetyzacji procesu odparowania i przetaczania skroplonej mieszaniny propanu-butanu to:

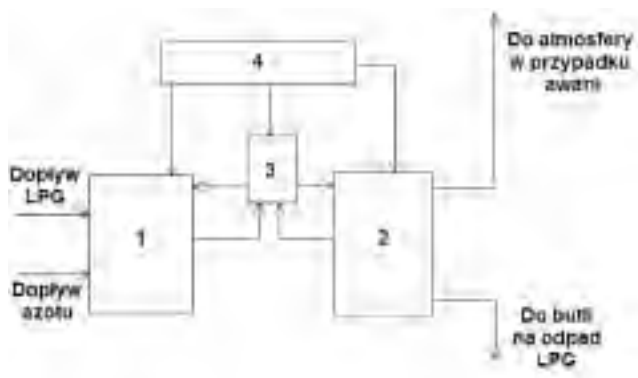
- ochrona miejsca pracy pracownika przed szkodliwymi parami,
- możliwość kontroli rozchodzenia się chmury par propanu-butanu,
- możliwość skierowania par w wyznaczone miejsce lub ich rozproszenia,

- możliwość kontroli stosunku paliwo-utleniacz i niedopuszczenie do możliwości powstawania mieszanin wybuchowych,
- możliwość częściowego lub całkowitego ograniczenia

- emisji par propanu-butanu do atmosfery,
- uniezależnienie bezpieczeństwa osób nadzorujących proces odparowywania skroplonego propanu-butanu od warunków atmosferycznych.

Opis stanowiska laboratoryjnego do oznaczania pozostałości olejowej w LPG, w warunkach hermetyzacji procesu odparowania LPG

Na rysunku 1 przedstawiono podstawowe elementy hermetycznego stanowiska do oznaczania pozostałości po odparowaniu LPG, zgodnie z PN-EN 15471.



Rys. 1. Schemat hermetycznego stanowiska do oznaczania pozostałości po odparowaniu LPG

W skład stanowiska wchodzi:

- 1) hermetyczny zbiornik (zbiorniki) do umieszczenia zlewki z ciekłym LPG; zbiornik ma możliwość odprowadzenia par LPG z wydajnością pozwalającą na utrzymanie stałego ciśnienia (zbliżonego do atmosferycznego) nad parującą cieczą,
- 2) urządzenie służące do odbioru par z hermetycznego zbiornika (zbiorników); posiadające taką wydajność, aby umożliwić osiągnięcie ciśnienia zbliżonego do atmosferycznego nad cieczą w zlewce,
- 3) zestaw zaworów i przewodów łączących wszystkie moduły w sposób zapewniający szczelność układu,
- 4) moduł sterujący pracą całości i zbierający dane o procesie, wraz z układem regulacji ciśnienia wewnątrz hermetycznych naczyń.

Ad. 1 i 3.

Dla celów projektu wykonano zespół czterech ciśnieniowych zbiorników połączonych wspólnym kolektorem, posiadającym zabezpieczenie przed mieszaniem się między sobą zawartości poszczególnych zbiorników. Układ posiada zabezpieczenie przed niekontrolowanym wzrostem ciśnienia wewnątrz układu (zawór bezpieczeństwa). Konstrukcja układu została tak dobrana, aby zapewnić

szczelność i wytrzymać ciśnienie par LPG w przypadku zaniku zasilania energią elektryczną silnika napędzającego kompresor.

Ad. 2.

Odbiór par z hermetycznego zbiornika (zbiorników) zapewnia zespół sprężarkowy firmy Corken, model 91.

Ad. 4.

Układ regulacji ciśnienia wewnątrz hermetycznych naczyń. Zadaniem układu jest utrzymanie, w warunkach hermetyzacji procesu, ciśnienia równego atmosferycznemu, nad parującym, skroplonym LPG. Uzyskuje się to przez płynną regulację obrotów silnika napędzającego kompresor przepompowujący pary LPG. Pary LPG odbierane z parującego skroplonego LPG są sprężane na wyjściu kompresora, a następnie w chłodnicy przechodzą ponownie w stan ciekły i włączane są do butli z ciekłym LPG (kompresor przez szczelne rurociągi przepompowuje pary LPG z hermetycznego naczynia, w którym umieszczono zlewkę, do butli z odpadowym LPG). Regulację ciśnienia (utrzymanie ciśnienia atmosferycznego wewnątrz hermetycznego naczynia, w którym umieszczono zlewkę z LPG) zrealizowano przy pomocy czujnika ciśnienia, zamontowanego na tym naczyniu i układu sterownika PID połączonego z falownikiem, regulującym obroty silnika napędzającego kompresor przepompowujący pary z próbek LPG. Układ reaguje proporcjonalnym wzrostem/spadkiem obrotów wału kompresora na wzrost/spadek ciśnienia w naczyniu hermetycznym, dążąc do utrzymania zadanego na stałe ciśnienia – równego ciśnieniu atmosferycznemu.

Układ monitorujący (zbierający dane o procesie) utworzono na bazie sterownika GE Fanuc serii Versa Max Micro, oprogramowania Wonderware In Touch, komputera przenośnego, czujników ciśnienia, czujników LPG DEX i enkodera Eex. Łączność pomiędzy kontrolerem i laptopem zrealizowano z udziałem dwóch radiomodemów 1870 firmy Satel. Układ odcina zasilanie silnika napędzającego kompresor w przypadku wystąpienia nieszczelności w układzie kolektora. Układ ten jest nie-

zależny od układu sterującego, posiada osobne zasilanie, a ze względu na zastosowaną łączność i oprogramowanie jest łatwy w rozbudowie i/lub rekonfiguracji. Jego moduły

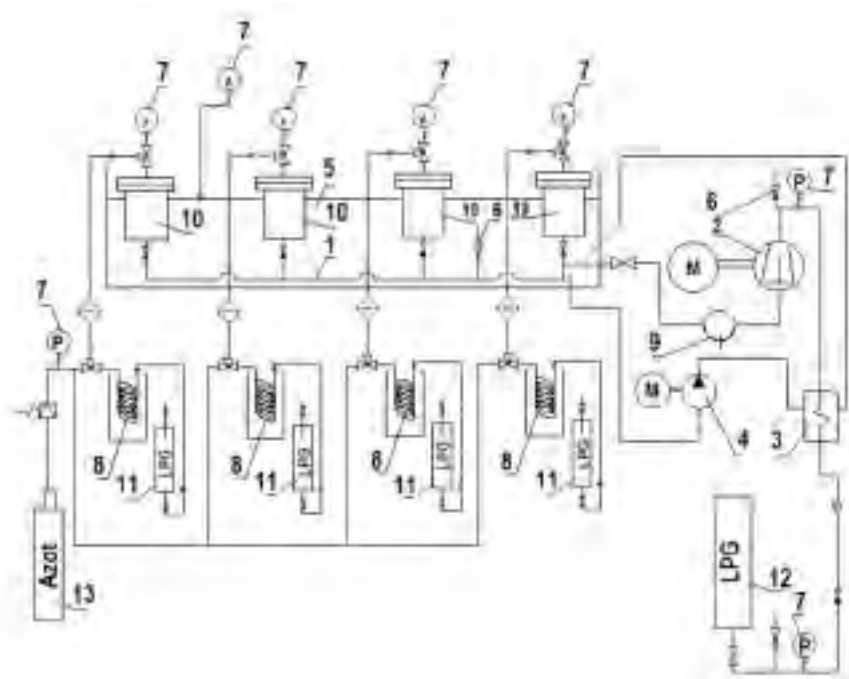
mogą być rozbudowane i niewielkim nakładem kosztów mogą służyć do badania zjawisk towarzyszących przechowywaniu LPG w warunkach rzeczywistych.

Zabezpieczenie przed awariami elementów urządzenia

Na czas pomiarów (odparowania próbek) elementy kolektora wraz z hermetycznymi zbiornikami umieszczone są w wodzie. W przypadku wystąpienia nieszczelności w układzie kolektora zbierającego pary LPG – z jednoczesnym wystąpieniem awarii układu sterującego obrotami wału kompresora – może nastąpić zassanie wody do separatora cieczy, połączonego z kompresorem. W chwili zassania wody następuje obniżenie jej poziomu

w wannie mieszczącej kolektor, co z kolei wykrywane jest przez czujnik poziomu wody w wannie. Obniżenie się poziomu wody do stanu krytycznego powoduje wyłączenie kompresora i włączenie alarmu – informującego o nieszczelności w układzie kolektora zbierającego pary LPG.

Na rysunku 2 przedstawiono schemat stanowiska do oznaczania pozostałości olejowej w LPG.

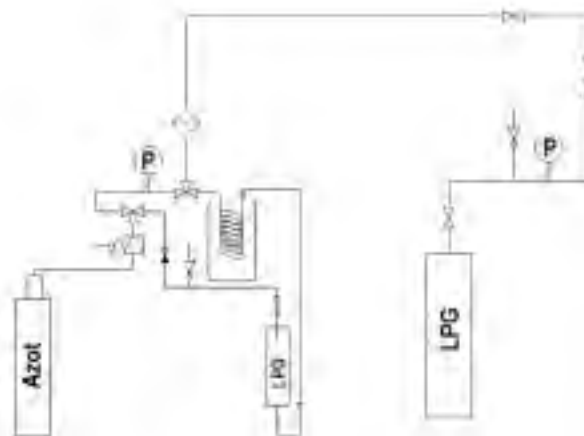


Rys. 2. Schemat stanowiska do oznaczania pozostałości olejowej w LPG

- 1 – kolektor do zbierania oparów LPG,
- 2 – kompresor oparów LPG,
- 3 – chłodnica sprężonego LPG,
- 4 – pompa obiegowa chłodziwa,
- 5 – wanna z wodą, zabezpieczająca układ kolektora przed zassaniem powietrza,
- 6 – urządzenia zabezpieczające układ kolektora przed nadmiernym wzrostem ciśnienia,
- 7 – czujniki ciśnienia, manometry mechaniczne i elektroniczne,
- 8 – chłodnice ciekłego LPG dopływającego do parowników (naczyń ciśnieniowych),
- 9 – rozdzielacz fazy ciekłej i gazowej,
- 10 – hermetyczne zbiorniki do umieszczenia zlewk z ciekłym LPG,
- 11 – dwuzaworowa butla z próbką LPG,
- 12 – butla z odpadowym LPG,
- 13 – butla ze sprężonym azotem.

Dodatkowe funkcje układu

Możliwe jest również wykorzystanie części układu do opróżniania butli i bomb dwuzaworowych z resztek skroplonego LPG pozostałego po badaniach. Na rysunku 3 przedstawiono konfigurację połączeń układu w takim procesie.



Rys. 3. Konfiguracja połączeń układu przy opróżnianiu butli i bomb dwuzaworowych z resztek skroplonego LPG pozostałego po badaniach

Podsumowanie

Zastosowanie hermetyzacji procesów pozwoliło wyeliminować zagrożenia wynikające z niekontrolowanego wypływu do otoczenia par LPG. Efektem tego było stworzenie bezpiecznych warunków pracy dla personelu

wykonującego badania właściwości LPG. Zmniejszono znacznie emisję LPG do otoczenia, co w przypadku obróbki dużej ilości próbek ma istotne znaczenie ekologiczne.

Recenzent: doc. dr Michał Krasodomski


Literatura

- [1] Dyrektywa 97/23/We Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 29 maja 1997 r. w sprawie zbliżenia ustawodawstw Państw Członkowskich, dotyczących urządzeń ciśnieniowych.
- [2] *Karta charakterystyki niebezpiecznego preparatu propan-butan-LPG*. BP Polska Sp. z o.o.
- [3] *Karta charakterystyki preparatu niebezpiecznego mieszanina B*. PKN Orlen S.A.
- [4] *Propan techniczny. Karta charakterystyki preparatu niebezpiecznego*. Shell Gas Polska Sp. z o.o.
- [5] WUDT/UC/2003 *Urządzenia ciśnieniowe*. Warszawa, wyd. II, styczeń 2005.

Mgr inż. Bogusław HADUCH – starszy specjalista badawczo-techniczny, kierownik Biura Kontroli w Pionie Technologii Nafty INiG. Zajmuje się m.in. tematyką związaną z technologią produkcji paliw, ich jakością, bezpieczeństwem użytkowania i technologią produkcji, a także wykrywaniem metod i technologii fałszowania ciekłych paliw silnikowych.

ZAKŁAD NORMALIZACJI

- prowadzenie Sekretariatu Komitetu Technicznego nr 222 ds. Przetworów Naftowych i Cieczy Eksploatacyjnych oraz Podkomitetów: ds. Paliw Płynnych i ds. Asfaltów – zakres działania obejmuje: harmonizację Polskich Norm (PN) z zakresem wymagań i metod badań paliw silnikowych (benzyn silnikowych, olejów napędowych i smarowych, asfaltów, LPG) z normami europejskimi (EN) oraz związanymi z nimi normami międzynarodowymi (ISO);
- opracowywanie Polskich Norm własnych z zakresu KT 222;
- opracowywanie i prowadzenie rejestru i zbioru aktualnych Warunków Technicznych oraz norm zakładowych.



Kierownik: mgr inż. Zofia Błaszkiewicz
Adres: ul. Łukasiewicza 1, 31-429 Kraków
Telefon: 12 617-76-76
Faks: 12 617-75-22
E-mail: zofia.blaszkiewicz@inig.pl