

Nawanianie gazu – aspekty prawne oraz techniczno-eksploatacyjne

Gas odorization – lawful and technical and operational aspects

Andrzej Barczyński, Paweł Barczyński^{*)}

Słowa kluczowe: Nawanianie gazu, odorant, gaz ziemny

Streszczenie

W artykule podano obowiązujące akty normatywne dotyczące nawaniania gazu, określając odpowiedzialność operatorów systemu gazowniczego za proces odoryzacji oraz warunki, kiedy gaz powinien być nawoniony. Przedstawiono wymagania stawiane środkom nawaniającym, oraz czynniki wpływające na stopień nawonienia paliwa gazowego w sieci gazowej. Podano zalecenia dla operatora sieci dystrybucyjnej, dotyczące minimalnego stężenia środka nawaniającego, w zależności od rodzaju gazu ziemnego oraz doboru miejsca pomiaru odoranta, aby pomiar był wiarygodny. Wnioski powinny być przydatne dla projektantów i użytkowników instalacji do nawaniania gazu.

Key words: Gas odorization, odorant, natural gas

Abstract

The article provides applicable normative acts regarding gas odorization, specifying the responsibility of gas system operators for the odorization process and the conditions when gas should be odorized. The requirements for odorizing agents, their distribution, properties, transport method and factors affecting the degree of gas odorization in the gas network were presented.

Recommendations are given for the distribution network operator regarding the minimum concentration of the odorant depending on the type of natural gas and the selection of the odorant measurement site so that the measurement is reliable. The applications should be useful for users and designers of gas odorizing installations.

1. Uwagi wstępne

Celem nawaniania gazu jest zapewnienie odpowiedniego poziomu nawonienia, umożliwiającego szybkie wykrycie wycieków gazu z nieszczelności, zlokalizowanych zarówno w obrębie sieci dystrybucyjnej, jak i instalacji gazowej, aby w porę ostrzec odbiorcę gazu przed ewentualnym zagrożeniem, związanym z bezpieczeństwem publicznym (wybuchem gazu). W przeciwieństwie do gazu miejskiego łatwo rozpoznawalnego, dzięki jego charakterystycznemu zapachowi, gaz ziemny jest bezwonny. Wprawdzie gaz ziemny nie jest trujący, jednakże jest gazem palnym, a wymieszany w odpowiednim stosunku z powietrzem (około 5-15% objętości gazu ziemnego), stanowi mieszaninę wybuchową. Dlatego też w celu zapobieżenia ewentualnej eksplozji, należy go nawonić (nadać mu zapach), aby gaz był wyczuwalny w powietrzu już przy stosunkowo niskim stężeniu. O jakości nawaniacza decyduje: intensywność i rozpoznawalność zapachu, jego skład chemiczny, lotność (charakteryzowana przez temperaturę wrzenia i prężność par), czystość chemiczna, temperatura krzepnięcia, sposób przechowywania i – w nie mniejszym stopniu – także toksyczność. Dawka nawaniacza powinna być taka, aby gaz wydzielający się z nieszczelnej instalacji lub urządzenia był wyczuwalny nawet przez osoby ze słabo rozwiniętym zmysłem powonienia.

W Polsce problem nawaniania paliw gazowych do użytku komunalnego na szeroką skalę pojawił się w latach 70. XX wieku, z chwilą przestawienia dużych aglomeracji miejskich na zasilanie gazem ziemnym. Z danych literaturowych wiadomo, że proces nawaniania gazu nie jest nowym zagadnieniem, ponieważ już w 1880 r. na dorocznym zjeździe gazowników opublikowano materiał informujący, że w Wiesbaden nawania się gaz wodny dostarczany do gospodarstw domowych za pomocą merkaptanu.

Ogólnie instalacje do nawaniania gazu ziemnego, ze względu na miejsce dozowania, można podzielić na:

- systemy lokalnego nawaniania,
- systemy centralnego nawaniania gazu.

Nawanialnie typu lokalnego (rys. 1) cechuje bardzo prosta budowa, gdyż odorant wprowadzany jest tuż za stacją redukcjonopomiarową I stopnia na średnim ciśnieniu. Dużą zaletą tego typu rozwiązania jest możliwość dostawy czystego paliwa gazowego do dużych odbiorców, u których wykorzystywany jest on do celów procesowych.

Nawanialnie typu centralnego, w stosunku do lokalnego, charakteryzują się mniejszymi kosztami eksploatacyjnymi, jednakże ich budowa oraz wykonanie nie jest już tak proste jak w przypadku nawanialni na średnim ciśnieniu. Dodatkową wadą tego typu rozwiązania jest obniżenie stopnia koncentracji odoranta, w miarę oddalania

^{*)} dr hab. inż. Andrzej Barczyński – Emerytowany pracownik GK PGNiG, obecnie nauczyciel akademicki oraz prowadzi firmę doradczą-szkoleniową. mail: Andrzej.barczynski@hotmail.com

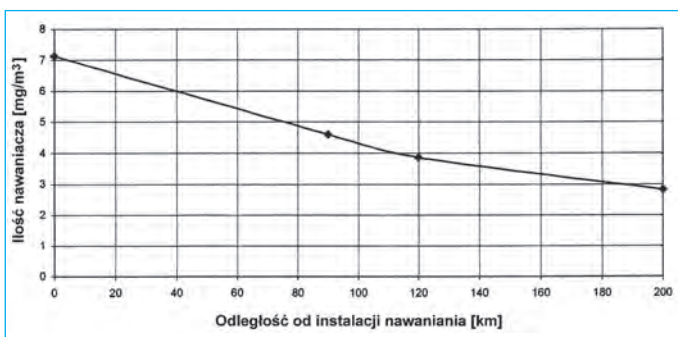
mgr inż. Paweł Barczyński – Dyrektor ds. Technicznych w firmie ROMGOS Sp. z o.o. ENGINEERING Sp. K. oraz prowadzi firmę doradczą-projektową,



Rys. 1. Przykładowa lokalizacja nawianialni (przy ścianie obudowy stacji redukcyjnej) [3]

Fig. 1. An example of an odorization plant location (at the wall of the reduction station housing) [3]

się od miejsca nawaniania. Zgodnie z praktyką centralne urządzenia nawaniające stosuje się na gazociągach wysokiego ciśnienia do 100 km [4], co przedstawiono na wykresie (rys. 2). Jako przyczynę tego zjawiska [5] tłumaczy się absorpcją odoranta przez powierzchnię ścianki rury, przy czym dla rur polietylenowych zachodzi zjawisko adsorpcji fizycznej (na skutek działania sił międzycząsteczkowego – sił van der Waalsa), natomiast dla rur stalowych mamy do czynienia zarówno adsorpcję fizyczną i chemiczną (W procesie adsorpcji chemicznej lub chemisorpcji cząsteczki lub atomy łączą się z powierzchnią, tworząc wiązania chemiczne, najczęściej kowalencyjne).



Rys. 2. Zmiana stopnia nawaniania w miarę oddalania się od źródła instalacji [4]

Fig. 2. Change in the degree of odorization as you move away from the source of the installation [4]

Nawanianie gazu ziemnego w niektórych przypadkach, zwłaszcza dla procesów technologicznych wykorzystywanych w przemyśle (np. produkcja nawozów sztucznych), jest niewskazane. Konieczne jest wówczas usunięcie nawianiacza z gazu lub obniżenie jego zawartości w gazie do „bezpiecznego” dla procesu technologicznego poziomu.

2. Aspekty prawne dotyczące nawaniania gazu

Operator systemu gazowego jest odpowiedzialny: „za prowadzenie ruchu sieciowego z zachowaniem wymaganej niezawodności dostarczenia paliw gazowych i ich jakości” [1].

Podstawowym aktem normatywnym zalecającym instalowanie urządzeń do nawaniania gazu jest Rozporządzenie Ministra Gospodarki z 2013 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać sieci gazowe [2].

Zagadnienie nawaniania reguluje § 57:

- „Urządzenie do nawaniania gazu ziemnego powinno zapewnić odpowiedni stopień jego nawonienia.
- W stacji redukcyjnej wprowadzenie do gazu ziemnego środków nawaniających powinno odbywać się na przewodach wyjściowych z tej stacji. W uzasadnionych przypadkach dopuszcza się wprowadzenie do gazu ziemnego środków nawaniających w innym miejscu.

W uzasadnionych przypadkach dopuszcza się wprowadzenie do gazu ziemnego środków nawaniających w innym miejscu.

- Urządzenia do nawaniania gazu ziemnego powinny być instalowane w wydzielonych pomieszczeniach.
- Zbiorniki ze środkiem nawaniającym gaz ziemny należy umieszczać nad powierzchnią terenu.
- Pod zbiornikami ze środkiem nawaniającym gaz ziemny należy umieścić ruchomą wannę o pojemności zapewniającej przejście całej ilości tego środka.
- Zbiorniki robocze ze środkiem nawaniającym należy wyposażyć w odpowiednie wskaźniki poziomu ich napelnienia oraz w dodatkowe przewody do upustu gazu ziemnego przez filtr wypełniony właściwym sorbentem. Wyloty z przewodów upustowych należy wyprowadzić na zewnątrz”

Natomiast w rozporządzeniu Ministra Gospodarki w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu gazowego z dnia 2 lipca 2010 r. [6,7], w § 38 stwierdza się, co następuje:

„Przedsiębiorstwa energetyczne zajmujące się dystrybucją paliw gazowych dostarczają paliwa gazowe z sieci dystrybucyjnej o ciśnieniu roboczym nie wyższym niż 0,5 MPa, spełniające parametry jakościowe w zakresie intensywności zapachu, który powinien być wyraźnie wyczuwalny, gdy stężenie gazu ziemnego w powietrzu osiągnie wartość:

- 1,0% (V/V) — dla gazu wysokometanowego grupy E,
- 1,2% (V/V) — dla gazu zaazotowanego podgrupy Lw,
- 1,3% (V/V) — dla gazu zaazotowanego podgrupy Ls,
- 1,5% (V/V) — dla gazu zaazotowanego podgrupy Ln i Lm.

Zasady odpowiedzialności za nawanianie nie zostały w sposób jednoznaczny określone w ustawie Prawo energetyczne [1].

Natomiast z normy PN-C-04752 [8] wynika, że odpowiedzialność za cały proces nawaniania gazu, począwszy od instalacji nawaniania a skończywszy na odbiorcy gazu, ponosi albo operator systemu przesyłowego, albo operator systemu dystrybucyjnego, w zależności od tego, kto eksploatuje instalację nawaniania gazu.

Dlatego obecnie wszystkie instalacje do nawaniania gazu, niezależnie od tego czyja jest własność stacji redukcyjnej, obsługiwane są przez operatora dystrybucyjnego, aby odpowiedzialność za ten proces była po stronie operatora mającego bezpośredni kontakt z odbiorcą. Dzięki temu uniknięto dualizmu kompetencyjnego i rozmycia odpowiedzialności obu operatorów, a tym samym obniżenia bezpieczeństwa publicznego oraz generowania dodatkowych kosztów związanych z eksploatacją instalacji nawaniania gazu (dwa laboratoria do pomiaru stopnia nawaniania, podwójna kontrola itp.)

Natomiast z przepisów polskich [6,7,9,10] wynika, że operator systemu przesyłowego nie jest zobowiązany do nawaniania gazu, natomiast operator systemu dystrybucyjnego powinien wprowadzać gaz do sieci rozdzielczej odpowiednio nawoniony. Ze względu na to, że operator dystrybucyjny może zasilać również odbiorców przemysłowych, którzy mogą nie życzyć sobie, ze względów technologicznych, gazu nawonionego, to należy wprowadzić odpowiednie zapisy w polskich przepisach.

3. Wymagania ogólne stawiane środkom nawaniającym

Odoranty stosowane do nawaniania paliw gazowych powinny mieć następujące własności [3]:

- intensywny, charakterystyczny i nieprzyjemny zapach, kojarzący się z faktem ulatniania się gazu,
- nie zakłócać przebiegu procesu spalania, a w trakcie spalania gazu powinny ulegać spalaniu, tracąc swoje właściwości zapachowe,
- nie wywierać szkodliwego wpływu na ludzi ani na środowisko naturalne,
- charakteryzować się dostateczną prężnością par (aby w warunkach transportu lub rozdziału gazu nie uległy kondensacji), niską

temperaturą krzepnięcia, ulegać całkowitemu odparowaniu (bez pozostawienia tzw. suchej pozostałości) oraz mieć wąski zakres temperatur wrzenia w urządzeniach działających na zasadzie odparowania,

- zapach nawionionego gazu ziemnego powinien być wyraźnie wyczuwalny (przez każdego człowieka o przeciętnym powonieniu i przeciętnej kondycji fizycznej, gdy jego stężenie w mieszaninie z powietrzem będzie równe stężeniu alarmowemu, tj. osiągnie wartość odpowiadającą 1/5 dolnej granicy wybuchowości [20% DGW]),
- aspekty ekonomiczne (akceptowalna cena).

Dotychczas nie opracowano takiego środka, który spełniałby wszystkie wymienione wymagania. Najdokładniej odwzorowującymi powyższe postulaty substancjami są alifatyczne lub cykliczne siarczki (tioeter), alifatyczne merkaptany (tiole) głównie drugo- i trzeciorzędowe. Obecnie stosowane odoranty stanowią kompromis pomiędzy właściwościami fizykochemicznymi a możliwościami technicznymi, z uwzględnieniem aspektu ekonomicznego.

W Polsce jako środek nawianający stosowany jest **tetrahydrotiofen (THT)**, z uwagi na swoje korzystne własności fizykochemiczne takie, jak np.: charakterystyczny zapach kojarzony przez większość populacji z gazem oraz relatywnie długi okres retencji w sieci gazowej.

4. Intensywność zapachu

Intensywność zapachu albo jego wyczuwalność uzależniona jest od liczby cząsteczek odoranta, wchodzących w kontakt z odpowiednimi receptorami węchowymi, a więc pośrednio od stężenia tego związku we wdychanym powietrzu. W praktyce stosuje się skalę intensywności zapachu opartą na prawie Webera-Fechnera, które stwierdza, że natężenie zapachu jest proporcjonalne do logarytmu stężenia odoranta w powietrzu [3]:

$$I = K \cdot \log(C) + K_1$$

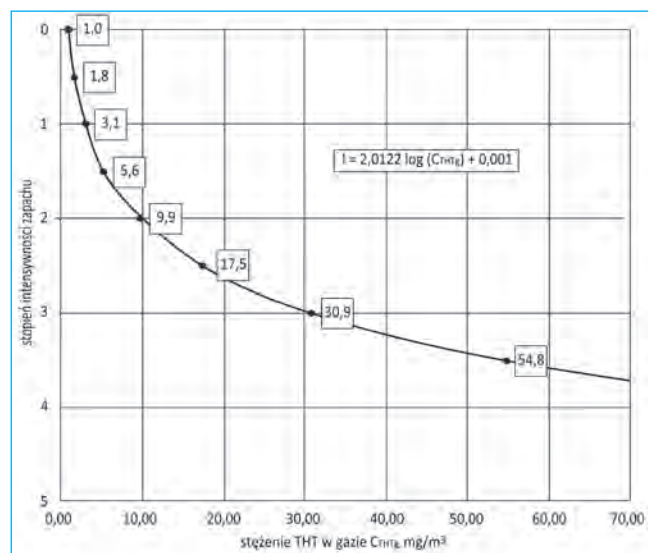
gdzie:

I – intensywność zapachu,

C – stężenie odoranta w powietrzu, [mg/m³] w warunkach normalnych,

K, K₁ – stałe charakterystyczne dla danych środków nawianających.

Natężenie zapachu jest wyrażone w skali logarytmicznej, co wynika z czułości ludzkiego zmysłu powonienia. Na rys. 3 przedstawiono graficznie wpływ stężenia THT na wartość współczynnika intensywności zapachu.



Rys. 3. Krzywa zapachowa dla gazu ziemnego [11]

Fig. 3. Odor curve for natural gas [3]

W organizmie ludzkim znajduje się ograniczona liczba receptorów węchowych i w przypadku zajęcia ich przez cząsteczki nawianacza mówimy o nasyceniu węchu (dalsze zwiększanie jego koncentracji w powietrzu nie jest już przez człowieka wyczuwalne). Dodatkowo duże znaczenie ma przyzwyczajenie do danego rodzaju zapachu, zgodnie z łacińską sentencją „*consuetudo altera natura est*”.

Jedną z najważniejszych właściwości zapachu jest brak addytywności przy mieszaniu różnych substancji. Mieszanie dwóch płynów, o niemalże identycznej intensywności zapachu, może charakteryzować się efektem ujemny (tłumienie zapachu) i wówczas mieszanina będzie się charakteryzować niższą intensywnością zapachu od zapachu każdego z jej składników. Oczywiście może także wystąpić sytuacja odwrotna, czyli efekt dodatni (wzmocnienie zapachu). Uwzględnienie tej cechy jest bardzo ważnym zagadnieniem przy aromatyzowaniu gazu mającego naturalną domieszkę związków siarki lub też przy mieszaniu gazów nawionionych różnymi środkami. W efekcie może się zdarzyć, że otrzymana mieszanina będzie cechowała się niedostateczną intensywnością albo zupełnie innym rodzajem zapachu.

Prawidłowe określenie stopnia intensywności zapachu może być zbadane jedynie za pomocą węchu człowieka, przy zastosowaniu odpowiednich metod statystycznych w grupach specjalnie wyszkolonych osób.

5. Określenie minimalnego stężenia środka nawianającego w gazie ziemnym

Minimalne stężenie środka nawianającego w gazie ziemnym ustalane jest w oparciu o stężenia środka nawianającego w mieszaninie gazu z powietrzem (K), wyrażonego w mg/m³, zapewniającej wyczuwalność zapachową w powietrzu przy stężeniu 20% DGW [11].

$$MS = \frac{100 K}{0,2 \cdot DGW}$$

gdzie:

MS – minimalne stężenie obliczeniowe,

K – stężenie środka nawianającego w powietrzu zapewniające ostrzegawczy poziom zapachu,

DGW – dolna granica wybuchowości.

Wartości DGW dla czterech typowych paliw rozprawdzanych siecią gazu ziemnego (grupy E, Lw i Ls) podano w tab. 1.

W celu wstępnego obliczenia minimalnego stężenia THT w gazie ziemnym należy przyjąć K = 0,0985 mg/m³.

Z powyższej zależności wynika, że minimalne stężenia środka nawianającego zależy od rodzaju gazu ziemnego. Dla gazów ziemnych podanych w tab. 2 minimalne stężenie (MS) wynosi odpowiednio:

- dla gazu ziemnego zaazotowanego grupy Ls – 7,56 mg/m³
 - dla gazu ziemnego zaazotowanego grupy Lw – 8,37 mg/m³
 - dla gazu ziemnego wysokometanowego E (średnio – 9,92 mg/m³):
- a) o zawartości CH₄ = 99,6% obj. – 10,03 mg/m³
 - b) o zawartości CH₄ = 93,8% obj. – 9,81 mg/m³

Z powyższego wynika, że jeżeli w sieci rozprawdzany jest gaz zaazotowany, to dawka środka nawianającego powinna być niższa niż w przypadku gazu ziemnego wysokometanowego, odpowiednio o około **15 %** dla gazu ziemnego grupy Lw oraz dla grupy Lw o około **24 %**.

Minimalną dawkę środka nawianającego dla gazu ziemnego grupy E oraz podgrup Lw, Lm należy ustalać w oparciu o weryfikowaną corocznie wartość minimalnego stężenia ostrzegawczego środka nawianającego w mieszaninie gazu z powietrzem. Dawka ta powinna być taka, aby stężenie środka nawianającego w gazie dostarczanym odbiorcom było nie mniejsze niż **półtorakrotna wartość minimalnego stężenia środka nawianającego** w gazie ziemnym. Dla przykładu wynosi ona około 15 mg/m³ gazu dla gazu grupy E. Dla zwiększenia bezpieczeństwa spółki dystrybucyjne/operatorzy sieci przesyłowej

Tab. 1. Dolna granica wybuchowości dla różnych gazów ziemnych [11]

Tab. 1. Lower explosion limit for various natural gases [11]

Składniki	DGW składnika % (V/V)	Gaz ziemny wysokometanowy (E)		Gaz ziemny zaazotowany (L)	
		0 max. zawartości CH ₄	0 min. zawartości CH ₄	Podgrupa Lw	Podgrupa Ls
		Procentowy udział składnika w mieszaninie			
CH ₄	4,90	99,600	93,800	82,125	71,413
C ₂ H ₆	3,00	0,100	1,020	0,235	1,013
C ₃ H ₈	2,10	0,015	0,360	0,008	0,158
Wyższe węglowodory	średnio 1,02	0,005	0,242	-	0,093
N ₂	-	0,190	3,470	16,919	26,875
CO ₂	-	0,075	1,090	0,592	0,302
O ₂	-	0,015	0,018	-	-
He	-	-	-	0,121	0,146
Składniki niepalne		0,280	4,578	17,632	27,323
DGW mieszaniny % (V/V)		4,910	5,020	5,880	6,510

nawaniają gaz latem na poziomie około 20 mg/m³, natomiast zimą dawka ta zwiększana jest do około 25 mg/m³ (dotyczy instalacji do nawaniania gazu działających na zasadzie bezpośredniego wprowadzania środka nawaniającego do gazociągu).

6. Rodzaje instalacji do nawaniania gazu

Zgodnie z definicją instalacje do nawaniania gazu ziemnego (w skrócie: nawanianie gazu) należy zaliczyć do stacji gazowych.

Na przestrzeni ostatnich lat rozwój technologii odoryzowania gazu polegał głównie na coraz to większym / dokładniejszym kontrolowaniu ilości dozowanego środka (nawaniacza). Wszystkie obecnie stosowane instalacje do odoryzowania można podzielić na dwie zasadnicze grupy [3]:

- **urządzenia kontaktowe** działające na zasadzie odparowania środka nawaniającego, proporcjonalnie do strumienia przepływającego gazu. Odparowanie może być prowadzone z powierzchni cieczy w naczyniu, z knota nawilżonego cieczą oraz na drodze barbotażu pęcherzyków gazu przez ciecz. W związku z tym można wyróżnić następujące typy nawaniania:
 - a) knotowe,
 - b) barbotażowe (przeburzające),
 - c) powierzchniowe,
- **urządzenia dozujące** działające na zasadzie bezpośredniego wprowadzania środka nawaniającego do gazociągu. Grupę tę można podzielić na:
 - a) kropłowe (wprowadzanie kroplami środka nawaniającego do gazociągu przez zawór iglicowy),
 - b) wtryskowe z tłokową pompką dozującą,
 - c) wtryskowe bez pompy dozującej.

Obecnie najczęściej stosowana technologia polega na bezpośrednim wtrysku odoranta do gazociągu, gdzie następuje proces nasycania gazu.

Z podanych powyżej instalacji do nawaniania gazu ziemnego omówiono dwie konstrukcje najczęściej stosowane w gazownictwie: nawanianie powierzchniową (A) i wtryskową (B).

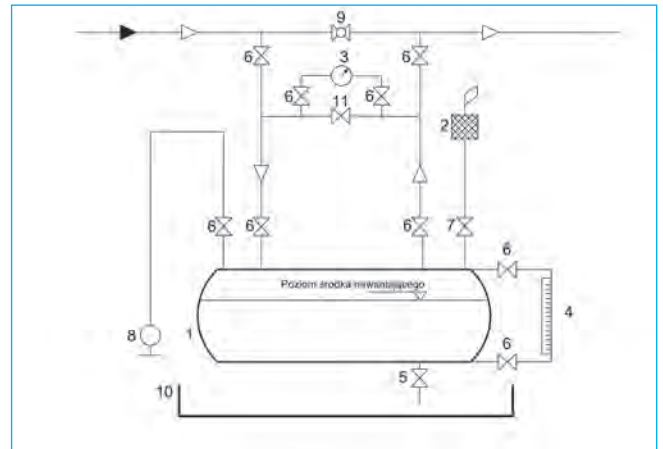
A. Nawanianie powierzchniowe (kontaktowe)

Na rys. 4 przedstawiono przykładową powierzchniową (kontaktową) instalację do nawaniania gazu. Poziom nawonienia reguluje się poprzez odpowiedni dobór stopnia spiętrzenia gazu (kurek, przepust-

nica, kryza), co powoduje powstanie różnicy ciśnień, która porywa pary nawaniacza ze zbiornika.

Opis działania urządzenia:

- strumień boczny, o właściwie dobranym natężeniu, kieruje się do zbiornika roboczego, gdzie gaz przepływając ponad powierzchnią środka nawaniającego, porywa ze sobą pary THT, które się tam znajdują,
- stopień nawonienia zależy od ilości par odorantu oraz od natężenia przepływu,
- wraz ze wzrostem natężenia przepływu gazu zwiększa się zawartość odorantu w strumieniu. Zwiększenie ilości THT w strudze bocznej automatycznie powoduje wzrost stężenia środka nawaniającego w gazie po zmieszaniu się strugi bocznej ze strumieniem głównym.



Rys. 4. Schemat kontaktowego urządzenia nawaniającego; 1 – zbiornik roboczy; 2 – filtr koszowy; 3 – manometr różnicowy; 4 – poziomowskaz; 5 – zawór spustowy; 6 – zawór odcinający; 7 – zawór odpowietrzający; 8 – pompa do napełniania zbiornika; 9 – zawór spiętrzący; 10 – wanna; 11 – zawór wyrównawczy [3]

Fig. 4. Diagram of the contact odorizing device [3]

Nawanianie tego typu są dość powszechnie stosowane do nawaniania sieci o niezbyt dużych przepływach.

Zalety tego typu nawaniania to: niskie koszty inwestycyjne, małe wymagania eksploatacyjne, prostota budowy i obsługi, pewność działania, nie jest uzależniona od dostaw energii elektrycznej.

Natomiast wady to: brak automatycznej diagnostyki zgłaszania stanów alarmowych, rejestracji i przesyłu danych, nieprzewidywalny stopień absorpcji z powodu zmian ciśnienia, jakości gazu, przepływu i temperatury otoczenia, stosunkowo duże zużycie nawaniacza.

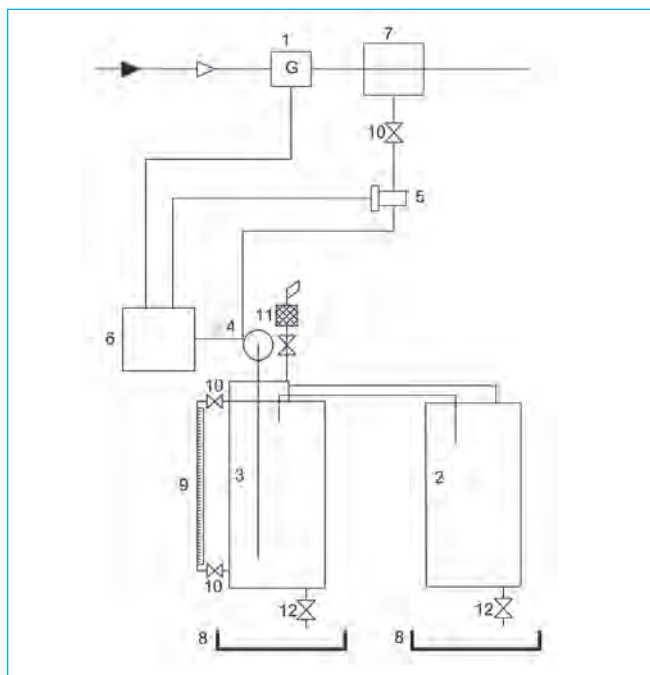
B. Nawanianie wtryskowe

Są to urządzenia, które są znacznie dokładniejsze w porównaniu do innych nawaniania. Najważniejszą częścią urządzenia tego typu jest mechanizm dozujący, umożliwiający bezpośredni wtrysk odoranta do gazociągu. Zasadę działania nawaniania wtryskowego (pompowej) przedstawiono na rys. 5.

Opis działania urządzenia:

Natężenie gazu płynącego w rurociągu jest mierzone za pomocą gazomierza turbinowego lub rotorowego (1), a impulsy generowane są przesyłane do układu sterującego (6). Następnie pompa dozująca (4), w której częstotliwość skoków tłoka jest uzależniona od układu sterującego, zasysa THT ze zbiornika środka nawaniającego (3) i przetacza odorant poprzez urządzenie mierzące ilość wtryskiwanego nawaniacza (5) do inektora. Tam następuje wtrysk środka nawaniającego do gazociągu. Injektor powoduje rozpylenie cieczy, która w formie aerozolu porywana jest przez strumień gazu.

Zalety takiej nawaniania to: technologia popularna, znana i akceptowana, nie wymagana różnica ciśnień do napędzania systemu, dokładność dozowania nawaniacza.



Rys. 5. Schemat wtryskowego urządzenia nawaniającego: 1 – gazomierz; 2 – zbiornik rezerwowy; 3 – zbiornik roboczy; 4 – pompa dozująca; 5 – przyrząd pomiarowy; 6 – sterownik; 7 – wtryskiwacz; 8 – wanna; 9 – poziomowską; 10 – zawór odcinający; 11 – filtr węgla aktywnego; 12 – zawór spustowy [3]

Fig. 5. Diagram of the injection odorizing device [3]

Natomiast wady to: konieczność zasilania energią elektryczną, nierównomierne rozprowadzenie odoranta przy mniejszych przepływach, spowodowane wtryskiem uderzeniowym zadawanym przez pompę, brak zaawansowanych mechanizmów kontrolnych z auto-diagnostyką oraz kompensacją zmian mechanicznych.

Ostatnio coraz większym powodzeniem cieszą się nawanianie wtryskowe bezpompowe.

7. Czynniki wpływające na stopień nawonienia paliwa gazowego

Stężenie odoranta w gazie ziemnym zależy nie tylko od ilości, jaka zostanie dodana do gazociągu, ale także od równowagi, jaka zachodzi w nim pomiędzy ścianką a przepływającym gazem. Odorant, zgodnie z podstawowymi prawami fizyki, dąży do równowagi z nawaniaczem zaadsorbowanym na ściance gazociągu. Na wartość tego współczynnika największy wpływ mają takie czynniki, jak [3]:

- ciśnienie gazu – rozpuszczalność odorantów w gazie maleje wraz ze wzrostem ciśnienia (więcej nawaniacza adsorbuje się na ściance gazociągu),
- korozja i wilgoć w rurociągach – prowadzi do utleniania się odoranta do związków pozbawionych zapachu (wniosek: jeżeli jest wilgotny gaz, a rura w środku skorodowana, to należy wprowadzać do sieci podwyższone dawki nawaniacza),
- węglowodory ciężkie (gazy ziemne obok metanu zawierają również wyższe węglowodory, które w pewnych warunkach mogą ulegać kondensacji, podczas której może dojść do kondensacji wstecznej. Jeżeli dodamy do gazu ziemnego środek nawaniający o wysokim punkcie wrzenia (tetrahydrotiofen),
- węglowodory ciężkie (gazy ziemne obok metanu zawierają również wyższe węglowodory, które w pewnych warunkach mogą ulegać kondensacji, podczas której może dojść do kondensacji wstecznej. Jeżeli dodamy do gazu ziemnego środek nawaniający o wysokim punkcie wrzenia (tetrahydrotiofen), wzrośnie ryzyko kondensacji, ponieważ podwyższy się punkt rosy wę-

glowodorów. Gdyby w czasie przesyłu gazu ziemnego doszło do niedoboru kondensatu, skład gazu w sieci przesyłowej nie odpowiadałby składowi początkowemu, doszłoby do przesunięcia na korzyść wyższych węglowodorów, a przez to także środka nawaniającego. Jeżeli tego rodzaju kondensat – na skutek zmiany warunków (ciśnienie, temperatura, stężenie) – ponownie przejdzie w stan pary, to wytworzy się gaz ze zbyt dużą dawką środka nawaniającego, który dostanie się – być może – w cieplej postaci do stacji gazowej albo przejdzie w stan pary w instalacji do podgrzewania wstępnego, albo też ulegnie rozprężeniu w sieci niskiego lub średniego ciśnienia; wtedy „przedawkowanie” środka nawaniającego może mieć przykre skutki [12],

- niska temperatura – rozpuszczalność odorantów w wodzie wzrasta, (zasadne jest umieszczanie zbiornika w osłoniętym lub ocieplonym pomieszczeniu),
- spadek stopnia nawaniania w miarę oddalania się od nawaniania (przykładowo obniżenie stopnia stężenia THT na 200 km odcinku rurociągu gazowego DN 200 mm przedstawiono na rys. 2).

8. Kontrola jakości nawaniania gazu w sieci gazowej

Jak wynika z zapisów podanych w Rozporządzeniu [6,7] operator systemu dystrybucyjnego jest zobowiązany do prowadzenia kontroli jakości nawaniania gazu w sieci gazowej, nie rzadziej niż raz na 14 dni. Zgodnie z obowiązującymi procedurami eksploatacyjnymi, badanie intensywności zapachu paliw gazowych należy przeprowadzić w kilku charakterystycznych punktach na sieci. Bardzo istotny jest dobór miejsca poboru gazu. Z badań E. A. Morgana, P. G. Pai'a, M. I. Carducciego [4] wynika, że aby pomiar był wiarygodny to prędkość liniowa gazu w miejscu pomiaru odoranta powinna być większa od 3 m/s (z powyższego zapisu wypływa ważny wniosek o poprawności pomiarów).

Ilość punktów pomiarowych do prowadzenia kontroli jakości nawaniania gazu w sieci gazowej zależy od ilości odbiorców przynależnych do danej instalacji nawaniania gazu, co przedstawiono w tab. 2:

Tabela 2. Liczba próbek do badania przy kontroli intensywności zapachu gazu nawiononego w jednej stacji nawaniania [9]

Table 2. The number of samples to be tested to control the odor intensity of odorized gas in one odorizing station [9]

Liczba kurków głównych	Liczba próbek 1)
od 91 do 500	3
od 501 do 35 000	5
od 35 001 do 50 000	8

1) Liczbę próbek określono zgodnie z 10. PN-ISO 2859-1:2003/A1:2018-08 (poziom kontroli S-1)

Ponadto, co najmniej raz w roku (w okresie jesiennym), w trosce o bezpieczeństwo odbiorców gazu, operator sieci dystrybucyjnej przeprowadza akcję przewonienia gazu ziemnego.

Akcja przewonienia polega na zwiększeniu ilości środka nawaniającego w sieci gazowej. W związku z tym zapach gazu staje się intensywniejszy, co umożliwia wykrycie ewentualnych nieszczelności na sieci lub instalacji gazowych. Przewonienie powinno spowodować wzrost stopnia intensywności zapachu powyżej 3, co odpowiada stężeniu THT w gazie powyżej 30,9 mg/m³ (zaleca się, aby górna granica dawki nie przekraczała 50 mg/m³).

Badania [4] wykazały również, że wraz ze wzrostem prędkości przepływu zmniejsza się warstwa laminarna przy ściance gazociągu, co obniża wartość współczynnika adsorpcji odoranta przez materiał rury (zmniejsza się ilość nawaniacza na ściance gazociągu). Wynika stąd, że przy gwałtownym zwiększeniu strumienia gazu w rurociągu może chwilowo dojść do wzrostu stężenia THT w gazie ziemnym.

Na podstawie pomiarów laboratoryjnych oraz ankietyzacji operator systemu gazowniczego dokonuje analizy stopnia nawonienia. Intensywność zapachu, określoną w wyniku pomiarów, należy przypisać wszystkim partiom gazu dostarczonym z jednej stacji nawaniania między kolejnymi pomiarami. Uznaje się, że intensywność zapachu gazu nawonionego w jednej stacji nawaniania, spełnia obowiązujące normy, jeśli wyniki badania próbek, których najmniejszą liczebność w zależności od liczby kurków głównych podano w tab. 2, spełniają wymagania dotyczące intensywności zapachu.

9. Wnioski

- 1) Celem nawaniania gazu jest zapewnienie odpowiedniego poziomu nawonienia, umożliwiającego szybkie wykrycie wycieków gazu z nieszczelności zlokalizowanych zarówno w obrębie sieci zasilającej, jak i instalacji gazowej, aby w porę ostrzec odbiorcę gazu przed ewentualnym zagrożeniem związanym z bezpieczeństwem publicznym (wybuchem gazu). Dlatego jednym z najważniejszych parametrów jakościowych paliwa gazowego jest intensywność zapachu gazu rozprowadzonego w sieci gazowej.
- 2) Zgodnie z definicją, wynikającą z rozporządzenia [2], instalacje do nawaniania gazu należy traktować jako stacje gazowe.
- 3) Z obowiązujących przepisów wynika, że odpowiedzialność za cały proces nawaniania gazu, począwszy od instalacji nawaniania, a skończywszy na odbiorcy gazu, ponosi operator systemu gazowniczego, który eksploatuje daną instalację nawaniania gazu.
- 4) Ze względu na obniżenie stopnia koncentracji odoranta, w miarę oddalania się od miejsca nawaniania w Polsce, preferuje się systemy lokalnego nawaniania.
- 5) Wg. aktualnych przepisów, operator systemu dystrybucyjnego jest zobowiązany do prowadzenia kontroli intensywności zapachu paliw gazowych - co najmniej raz na dwa tygodnie.
- 6) Jeżeli w sieci gazowej rozprowadzany jest gaz zaazotowany, to dawka środka nawaniającego powinna być niższa niż w przypadku gazu ziemnego wysokometanowego, odpowiednio o około 15 % dla gazu ziemnego grupy Lw oraz o około 24% dla grupy Lw.
- 7) Wiarygodność pomiaru odoranta zależy od miejsca poboru gazu (aby pomiar był wiarygodny to prędkość liniowa gazu w miejscu pomiaru powinna być większa od 3 m/s).
- 8) Przy gwałtownym zwiększeniu strumienia gazu w rurociągu, może chwilowo dojść do wzrostu stężenia THT w gazie ziemnym (zmniejsza się warstwa laminarna przy ścianie gazociągu), co obniża wartość współczynnika adsorpcji odoranta przez materiał rury (zmniejsza się ilość nawianacza na ścianie gazociągu).

- 9) Nawanianie gazu może doprowadzić do powstania kondensacji zwrotnej, co w konsekwencji może skutkować obniżeniem kaloryczności przesyłanego gazu.
- 10) O konieczności nawaniania gazu powinien decydować dany odbiorca. Stąd przepisy powinny pozwalać na zrezygnowanie z nawaniania gazu, nie tylko przez operatora systemu przesyłowego, ale również dystrybucyjnego.
- 11) Ze względów ekonomicznych, dla małych przepływów gazu należy preferować nawianialnie typu powierzchniowego (kontaktowe), natomiast przy większych poborach gazu zaleca się stosowanie nawianialni typu wtryskowego.

LITERATURA

- [1] Ustawa Prawo energetyczne z dnia 10 kwietnia 1997 r. (Dz.U. 1997 Nr 54 poz. 348)
- [2] Rozporządzenie Ministra Gospodarki w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać sieci gazowe i ich usytuowanie (Dz.U. 2013 r. poz. 640).
- [3] Vademecum Gazownika tom II „Infrastruktura przesyłowa i dystrybucyjna gazu ziemnego”- Praca zbiorowa pod redakcją Andrzeja Barczyńskiego, SITPNiG, Kraków 2013 r.
- [4] Morgan E.A., P.G. Pai, M.I. Carducci.1991 „Odorant loss in natural gas distribution systems”. *Pipeline Industry*, April 1991, pages 39-42.
- [5] Mehrrad Saadatmanda, Hooman Foroughia, Tingsong Daia, Trinayan Mirsraa, Tsilla Bensabathh, Ramin Farnooda.2015 „Odor fading in natural gas distribution systems” - *Process Safety and Environmental Protection* – nr 94 :131-139.
- [6] Rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 2 lipca 2010 r. w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu gazowego.
- [7] Rozporządzenie Ministra Energii z dnia 21 września 2018 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu gazowego (Dz.U. 2018 poz. 1814).
- [8] PN-C-04752: Gaz ziemny Jakość gazu w sieci przesyłowej
- [9] PN-C-04753:2002 Gaz ziemny Jakość gazu dostarczanego odbiorcom z sieci rozdzielczej
- [10] 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
- [11] ZN-G-5001:2001 Gazownictwo – Nawanianie paliw gazowych – Wymagania ogólne dotyczące nawaniania gazu ziemnego,
- [12] Monografia, Seria Gazownictwo nr 1: Nawanianie gazu ziemnego, PZiTS, Mazowiecki Zakład Gazowniczy „Gazownia Warszawska”, Warszawa marzec 2000, ■