

7107

PRZEMYSŁOWY INSTYTUT AUTOMATYKI I POMIARÓW
MERA-PIAP
Al. Jerozolimskie 202 02-222 Warszawa Telefon 23-70-81

Ośrodek Automatyki Mechanicznej - OAM

444

BE10

Główny wykonawca

doc dr inż. Tadeusz Gałązka

Wykonawcy

Tadeusz Gałązka, Andrzej Staszewski

Konsultant

Nr zlecenia 1472

Analiza stosowanych rozwiązań urządzeń nawaniających i możliwości modernizacji zainstalowanych w Mazowieckim Okręgu Gazownictwa.

Opracowanie wstępnych założeń techniczno-ekonomicznych na urządzenia zautomatyzowane.

Zleceniodawca Mazowiecki i Okręgowy Zakład Gazownictwa "Gazownia Warszawska" 00-412 Warszawa, ul. Kruczkowskiego 2.

Pracę rozpoczęto dnia 1994.04.07

zakończono dnia 1994.07.15

Z-ca Dyrektora d/s
Badawczo Rozwojowych

Kierownik OAM

dr inż. Jan Jabłkowski

mgr inż. Janusz Jórczak

Praca zawiera:

Rozdzielnik - ilość egz:

stron 54

Egz. 1 BOINTE

rysunków 14

Egz. 2 MOZG

fotografii

Egz. 3 MOZG

tabel

Egz. 4 OAM

tablic 3

Egz. 5

załączników

Egz. 6

Nr rejestr. 7107

Analiza deskryptorowa Nawanianie gazu ziemnego

Analiza dokumentacyjna

Przedmiotem opracowania była analiza przeprowadzona od strony automatyki i pomiarów o istniejących w kraju urządzeniach nawaniających oraz możliwości modernizacji zainstalowanych w Mazowieckim Okręgu Gazownictwa. Zebrano podstawowe dane dla założeń techniczno-ekonomicznych automatycznie działających urządzeń nawaniających.

Tytuły poprzednich sprawozdań

Nie było

2

SPIS TREŚCI

| | strona |
|---|--------|
| 1. Podstawa opracowania | 3 |
| 2. Przedmiot opracowania | 3 |
| 3. Wprowadzenie | 4 |
| 3.1. Wymagania dla środków nawaniania paliw gazowych. | 5 |
| 3.1.1. Tetrahydrotiofen THT | 7 |
| 3.1.2. Merkaptan tert-butyłowy TBM | 7 |
| 3.2. Własności fizyko-chemiczne i parametry THT oraz TBM | 8 |
| 3.3. Stężenie środka nawaniającego | 9 |
| 3.3.1. Podstawowa terminologia z zakresu nawaniania paliw gazowych | 11 |
| 3.4. Wstępne ustalenie minimalnego stężenia nawaniacza w paliwie gazowym | 14 |
| 4. Rozwiązania stosowane w technice nawaniania . . . | 15 |
| 4.1. Wymagania stawiane urządzeniom nawaniającym . . | 16 |
| 4.2. Metody dozowania środka nawaniającego | 16 |
| 4.3. Zasady działania nawaniarni gazu bezwonnego . . | 17 |
| 4.3.1. Nawaniarnie knotowe | 17 |
| 4.3.2. Nawaniarnie kontaktowe /powierzchniowe/ . . . | 18 |
| 4.3.3. Nawaniarnie barbotażowe /przeburzające/ . . . | 19 |
| 4.3.4. Nawaniarnie kontaktowo-barbotażowe | 21 |
| 4.3.5. Nawaniarnie kroplowe | 22 |
| 4.3.6. Nawaniarnie wtryskowe | 22 |
| 5. Analiza stosowanych rozwiązań nawaniarni | 23 |
| 5.1. Proces nawaniania | 23 |
| 5.2. Technika nawaniania | 27 |
| 5.3. Przegląd stosowanych nawaniarni w MOZG | 30 |
| 5.4. Wnioski z analizy | 31 |

strona

| | |
|--|----|
| 6. Możliwości modernizacji zainstalowanych w MOZG nawianialni | 34 |
| 7. Założenia na automatycznie działające urządzenia nawianiające z bezpośrednim wprowadzaniem nawiania- cza do gazociągu | 36 |
| 7.1. Wyjściowe odniesienia ekonomiczne | 38 |

3.1. Wymagania dla środków nawaniania paliw gazowych

Nawanianie paliw gazowych ma złożony charakter ze względu na konieczność zachowania w sposób stabilny następujących własności:

- intensywna i nieprzyjemna woń,
- charakterystyczną, różniącą się od często występujących na codzień zapachów w pomieszczeniach mieszkalnych czy z instalacjami komunalnymi a równocześnie łatwo odróżnialną w mieszaninie z powietrzem,
- jednakowy rodzaj zapachu przy różnych stężeniach środka nawaniającego w powietrzu,
- nieszkodliwość dla zdrowia w zakresie stosowanych stężeń, nie powinien być toksyczny dla środowiska, dotyczy to również produktów ich spalania w stężeniach występujących w produktach spalania gazu,
- dużą trwałość /stabilność/ chemiczną i wykazywać niską reaktywność ze składnikami paliw gazowych w warunkach magazynowania jak i warunkach transportu i rozprowadzania w sieci paliw,
- dostateczną prężność par, aby w warunkach transportu lub rozdziału gazu nie ulegał kondensacji,
- niską temperaturę krzepnięcia,
- dostateczną trwałość termiczną,
- niską rozszerzalność w kondensatach wodnych i węglowodorowych, oraz nieznaczny stopień sorpcji w glebie,
- wąski zakres temperatur wrzenia, tak by nie wykraplał się z gazu w zakresie stosowanych stężeń oraz przy panującej w sieci temperaturze i ciśnieniu,
- ulegać prawie całkowitemu odparowaniu,

- trwałość termodynamiczną, aby nie powstawały osady w palnikach i urządzeniach zabezpieczających,
- nie zwiększać korozyjności gazu w przewodach i aparaturze,
- tani.

Zestawione wymagania nie są w pełni spełnione przez stosowane obecnie środki do nawaniania paliw gazowych.

W aktualizowanej obecnie Normie Zakładowej PCNiG Warszawa p.t. „Środki nawaniające” uznano, że w dopuszczalnym dla praktyki zakresie podane wymagania spełniają środki nawaniające należące do związków organicznych z grupy siarczków /tioeterów/ i merkaptanów /tioli/ i ich mieszaniny.

Są to poniżej podane środki wraz z podaniem ich symboli:

- siarczek dwumetylowy DMS,
- siarczek dwuetylowy DES,
- siarczek metylowo-etylowy MES,
- tetrahydrotiofen /czterowodorotiofen/ THT,
- merkaptan metylowy MM,
- merkaptan etylowy EM,
- merkaptan n-propylowy NPM,
- merkaptan izo-propylowy IPM,
- merkaptan n-butyłowy NBM,
- merkaptan tert-butyłowy TBM.

Obecnie w Polsce między innymi ze względu na scentralizowany import środków nawaniających, dominować zaczyna tetrahydrotiofen /czterowodorotiofen/ THT oraz w nieznacznym stopniu merkaptan tert-butyłowy TBM.

3.1.1. Tetrahydrotiofen /czterowodorotiofen/ THT

Czterohydrotiofen zwany w skrócie THT zaliczany jest do grupy związków siarkowych cyklicznych. Ze względu na swą chemiczną stabilność i intensywny charakterystyczny zapach jest obecnie uznawany za środek w dużym zakresie spełniający wymagania stawiane nawaniaczom gazu w skali międzynarodowej.

Posiada dość wysoką zawartość siarki ok. 36%, przy czym jest to siarka chemicznie nieagresywna.

Obecnie w normach dotyczących nawaniania jest uznany za zalecany nawaniacz dla gazu ziemnego w Polsce.

3.1.2. Merkaptan tert-butyłowy TBM

TBM jest związkiem siarczków organicznych /tioeterów/ i dwusiarczków powiązanych z merkaptanami. Siarczki organiczne posiadają intensywną charakterystyczną woń zbliżoną do merkaptanu etylowego. Pod względem chemicznym są bardziej stabilne niż merkaptany. Nie reagują z metalami ciężkimi, ich tlenkami i wodorotlenkami i nie oddziałują korozyjnie. Praktycznie nie rozpuszczają się w wodzie. Posiadają wyższe temperatury wrzenia i mniejszą prężność par od merkaptanów. Natomiast dwusiarczki są związkami obojętnymi chemicznie, nie reagują z silnymi zasadami ani z solami metali ciężkich i nie utleniają się do tlenków w normalnych temperaturach. Łatwo redukują się do merkaptanów, co zwiększa intensywność zapachu. W wodzie są praktycznie nierozpuszczalne. Jako nawaniacz gazu ziemnego nie zmieniają praktycznie swych własności.

3.2. Własności fizyko-chemiczne i parametry THT oraz TBM

Własności fizyko-chemiczne i parametry tetrahydrotiofenu

THT oraz merkaptanu TBM zestawiono w tablicy 1.

Tablica 1

| | THT | TBM | Jednostka miary | Uwagi |
|--|--|---|--------------------|------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| - ciężar | 88,16 | 90,19 | mol | |
| - temperatura wrzenia | +120,9 | 64,22 | °C | przy 760 mmHg |
| początek | +114,0 | - | °C | |
| koniec | +130,0 | - | °C | |
| - temperatura krytyczna | 349 | - | °C | |
| - temperatura krzepnięcia | -96,1 | 1,1 | bar | |
| - temperatura mętnienia | -20,0 | - | °C | |
| - gęstość w temperaturze 20°C | 0,9987 | 0,8002 | g/m ³ | |
| 25°C | 0,9998 | 0,7947 | " | |
| 30°C | 0,9938 | 0,7893 | " | |
| - czas retencji względnej w odniesieniu do tiofenu | 1,87 | - | | |
| - ciśnienie krytyczne | 47,3 | - | bar | |
| - napięcie powierzchniowe w temperaturze 20°C | 35,8 | 20,5 | g/s ² | |
| 25°C | 35,0 | 20,2 | " | |
| 30°C | 34,6 | 19,6 | " | |
| - lepkość w temperaturze 20°C | 0,01042 | 0,00638 | g/cm·s | |
| 25°C | 0,00971 | 0,00533 | | |
| 30°C | 0,00914 | 0,00544 | | |
| - entalpia topnienia | 1757,2 | - | cal/mol | |
| - entalpia parowania w temperaturze | 8,820 /350K/ 8,589 /370K/ 8,279 /370K/ | 7,39 /298,2K/ 7,092 /317,1K/ 6,797 /337,4K/ | Kcal/mol " " | |

c.d. Tablicy 1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|--------------------------|---------------------------|--------------------|---|
| - preżność pary w temperaturze 38°C | 38 mmHg | | mm Hg | |
| - entalpia tworzenia się | -17,4 | -37,78 | Kcal/mol | |
| - refrakcja w temperaturze 20°C | 1,5047 | 1,4232 | | |
| 25°C | 1,50217 | 1,4201 | | |
| 30°C | 1,49962 | 1,4169 | | |
| - temperatura zapłonu | +14 | - | °C | |
| - temperatura samoza- palenia | +200 | - | °C | |
| - granica wybucho- wości w powietrzu | | | | |
| -- dolna | 1,1 | - | % objętości | |
| -- górna | 12,1 | - | " | |
| - rozpuszczalność w H ₂ O przy temperaturze 20°C | -0,07 | - | % masy | |
| - granica wykrywal- ności | 0,75±10x10 ⁻³ | 0,05±0,1x10 ⁻³ | mg/m ³ | |
| - granica wyczuwal- ności | 2 | - | mg/Nm ³ | |

3.3. Stężenie środka nawaniającego

Prawo Webera-Fechnera opisuje niżej podaną zależność między natężeniem zapachu, a stężeniem środka nawaniającego w powietrzu.

$$I = A \log C + B \quad /1/$$

gdzie: I - natężenie zapachu

C - stężenie środka nawaniającego w powietrzu

A i B - stałe charakterystyczne dla danego ośrodka nawaniającego.

Podana zależność wywodzi się z uśrednionych danych dotyczących czułości ludzkiego zmysłu powonienia na natężenie zapachu mających przebieg wykładniczy przedstawiany zazwyczaj w skali logarytmicznej.

Natężenie zapachu opisywane zależnością 1 przedstawione jest w pięciostopniowej skali od 0 do 5 w odniesieniu do wzorca, za który przyjmuje się ilość pirydyny w powietrzu. Ilość pirydyny w powietrzu podawana jest w mg/m^3 .

W tabelicy 2 podano współzależności pomiędzy stopniami zapachu odniesionymi do wzorca wraz z przyjmowanym opisem.

Tablica 2

| Stopień zapachu | Opis intensywności zapachu | Równoważnik wg wzorca | Zdefiniowany opis skali wyczuwalności zapachu |
|-----------------|----------------------------|-----------------------|---|
| 0 | zapach niewyczuwalny | 0,00 | brak zapachu |
| 0,5 | bardzo słaby zapach | 0,42 | granica wyczuwalności - próg zapachu |
| 1 | słaby zapach | 0,65 | - |
| 2 | średni zapach | 1,50 | ostrzegawczy stopień zapachu |
| 3 | silny zapach | 3,50 | - |
| 4 | bardzo silny zapach | 8,50 | - |
| 5 | maksymalny zapach | 20,00 | górną granicą wyczuwalności zapachu |

x/ Dalsze zwiększanie stężenia środka zapachowego jest już nieodróżniane przy wyczuwaniu zapachu.

Charakterystyki ilustrujące współzależność natężenia zapachu wyrażone w pięciu stopniowej skali dla przyjętego wzorca pokazano w skali liniowej na rys. 1 i w skali półlogarytmicznej na rys. 2.

3.3.1. Podstawowa terminologia z zakresu nawaniania paliw gazowych

Granica wyczuwalności zapachu - jest to minimalna wartość stężenia środka nawaniającego w powietrzu wyczuwalna węchowo przez 50% populacji. Odpowiada ona stopniowi zapachu 0,5 podanego w tabelicy 2. Stosowaną również nazwą zamiast granicy wyczuwalności jest „próg zapachu” lub „percepcji”.

Zapach ostrzegawczy - jest to intensywność zapachu, którą wyczuje każdy człowiek o przeciętnym węchu i normalnej kondycji fizjologicznej. Odpowiadające tej intensywności stężenie środka nawaniającego w powietrzu służy do obliczenia nominalnego stężenia środka nawaniającego w gazie. To znaczy takiego stężenia w gazie zanim to stężenie gazu stanie się krytyczne w zależności od granic wybuchowości lub zawartości tlenu węgla. Obowiązującą zasadą przy dozowaniu jest zawsze przyjmowanie zawartości wyższej ze względu na to, że podczas rozprężania siecią może nastąpić zmniejszenie zapachu. Praktycznie powinien być spełniony warunek by stężenie środka nawaniającego w miejscu dozowania było tak dobrane, aby na końcach przewodu u użytkownika był zagwarantowany ostrzegawczy stopień zapachu według skali podanej w tabelicy 2 zapach ostrzegawczy odpowiada stopniowi 2 zapachu. W Polsce wg normy PN-87/C-96001 wymagany jest stopień intensywności nawonienia od 2 do 3. .

Paliwa gazowe bezwonne - paliwa gazowe, których zapach jest niewyczuwalny przez człowieka o przeciętnym węchu i normalnej kondycji fizycznej, przy ich stężeniu w powietrzu poniżej 20% dolnej granicy wybuchowości /DGW/.

Paliwa gazowe nawonione - paliwa gazowe, których zapach wyczuje człowiek o przeciętnym węchu i normalnej kondycji fizycznej, zanim ich stężenie w powietrzu przekroczy 20% dolnej granicy wybuchowości /DGW/.

Nawanianie paliw gazowych - czynność polegająca na wprowadzeniu środka nawaniającego do paliw gazowych.

Nawanianie lokalne - czynność polegająca na wprowadzeniu środka nawaniającego do paliwa gazowego w sieci gazowej o ciśnieniu poniżej 0,4 MPa.

Środek nawaniający - związek chemiczny lub mieszanina związków chemicznych o silnej, nieprzyjemnej woni, których dodatek do paliw gazowych nadaje im trwałą i charakterystyczną woń.

Intensywność zapachu danej substancji jest to natężenie odczuwania zapachu przez człowieka.

Skala intensywności zapachu - umowna skala intensywności zapachu substancji zapachowych w powietrzu sporządzona w oparciu o wzorzec pirydynowy.

Górna granica intensywności zapachu - najwyższa intensywność zapachu odczuwana przez człowieka.

Zdolność nawaniania - własności fizyczne i chemiczne środka nawaniającego określające jego przydatność do nawaniania paliwa gazowego.

Minimalne stężenie środka nawaniającego w paliwach gazowych - stężenie środka nawaniającego /mg/m³/, zapewniające wyczuwalność zapachową paliw gazowych w powietrzu przy ich stężeniu poniżej 20% dolnej granicy wybuchowości /DGW/.

Przewonienie - czynność okresowa polegająca na kilkukrotnym, w stosunku do stężenia minimalnego, zwiększeniu stężenia środka nawaniającego w rozprowadzanym paliwie gazowym.

Odorymetr - urządzenie służące do określania stopnia intensywności zapachu środka nawaniającego w paliwach gazowych.

Nawaniarnia - obiekt, w którym znajduje się instalacja do nawaniania gazu.

Urządzenia działające na zasadzie odparowania środka nawaniającego do objętości przepływającego strumienia gazu na drodze bezpośredniego kontaktu ciecz - gaz.

Bezpośrednie odparowanie cieczy do gazu jest prowadzone w urządzeniach:

- kontaktowych /powierzchniowych/
- barbotażowych /przeburzających/
- knotowych.

Urządzenia działające na zasadzie bezpośredniego dozowania wyznaczonej dawki środka nawaniającego do strumienia przepływającego gazu.

Sposób ten jest stosowany w:

- urządzeniach z pompą dozującą
- w urządzeniach kroplowych.

Zbiornik roboczy - zbiornik środka nawaniającego, stanowiący stały element instalacji do nawaniania paliwa gazowego, połączony z systemem dozującym.

Zbiornik rezerwowy - zbiornik środka nawaniającego, stanowiący element instalacji do nawaniania paliw gazowych, połączony ze zbiornikiem roboczym.

3.4. Wstępne ustalenie minimalnego stężenia nawianicza w paliwie gazowym

Minimalne stężenie środka nawianiczającego dla danego rodzaju paliwa gazowego ma zapewnić osiągnięcie zapachu ostrzegawczego. Wyznaczenie minimalnego stężenia w paliwie gazowym podano dla THT.

W Normie Zakładowej ZN-.../07 przyjęto, że minimalne stężenie THT w paliwie gazowym określane będzie zgodnie z normą międzynarodową ISSN 0176-3490 /DVGW-G-280/ wg wzoru

$$MS_{obl} = \frac{K_{100}}{A \cdot DGW} \quad /mg/m^3/ \quad /2/$$

gdzie:

K - stężenie środka nawianiczającego w powietrzu, zapewniające ostrzegawczy stopień zapachu, mg/m^3

Współczynnik A = 0,2

DGW - dolna granica wybuchowości

Uwzględniając współczynnik bezpieczeństwa należy przyjąć, że stosowane stężenie THT w gazie powinno wynosić

$$MS = 1,2 \cdot MS_{obl}. \quad /3/$$

Wstępnie określone, minimalne stężenie powinno być skorygowane doświadczalnie w przypadkach:

- dla każdej partii nawianicza,
- przy zmianie podgrupy paliwa gazowego w sieci rozdzielczej,
- kontrolnie, przynajmniej raz w roku dla danej podgrupy gazu.

14

Intensywność minimalnego stężenia zapachu w punktach najbardziej odległych obliczona jako MS powinna odpowiadać co najmniej stopniowi 2 w skali podanej w tablicy 2 oraz nie przekraczać stopnia 3.

W przypadku mniejszej intensywności niż stopień 2 lub większej niż stopień 3, należy odpowiednio zmienić stężenie THT.

Różnica pomiędzy wynikiem pomiaru rzeczywistego THT w instalacji do nawaniania, a zużyciem wyliczonym wynikającym z analitycznego pomiaru stężenia THT i pomiaru ilości nawonionego gazu, nie powinna być większa niż 20% wartości oznaczonej analitycznie.

W przypadku różnicy większej niż 20% należy ustalić przyczynę rozbieżności.

4. Rozwiązania stosowane w technice nawaniania

Urządzenia i instalacje do nawaniania gazów bezwonnych /nawialnie/ mają za zadanie regularne doprowadzanie do strumienia gazu takich ilości środka nawaniającego aby zapewnić dostateczną intensywność zapachu gazu u odbiorców w najbardziej oddalonej części sieci od urządzenia nawaniającego.

4.1. Wymagania stawiane urządzeniom nawaniającym

Urządzenia do nawaniania powinny w sposób ciągły doprowadzać do strumienia gazów bezwonnych taką ilość środka nawaniającego aby zapewnić osiągnięcie stopnia zapachu odpowiadającego zapachowi ostrzegawczemu w najbardziej oddalonej od urządzenia nawaniającego części sieci.

Zalecane jest by urządzenia nawaniające spełniały następujące warunki:

- rozwiązanie urządzeń powinno umożliwiać dostosowanie ilości dodawanego środka nawaniającego do zmian strumienia objętości gazu bezwonnego,
- dodawanie środka nawaniającego powinno być proporcjonalne do zmian strumienia objętości gazu w sieci. Zalecane jest by odbywało się to z dokładnością nie przekraczającą $\pm 10\%$ w zakresie zmian nominalnego przepływu od 25 do 125%,
- powinny one mieć możliwość dostosowania do podawania dopuszczalnych do użycia środków nawaniających,
- powinny być szczelne podczas pracy,
- obsługa urządzeń nawaniających powinna być prosta i nie wymagać ciągłego dozoru,
- napełnianie urządzeń środkiem nawaniającym nie powinno powodować zanieczyszczenia środowiska,
- koszty urządzeń powinny nie być wysokie.

4.2. Metody dozowania środka nawaniającego

Obecnie w Polsce stosowane są dwie podstawowe metody dozowania środka nawaniającego do gazu bezwonnego.

- A. Metoda absorbcyjna polegająca na wchłanianiu przez przepływający gaz przy bezpośrednim kontakcie środka nawaniającego stosowana w nawianialniach działających na zasadzie odparowania;
- B. Metoda bezpośredniego dozowania środka nawaniającego do strumienia przesyłanego gazu.

Metoda absorbcyjna wykorzystywana jest w nawianialniach:

- knotowych,
- kontaktowych /powierzchniowo/
- barbotażowych /przeburzających/
- kontaktowo - barbotażowych.

Metoda bezpośredniego dozowania wykorzystywana jest w nawianialniach:

- kropłowych
- wtryskowych

Z każdą z metod dozowania związany jest sposób technicznej realizacji nawaniania gazu w sieci.

Metoda absorbcyjna stosowana jest na obiegu bocznym /bajpasie/ głównego przewodu gazociągu w takim stopniu aby po zmieszaniu gaz osiągnął stopień zapachu odpowiadający zapachowi ostrzegawczemu.

Metoda bezpośrednia stosowana jest przy wprowadzaniu środka nawaniającego do głównego przewodu gazociągu podczas przepływu gazu bezwonnoego.

4.3. Zasady działania nawianialni gazu bezwonnoego

4.3.1. Nawianialnie knotowe

W nawianialniach tego typu w strumieniu gazu przepływającego w bajpasie garociągu umieszczony jest nieruchomy lub regulowany knot zanurzony drugim końcem w zbiorniku z ciekłym środkiem nawaniającym - nawaniaczem.

Ilość dodawanego środka nawaniającego zależy od powierzchni nasyconego nawaniaczem „knota” i od strumienia objętości gazu bezwonnoego przepływającego bajpasem.

Regulacja ilości dodawanego nawanicza polega albo na zmianie różnicy ciśnień pomiędzy wlotem i wylotem bajpasu za pomocą spiętrzającego elementu nastawczego zainstalowanego w rurociągu głównym albo za pomocą wysuwania lub ~~ochrowania~~ knota by zmieniać powierzchnię parowania knota nasyconego nawaniaczem i stykającego się bezpośrednio z przepływającym gazem.

Współczesne rozwiązania łączą oba sposoby regulacji. Jako elementu nastawczego używa się przepustnicy lub zasuw.

Nawianialnie knotowe stosowane są do nawaniania małych ilości gazu na ogół przy niskich ciśnieniach. Wadą ich jest to, że są silnie podatne na zmiany parametrów fizyczno-chemicznych gazu i stopnia nasycenia nawaniaczem knota w różnych warunkach jego pracy jak i jego wykonania materiałowego. Z tego względu często gaz jest nawoniony za mocno, przy małych przepływach, zaś przy dużych przepływach za słabo.

Schemat ilustrujący rozwiązanie nawianialni knotowych pokazano na rys. 4.

4.3.2. Nawianialnie kontaktowe /powierzchniowe/

Gaz bezwonny jest w nawianialniach kontaktowych nawniany w czasie jego przepływu nad powierzchnią ciekłego środka nawnianiającego. Środek nawnianiający w stanie ciekłym znajduje się w zbiorniku usytuowanym by zapewnić możliwie dużą powierzchnię kontaktu z gazem doprowadzonym odgałęzieniem z rurociągu głównego dla ukierunkowanego przepływu nad nawaniaczem.

Odprowadzenie nawonionego gazu realizowane jest za pomocą odgałęzienia rurociągu łączącego zbiornik zawierający nawaniacz z rurociągiem głównym.

Pomiędzy odgałęzieniem doprowadzającym gaz bezwonny do zbiornika a odprowadzeniem gazu nawonionego ze zbiornika do rurociągu głównego znajduje się element nastawczy /przepustnica lub zasawa/.

Element nastawczy służy do zmiany strumienia objętości gazu przepływającego nad środkiem nawnianiającym poprzez zmianę różnicy ciśnień w gazociągu głównym pomiędzy odgałęzieniem

doprowadzającym i odprowadzającym. Jest on zarazem podstawowym elementem służącym do regulacji pobieranej ilości nawaniacza. Wady tych nawaniarni są podobne do wad nawaniarni knotowych z tym, że w większym stopniu zależą od współzależności warunków wymuszających parowanie nawaniacza i parametrów przepływającego nad jego powierzchnią gazu.

Schemat ilustrujący rozwiązanie nawaniarni kontaktowych pokazano na rys. 5.

4.3.3. Nawaniarnie barbotażowe /przeburzające/

W nawaniarniach tego typu wymuszono kontakt gazu bezwonnego z środkiem nawaniającym poprzez doprowadzenie gazu w dnie zbiornika napełnionego nawaniaczem i odprowadzenie go z nad jego powierzchni po przeburzeniu.

Proces nawaniania następuje przy przejściu pęcherzy gazu przez warstwę płynną nawaniacza zawartą pomiędzy powierzchnią, w której następuje rozbitcie jednorodnego doprowadzanego strumienia gazu na pęcherze a powierzchnią lustra nawaniacza.

Przewód doprowadzający gaz nienawoniony z rurociągu głównego do dna barbotera i przewód odprowadzający nawoniony gaz do rurociągu głównego stanowią jego boczniowe odgałęzienia. Ich wyprowadzenia w zależności od rozwiązania są powiązane bądź z zwężką Venturiego lub kryzą spiętrzającą bądź podobnie jak przy nawaniarniach knotowych lub kontaktowych znajdują się przed i za elementem nastawczym.

Nawaniarnie barbotażowe stosowane są głównie do nawonienia gazu na gazociągach rozdzielczych i magistralnych.

Przez stałe dławienie za pomocą kryzy dławiącej lub zwężki Venturiego albo zmienną dławienie za pomocą elementu nastawczego

wytwarza się różnicę ciśnień, która powoduje przepływ części gazu przez przewody odgałęziające do i z barbotera.

Nawialnie barbotażowe można uznać, że działają właściwie gdy spełnione są następujące warunki:

- strumień objętości gazu przepływającego w odgałęzieniach powinien być proporcjonalny do całkowitego strumienia objętości gazu,
- w zbiorniku środka nawaniającego powinna być w całej objętości stała temperatura. Zapewniane jest to bądź przez odpowiednią izolację cieplną lub ogrzewanie nawaniacza,
- powierzchnia parowania czynnika nawaniającego powinna być stała. Wymaga to utrzymania możliwie niezmiennej wysokości napełnienia zbiornika nawaniaczem,
- zastosowanie właściwego środka nawaniającego o odpowiedniej prężności pary. Stosowanie środków nawaniających charakteryzujących się dużym przedziałem temperatur wrzenia nie powinno mieć miejsca ze względu na następowanie frakcjonowania odparowania. W związku z tym nawialnie tego typu nie nadają się do dozowania mieszanin synergetycznych.

Główną wadą nawialni barbotażowych jest nierównomierne wprowadzanie środka nawaniającego do gazu ze względu na trudności utrzymania wyżej wymienionych warunków.

Schemat ilustrujący rozwiązanie nawialni barbotażowych /przeburzających/ podano na rys. C.

4.3.4. Nawianialnie kontaktowo-barbotażowe

Schemat ilustrujący rozwiązanie nawianialni kontaktowo-barbotażowych pokazano na rys. 7.

Tego typu nawianialnie mogą być wykorzystywane jako kontaktowe i/albo jako barbotażowe z zmienionym sposobem doprowadzenia gazu bezwonnego. Gaz doprowadzany jest nie otworem w dnie ale przewodem zanurzonym w środku nawianiającym co zmienia układ kinematyki przemieszczeń pęcherzy gazu. Właściwa praca tego typu nawianialni polega na tym, że część doprowadzonego bezwonnego gazu doprowadzana jest przewodem a_1 nad powierzchnię ciekłego nawianiacza a część wprowadzona jest przewodem a_2 zanurzonym w nawianiaczu.

Pomiędzy odgałęzieniem doprowadzającym gaz bezwonne do zbiornika z nawianiaczem a przewodem odprowadzającym nawoniony gaz ze zbiornika do rurociągu głównego umieszczony jest element nastawczy /przepustnica lub zasuwa/.

Regulacja ilości dodawanego środka nawianiającego polega albo na zmianie różnicy ciśnień /tym samym strumienia objętości/ pomiędzy wlotem odgałęzienia doprowadzającego gaz bezwonne do zbiornika a odgałęzieniem odprowadzającym nawoniony gaz ze zbiornika do rurociągu głównego.

Ponadto regulacja może być realizowana za pomocą zmiany rozdziału strumienia objętości podawanego nad powierzchnią ciekłego nawianiacza przewodem a_1 i/albo przewodem a_2 w nim zanurzonym.

Nawianialnie kontaktowo-barbotażowe powinny spełniać warunki jak barbotażowo /przeburzające/.

Wady tych nawianialni są analogiczne jak barbotażowych częściowo tylko zniwelowane poszerzonymi możliwościami regulacji, skutecznej w ustalonych warunkach pracy.

4.3.5. Nawanianie kropłowe

Stosowane są one w przypadku gdy wartość strumienia objętości gazu bezwonnego w rurociągu głównym jest prawie stała. Oznacza to, że przepływ odbywa się przy stałej różnicy ciśnień i przy stałej temperaturze gazu.

Gaz nawaniany jest bezpośrednio w rurociągu głównym. Proces nawaniania realizowany jest w ten sposób, że ze zbiornika ze środkiem nawaniającym za pomocą zaworu iglicowego wprowadzone są krople nawaniacza do rurociągu głównego. W zbiorniku, z którego bezpośrednio podawany jest środek nawaniający panuje ciśnienie doprowadzone z rurociągu głównego. Pod ciśnieniem wyprowadzonym z rurociągu głównego odbywa się również uzupełnianie środka nawaniającego ze zbiornika rezerwowego do zbiornika, z którego odbywa się nawonienie. Ustawienie częstości podawania kropeł regulowane jest ręcznie przy równoczesnym przeliczaniu ilości kropeł przy obserwacji wzrokowej przez szkło wziernikowe.

Wadą nawaniania kropłowego jest potrzeba częstej kontroli ilości spadających kropeł powodowanych głównie zmianą lepkości nawaniacza w różnych temperaturach oraz zatykanie się zaworu iglicowego zanieczyszczeniami środka nawaniającego.

Schemat ilustrujący rozwiązanie nawaniania kropłowego pokazano na rys. 3.

4.3.6. Nawanianie wtryskowe

W nawanianiach wtryskowych środek nawaniający wprowadzany jest bezpośrednio do gazociągu głównego za pomocą pompy wtryskowej. Wprowadzana objętość nawaniacza zależy od mierzonego strumienia objętości gazu bezwonnego.

Zmiany wprowadzanej dawki środka nawaniającego w zależności od mierzonego strumienia objętości nastawiane są poprzez zmianę częstotliwości i/lub zmianę skoków tłoczka pompy /objętości dawki podawanej w czasie jednego skoku tłoczka/,

Nawianialnie wtryskowe zapewniają najmniejsze wahania stężenia środka nawaniającego w przepływającym gazie z pośród wyżej podanych rozwiązań różnego rodzaju nawianialni.

Współcześnie produkowane nawianialnie wtryskowe mogły uzyskać taką opinię dzięki wprowadzeniu do ich rozwiązań układów automatyki. Układy te samoczynnie utrzymują wprowadzanie dobranej dawki środka nawaniającego do ustalonej objętości gazu bezwonnego. Znaczący to zwiększając lub zmniejszając ilość podawanego nawianiacza odpowiednio od zmian strumienia objętości gazu bezwonnego w rurociągu głównym.

Dodatkowo nawianialnie wtryskowe wyposażone są w pomiar objętości podawanej dawki i urządzenie dla wprowadzania do rurociągu nawadniacza w postaci rozpylonej zbliżonej do mgły.

Schemat ilustrujący rozwiązanie nawianialni wtryskowych pokazano na rys. 9.

5. Analiza stosowanych rozwiązań nawianialni

5.1. Proces nawianiania

Nawianianie jest procesem, w którym ciecz zwana czynnikiem nawaniającym lub nawianiaczem jest wprowadzona do gazu bezwonnego dla spowodowania by gaz dostarczany odbiorcom posiadał charakterystyczny zapach.

W czasie przebiegu procesu powinno się otrzymać jednorodną i niezmienną w czasie mieszaninę w postaci gazowej o stałej wartości intensywności zapachu.

W trakcie procesu powinno się doprowadzić do postaci gazowej nawaniacz i uzyskać jego dokładne wymieszanie z gazem bezwonnym.

Dążenie do otrzymania stałej wartości intensywności zapachu realizowane jest zazwyczaj poprzez zwiększanie lub zmniejszanie ilości wprowadzanego nawaniacza w zależności od zmian strumienia masy gazu bezwonnego przepływającego rurociągiem zasilającym oddiornców dla których jest on nawaniany.

W metodzie absorbcyjnej wymuszane jest to przez zmianę strumienia objętości gazu przepływającego w obejściu /bajpasie/. W metodzie bezpośredniego dozowania wymuszane jest podawaniem stosownej ilości nawaniacza w odniesieniu do zmian strumienia gazu przepływającego rurociągiem zasilającym.

Zadawaną do utrzymania wartość intensywności zapachu w warunkach eksploatacyjnych wyznacza się w oparciu o zależności podane w punkcie 1.3. i 1.4. rozdziału 1 i koryguje się doświadczalnie. By wartość intensywności zapachu była wyznaczona jednoznacznie powinna być odniesiona do znormalizowanych warunków.

Zgodnie bowiem z równaniem stanu Clapeyrona dla gazów doskonałych spełniona powinna być zależność

$$p \cdot v = R \cdot T \quad /4/$$

gdzie: p - ciśnienie

v - objętość właściwa

R - stała gazowa indywidualna

T - temperatura wg skali Kelvina

Pamiętać przy tym należy, że odchylenia własności gazów rzeczywistych od własności gazów doskonałych można pominąć w technice na ogół przy ciśnieniach niższych od 20 bar

i temperaturach co najmniej dwukrotnie większych od temperatury krytycznej.

Podobna współzależność w rozbudowanej formie występuje dla równania stanu gazów rzeczywistych Van der Waalsa.

Z równania van der Waalsa nie jest jednak tak widoczna jak dla opisu równaniem stanu Clapeyrona współzależności objętości właściwej od ciśnienia i temperatury gazu.

$$U = \frac{RT}{P}$$

I zmian objętości gazu od zmian objętości właściwej i masy podczas przepływu w gazociągu

$$U = \frac{1}{\rho} = \frac{V}{m} = \frac{V}{n \cdot M} \quad /5/$$

skąd
$$V = U \cdot m = \frac{m \cdot R \cdot T}{P} \quad /6/$$

gdzie: - objętość gazu /m³/

m - masa gazu /kg/

ρ - średnia gęstość gazu

n - ilość gazu wyrażona w kilomolach

M - przelicznik kilomoli na kilogramy masy

Równanie stanu gazów rzeczywistych van der Waals opisał równaniem

$$\left(p + \frac{a}{V_0^2} \right) (V_0 - b) = RT \quad /7/$$

gdzie: a/V_0^2 - ciśnienie wewnętrzne uwarunkowane przyciąganiem między cząsteczkami

b - poprawka na objętość własną cząsteczek uwzględniająca odpychanie między cząsteczkami i równa poczwórnej objętości cząsteczek gazu w jednym molu gazu

$$b = N_A \frac{2}{3} \pi d^3$$

N_A - liczba Avogadry

d - średnica cząsteczki

Jeśli wielkości a lub b związać z parametrami stanu krytycznego P_K , V_{OK} , T_K gazu otrzymamy

$$b = \frac{1}{3} V_{OK} \quad a = \frac{9}{8} R \cdot T_K \cdot V_{OK}$$

$$\text{lub } V_{OK} = 3b; \quad P_K = \frac{a}{27b^2}; \quad T_K = \frac{8a}{27R \cdot b}$$

Stosowane są również inne opisy równania stanu gazów rzeczywistych z pośród, których do najbardziej znanych należą:

- równanie stanu Bertheltha,
- równanie stanu Wukałowicza i Nowikowa,
- równanie stanu Mayera.

Zależności 1, 2 i 3 są zależnościami empirycznymi. Przy czym zależności 2 i 3, zgodnie z nowelizowanymi normami zakładowymi, zalecane są do wstępnego ustalenia nominalnego stężenia nawaniacza w paliwie gazowym.

Z postaci równań 1, 2 i 3 widoczne jest, że nie ujmują one w jawnej postaci parametrów fizycznych od których zależy utrzymanie stałej wartości zapachu w gazie opałowym.

Poteż zmiany parametrów fizycznych odbiegających od normalnych or. 0°C i 760 mmHg , będą wielkościami nakłócającymi utrzymanie balanego stopnia zapachu w procesie nawaniania.

Opisane w rozdziale 2 urządzenia nawaniające poza rozwiązaniem nawarialni wtryskowych jedynie na zasadzie prób i błędów mogą być korygowane przez obsługę w zależności od zmian parametrów fizycznych występujących w równaniu stanu. Korekta praktyczna ma miejsce podczas uruchamiania nawarialni

i po przestojach przy zmianie nastaw przy przejściu z okresu letniego na zimowy i odwrotnie, ze względu na występujące różniące się między sobą przedziały zmian temperatury podczas przewonienia sieci, awarii, oraz potwierdzeniem informacji o zaistniałych głównie przewonieniach lub przeciekach.

5.2. Technika nawaniania

Wymagania zestawione w punkcie 2.1. zalecają utrzymanie stabilnej pracy nawaniania bez stałego nadzoru. Praktycznie na to również miejsce w znacznej ilości nawaniania.

W związku z tym na bieżąco niemożliwe jest korygowanie przebiegu procesu nawaniania przy występowaniu zakłóceń wywołanych zmianą wartości parametrów fizycznych nawanianego gazu, w zależności od zmian temperatury, ciśnienia i jego masy. Nawet przy korekcie procesu nawaniania prowadzonej przez obsługę stosownie do zmian parametrów fizycznych występują problemy. Najważniejszy z nich to opóźnienie transportowe przy przesyłce oraz otrzymaniem wyników pomiaru bezpośredniego wartości stopnia zapachu prowadzonego w sposób nieciągły.

Stopień nawonienia ma być osiągnięty u najdalej położonego użytkownika od nawaniania. W związku z czym proces nawaniania obarczony jest dodatkowym ograniczeniem związanym z opóźnieniem transportowym lub czasem po jakim może występować reakcja na wprowadzone korekty. Informacja o skutku wprowadzonej korekty otrzymywana jest już często wtedy gdy parametry fizyczne gazu opisanego równaniem stanu uległy zmianie w miejscu jego nawonienia.

W związku z czym kolejne korekty powinny być prowadzone w większym stopniu w odniesieniu do tendencji zmian a nie zmiany wartości stopnia zapachu jaki zamierzamy nastawić.

Należy podkreślić, że zgodnie z opinią służb eksploatacyjnych występowanie opóźnienia transportowego widoczne jest w jawnej formie przy rozruchu: nawianialni nowych jak i nawianialni wyłączonych przez dłuższy czas z ruchu. Występowanie jego tłumaczone jest pochłanianiem nawaniacza przez zanieczyszczenia, które osadziły się w rurociągu i nie jest związane z prędkością przepływu gazu w miejscu nawaniania.

Natomiast mierzalne jest opóźnienie transportowe spowodowane pomiarem stężenia zapachu, które są prowadzone w większości przypadków metodami laboratoryjnymi. Wynik tak prowadzonych pomiarów jest znany z opóźnieniem, który stanowi czas ich przeprowadzenia. Dodaje się do tego czasu, czas przesłania otrzymanych wyników pomiaru do nawianialni.

Technika nawaniania realizowana poprzez urządzenia istotę działania, których omówiono w punkcie 2.3. oparta jest na wprowadzeniu takiej ilości nawaniacza jaka dodana do 1 m^3 gazu bezwonego pozwala uzyskać leżący między wartościami 2 i 3 stopnia zapachu nawonionego w najbardziej odległym od nawianialni punkcie odbioru.

Nawanianie w praktyce odbywa się samoczynnie bez ciągłego nadzoru.

Same nawianialnie stanowią poza przypadkami bezpośredniego wprowadzania nawaniacza układy, które wymuszają wprowadzanie jego pary do gazu bezwonego bądź przy przepływie gazu nad lustrem i/lub przez przepływ przez nawaniacz albo osuszania działających na zasadzie knota występujących z nawaniacza tkanin odpowiednio rozpiętych w zbiornikach nawianialni.

Istota mechanizmu działania nawianialni opiera się na ustaleniu punktu pracy - zapewnienie odpowiedniego stopnia zapachu przez dobranie nastaw, przy których nawet przy

występowaniu różnego rodzaju zakłóceń stopień zapachu nawonionego gazu nie będzie mniejszy od 2 stopnia lub nie większy od 3 stopnia wg pięciostopniowej skali.

W stosowanych w Mazowieckim Okręgowym Zakładzie Gazownictwa /MOZG/ nawianialniach nie jest możliwe dobranie ich takich nastaw by przy wszystkich zakłóceniach występujących w gazociągach zapewnić właściwy stopień nawonienia.

Zmiany temperatury w okresie letnim oraz zimowym wymuszają możliwe do wprowadzenia zmiany nastaw dla dłuższego okresu pracy nawianialni. Natomiast zmiany ciśnienia w okresie poboru np. nocy do poboru szczytowego w porze obiadowej w dzień w większości przypadków nie dają możliwości uzyskaniażądanego stopnia nawaniania przy stałych nastawach ustalających punkt pracy dla maksymalnego poboru szczególnie gdy towarzyszą temu wahania temperatury i składu gazu. Podstawową wadą nawianialni poza nawianialniami wtryskowymi jest brak w nich możliwości samoczynnej zmiany nastaw w zależności od występujących zakłóceń. Inaczej mówiąc pracują one przy założeniu, że możliwe zakłócenia zmieniają się nieznacznie wokół ich średniej wartości w dłuższym okresie czasu. Założenie takie może nie być słuszne jeśli występujące zakłócenia zmieniają się w sposób przypadkowy i odbiegają wartościami od przyjętych uśrednionych wartości. Odpowiada to takiemu przypadkowi, przy którym poziom uśrednionych wartości zmienia się w sposób losowy.

Dla pracujących w takich warunkach nawianialni bez sprzężenia zmiany nastaw punktu pracy nawianialni od pomiarów wielkości zakłócających nie jest możliwe zapewnienie właściwego nawaniania.

W dużej grupie przypadków nie trzeba zapewniać sprzężenia nastaw od pomiaru wszystkich mierzalnych wielkości zakłócających a jedynie do wybranych np. pomiaru strumienia objętości lub

masy i sprzężenia tego pomiaru z ilością poddawanego bezpośrednio do gazu nawaniacza, jak to ma miejsce w nawanielniach wtryskowych.

5.3. Przegląd nawanielni stosowanych w MOZG

Według stanu na koniec czerwca 1994r Mazowieckiemu Okręgowemu Zakładowi Gazownictwa podporządkowane jest 40 nawanielni, z pośród których dwie znajdują się w końcowej fazie wyposażenia.

Nawanielnie obsługują gazociągi o maksymalnych przepływach gazu ziemnego od 300 m³/h do 50000 m³/h.

Dane o lokalizacji nawanielni, maksymalnego strumienia objętości gazu przez nie nawanianego oraz zasadę działania każdej nawanielni podano w tablicy 3.

Z danych zebranych w tablicy 3 widoczna jest dominacja 39 rozwiązań na 40 zainstalowanych w MOZG i działających w oparciu o zasadę dyfuzyjnego-absorbcyjnego wprowadzania nawaniacza do gazu ziemnego w nawanielniach powierzchniowych. Jedna nawanielnia o rozwiązaniu na metodzie bezpośrednio wtryskowej znajduje się w końcowej fazie instalacji. Ze względu na maksymalny strumień objętości gazu jaki powinien być nawoniony występuje 9 wielkości nawanielni:

- 1 do 300 m³/h
- 2 do 600 "
- 1 do 1000 "
- 7 do 1500 "
- 11 do 3000 "
- 4 do 6000 "
- 1 do 9000 "
- 12 do 25000 "
- 1 do 50000 "

Podstawowym elementem regulacyjnym nastawy punktu pracy omawianych nawianialni jest przepustnica służąca do zmiany strumienia objętości gazu przepływającego nad lub poprzez nawaniacz.

Za wyjątkiem nawianialni z bezpośrednim wtryskiem nawaniacza do gazociągu zestawione w tablicy 3 nawianialnie wprowadzają nawaniacz do gazu bezwonnego w odgałęzieniu od rurociągu głównego /bajpasie/. Zbiorniki nawaniacza zarówno robocze jak i rezerwowe wykonane są ze stali węglowej St3s. Nawianialnie pracują bez ciągłej obsługi. Obecnie jako nawaniacz stosowany jest tetrahydrotiofen /czterowodorotiofen/ THT. Podawanie jego przy ustawieniu punktu pracy jest tak dobierane by uzyskać stopień zapachu nie mniejszy od 2 i nie większy od 3. W przybliżeniu odpowiada to, w zależności od partii importowanego THT lub okresu jego przechowywania, dawkowaniu od około 15 mg/m³ do 30 mg/m³. Maksymalna dawka występuje głównie przy przewożeniu. Zwrócić należy uwagę, że przy paroletnim przechowywaniu stężenie THT maleje.

5.4. Wnioski z analizy

Aktualnie nie ma w MOZG pracujących nawianialni wtryskowych. Istniejące rozwiązania nawianialni stosowane w MOZG nie mają zainstalowanych takich urządzeń pomiarowych wielkości zakłócających, z których wartości mierzone mogą być przetwarzane na znormalizowane sygnały. W związku z tym nie mają one możliwości dokonywania samoczynnej zmiany nastaw elementów regulacyjnych nawianialni bez udziału obsługi.

Nominalnie pracują przy stałych nastawach zmienianych dla okresu letniego oraz zimowego i podczas przewożenia gazu lub w czasie rozruchu.

Zadawanie nastaw dokonywane jest ręcznie przez obsługę

sprawującą nad nimi nadzór nie w sposób ciągły.

Podane dane unaoczniają, że obecnie pracujące ~~nawianialnie~~ nie zapewniają możliwości dokładnego wprowadzania nawianiacza na jednostkę masy lub objętości gazu bezwonnego.

Nawianialnie zainstalowane w MOZG

Tablica 3

| Lp | Rejon zainstalowania | Maksymalna strumień objętości /m ³ /h/ | Rodzaj nawianialni |
|----|----------------------|---|-------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Arkuszowa | 3000 | Kontaktowa |
| 2 | Błonie I | 1500 | Kontaktowa |
| 3 | Białobrzegi | 6000 | Powierzchniowa - UNION w instalacji |
| 4 | Dębe | 3000 | Kontaktowa |
| 5 | Gassy | 3000 | Kontaktowa |
| 6 | Grabie St. | 25000 | Kontaktowa |
| 7 | Grodzisk Maz.I | 25000 | Kontaktowa |
| 8 | Jabłonna | 1500 | Kontaktowa |
| 9 | Janki | 1500 | Kontaktowa |
| 10 | Karczew | 25000 | Kontaktowa |
| 11 | Karczewska W. | 6000 | Kontaktowa |
| 12 | Kąty | 3000 | Kontaktowa |
| 13 | Kłudzienko | 600 | Kontaktowa |
| 14 | Konstancin I | 25000 | Kontaktowa |
| 15 | Leszno | 3000 | Kontaktowa |
| 16 | Łomianki I | 25000 | Kontaktowa |
| 17 | Magdalenka | 3000 | Kontaktowa |
| 18 | Marki | 6000 | Kontaktowa |
| 19 | Mory | 25000 | Kontaktowa |
| 20 | Nieporęt I | 300 | Kontaktowa |

c.d. Tablicy 3

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|----|-------------|-------|---|
| 21 | Nowy Dwór I | 3000 | Kontaktowa |
| 22 | Ożarów I | 1500 | Kontaktowa |
| 23 | Piaseczno I | 25000 | Kontaktowa |
| 24 | Radzików | 1500 | Kontaktowa |
| 25 | Radzymin | 3000 | Kontaktowa |
| 26 | Radzyńska W | 3000 | Kontaktowa |
| 27 | Reguły | 25000 | Powierzchniowa - UNION |
| 28 | Sękocin | 25000 | Kontaktowa |
| 29 | Skrzeszew | 3000 | Kontaktowa |
| 30 | Sokołów | 3000 | Kontaktowa |
| 31 | Sulejówek | 25000 | Kontaktowa |
| 32 | Święcice | 1000 | Kontaktowa |
| 33 | Szamocin | 50000 | Bezpośrednio wtryskowa Leva /w instalacji/ |
| 34 | Wiązownia | 1500 | Kontaktowa |
| 35 | Wieliszew | 9000 | Kontaktowa |
| 36 | Wólczyńska | 25000 | Kontaktowa |
| 37 | Zakręt | 6000 | Powierzchniowa - UNION |
| 38 | Ząbki | 25000 | Powierzchniowa - UNION |
| 39 | Zegrze | 600 | Kontaktowa |
| 40 | Zielona | 1500 | Kontaktowa |

6. Możliwości modernizacji zainstalowanych w MOZG nawianialni

Przeprowadzona analiza zainstalowanych w Mazowieckim Okręgowym Zakładzie Gazownictwa nawianialni oraz wytwarzanych w Polsce nawianialni przez Spółkę z o.o. UNION opartych o dokumentację nawianialni niemieckiej firmy Thielmann Energietechnik GMBH stanowi bazę wyjściową dla wskazania możliwości modernizacji.

Odnosi się to wyłącznie do nawianialni zainstalowanych w MOZG i tylko takie z wyłączeniem nawianialni wtryskowych są dalej omawiane.

Wszystkie nawianialnie pracują przy dobranej doświadczalnie w czasie uruchomienia nastawie.

Zazwyczaj dobór nastawy polega na ustaleniu określonego spiętrzenia w odgałęzieniu do którego podłączony jest zbiornik z nawianiaczem. Dokonywane jest to za pomocą przepustnicy umiejscowionej pomiędzy wylotem odgałęzienia z gazociągu doprowadzającym gaz nienawoniony do nawianialni a wlotem do gazociągu odgałęzienia doprowadzającym gaz nawoniony do nawianialni.

Poniżej przedstawiono 3 sposoby rozwiązań za pomocą których możliwa jest modernizacja omawianych nawianialni gazu w MOZG z wykorzystaniem lub odejściem od dotychczas zadawanej nastawy.

- 1/ Możliwości modernizacji zainstalowanych w MOZG nawianialni upatruje się w wprowadzeniu pomiarów wielkości wpływających /zakłócających/ lub elementów dozujących i powiązaniu wartości mierzonych /odmierzaných/ z zadawaniem nastawy lub nastaw strumienia objętości gazu dawki nawianiacza lub pozwalających na takie nawonienie gazu, które zapewnia osiągnięcie i stałe utrzymanie przyjętego w normach stopnia zapachu. Schematy blokowe rozwiązań odnoszące się do pierwszego sposobu rozwiązań podano na rysunkach od 10 do 12

2/ Wymuszenie przewonienia gazu w nawanielni powierzchniowej za pomocą podgrzewacza wodnego i regulowanie, w zależności i proporcjonalnie do mierzonego przepływu, wprowadzania strumienia objętości nawonionego gazu do rurociągu przesyłowego. Układ grzewczy wodny byłby wyposażony w regulację temperatury wody oraz układy zabezpieczające przed nadmiernym wzrostem ciśnienia połączonym z automatycznym wyłączeniem układu grzewczego, co pozwala by nawanielnia w takim przypadku mogła pracować jako powierzchniowa.

Schemat blokowy rozwiązania omówionego powyżej podano na rys. 13

3/ Wymuszenie nawonienia gazu proporcjonalnie do strumienia objętości przepływającego w odgałęzieniu, w którym umieszczono specjalne urządzenie. Urządzenie to byłoby adaptacją rozwiązania smarownic do powietrza typu EALDU lub EALB firmy SeMAC Co Ltd. Umożliwia ono na drodze pneumatycznej wytworzenie żądanego strumienia objętości mgły z cząstkami cieczy od 0,3 do 2 μ m.

Schemat blokowy rozwiązania przedstawiono na rys. 14

Rozwiązania proponowane powyżej jako 1 lub 2 odnoszą się głównie do nawanielni średnich i dużych. Wybór rozwiązania realizowanego proponuje się dokonać w oparciu o badania modelowe charakterystycznych węzłów rozwiązań układowych oraz wybranego jednego z dwu układów w konsultacji z służbami gazownictwa.

Rozwiązanie 3 przewidziano głównie dla małych nawanielni o maksymalnym strumieniu objętości nawonianego gazu w granicach ok. 1000 m^3/h . Sprawdzenie możliwości wykorzystania tego rozwiązania polegałoby na zakupie wzorca i adaptacji jego rozwiązania dla wykorzystania w procesie nawaniania.

7. Założenia na automatycznie działające urządzenia nawaniające z bezpośrednim wprowadzeniem nawaniacza do gazociągu

Proponowane do sprawdzenia sposoby modernizacji zainstalowanych w MOZG nawanielni nie ujmują rozwiązań stosowanych w nawanielniach wtryskowych.

Z współcześnie stosowanych sposobów nawaniania są one najlepsze. Składa się na to powiązanie zadanej ilości dawkowanego nawaniacza proporcjonalnie do mierzonych zmieniających się wartości strumienia objętości lub masy płynącego rurociągiem gazu.

Należy sądzić, że na bazie tego rozwiązania powstanie docelowe rozwiązanie przyszłościowe. Powinno ono być znacznie tańsze. Może to nastąpić w wyniku wprowadzenia do istniejącego rozwiązania układowego nowych materiałów, technologii i elementów, zmian sposobu produkcji oraz rozwiązania bezpośredniego lub dokładnego pośredniego pomiaru stopnia zapachu nawonionego gazu. Z tego względu niezbędne jest podjęcie opracowań, rezultatem których będzie doprowadzenie do powstania w MOZG nawanielni wtryskowej poprzez takie rozwiązania układowe by sukcesywnie mogło następować zastępowanie elementów z importu elementami opracowanymi i wytwarzanymi w kraju.

Analiza możliwości opracowania zautomatyzowanego urządzenia nawaniającego w oparciu o krajowe elementy i zespoły jest przedmiotem odrębnego opracowania.

By móc zrealizować w sposób ukierunkowany taką analizę przyjęto, że punktem wyjścia do jej opracowania będzie zestawienie parametrów technicznych w formie założeń.

Wymagane parametry techniczne dla automatycznie działającego urządzenia nawaniającego:

- środek nawaniający THT,
- praca ciągła całodobowa bez nadzoru z bezpośrednim wprowadzaniem nawaniacza do gazociągu,
- możliwość zapewnienia osiągnięcia koncentracji THT
 - minimalna 10 mg/Nm^3 ,
 - maksymalna umożliwiająca przewonienie gazu w zależności od przyjętych wartości dla konkretnej instalacji nawaniającego gazu,
- zmiany ilości THT dodawanego do gazu nawanianego w zależności od mierzonych w sposób ciągły wielkości:
 - strumienia objętości lub masy przeliczonej na Nm^3/h lub kg/h ,
 - temperatury i/albo ciśnienia jako wielkości korekcyjnych,
- znormalizowane sygnały we/wy
 - cyfrowe impulsy odniesione do wartości objętości gazu w Nm^3
 - analogowe $4 \pm 20 \text{ mA}$ lub $0 \pm 20 \text{ mA}$.
- zapewnienie szczelności przed przedostawaniem się na zewnątrz gazu i THT z wszystkich elementów nawaniarni i ich wzajemnych połączeń i podłączeń do gazociągu i zbiorników,
- realizację wprowadzania nawaniacza przez typoszereg nawaniarni dla różnej wielkości gazociągów w których maksymalnych strumieniach objętości zawierają w przedziale od $600 \text{ Nm}^3/\text{h}$ do $100000 \text{ Nm}^3/\text{h}$,
- automatyczne uzupełnianie zbiornika roboczego THT ze zbiornika rezerwowego,
- sygnalizacja niesprawności działania nawaniarni i jej głównych zespołów, przecieków oraz osiągnięcia minimalnej ilości THT w zbiorniku rezerwowym,
- zapewnienie wydalania z przewodów w obiegu zamkniętym pozostałości THT przy wymianie zbiorników lub przy uzupełnieniu zbiornika rezerwowego.

Nawaniaalnie pracujące automatycznie powinny być wykonane z materiałów i spełniać wymagania dopuszczone nowelizowaną Zakładową Normą PGNiG Warszawa ZN-/ /06 p.t. „Wymagania dla urządzeń i instalacji nawaniających” oraz instrukcji dotyczących nawaniania gazu obowiązujących w MOZG.

Proponuje się by wzorcem odniesienia dla sposobu opracowania krajowej wersji automatycznie działających nawaniaalni o wprowadzeniu nawaniacza bezpośrednio do gazociągu były rozwiązania stosowane przez firmę z Austrii LEWA. Umożliwiłoby to unifikację nowoopracowanych rozwiązań z wprowadzonymi w kraju pojedynczymi nawaniaalniami kupowanymi od tej firmy. Równocześnie ich parametry techniczne i jakość uznawane są w Europie za przodujące.

7.1. Wyjściowe odniesienia ekonomiczne

Poza względami technicznymi szczególną uwagę należy zwrócić na aspekt ekonomiczny.

Podstawowym czynnikiem, który może przesądzić o wdrożeniu lub kompletacji opracowania krajowego będzie cena. Cena urządzenia krajowego powinna być niższa od ceny nawaniaalni o porównywalnych parametrach kupowanej zagranicą.

Wydaje się również, że nierealnym jest by cena ta mogła być niższa od produkowanych przez firmę UNION nawaniaalni powierzchniowych.

Powyżej podany przedział określono z zebrania zsumowania kosztów zakupu podstawowych zespołów urządzenia nawaniającego firmy LEWA i cen urządzeń nawaniających firmy UNION.

Cena urządzenia nawaniającego firmy UNION VOG-10000 z przepustnicą i obudową /aktualna na koniec czerwca 1994r/ wynosi ok. 108 mln zł.

Cena urządzenia nawaniającego wg rzeczywistych danych z zakupu od firmy LEWA po doliczeniu 20% upustu, oraz ceny obudowy, zbiornika rezerwowego i części zamiennych w analogicznym okresie wynosiła by ok. 340 tys. ASz co przy średnim kursie NBP za 1 ASz = 2050 zł daje cenę ok. 700 mln zł. Natomiast w zestawie konkretnie zakupionym po promocyjnych cenach /bez obudowy i zbiornika rezerwowego/ wynosiła ok. 215 tys. ASz co odpowiada ok. 440 mln zł. W oparciu o podane oszacowanie należy spodziewać się, że realnie spodziewana cena „K” nowo opracowanego urządzenia nawaniającego nawet przy osiągnięciu niższych cen niż na rynku europejskim realnie będzie mieściła się w przedziale

$$108 \text{ mln zł} < K < 700 \text{ mln zł}$$

Z oszacowania uwzględniającego różnice w

- doskonałości technicznej urządzeń automatycznych do bezpośredniego wprowadzania nawaniacza do gazociągu w stosunku do nawaniarni powierzchniowej należy spodziewać się, że K powinno mieścić się w przedziale

$$/450 + 500/ \text{ mln zł} < K < /600 + 700/ \text{ mln zł}$$

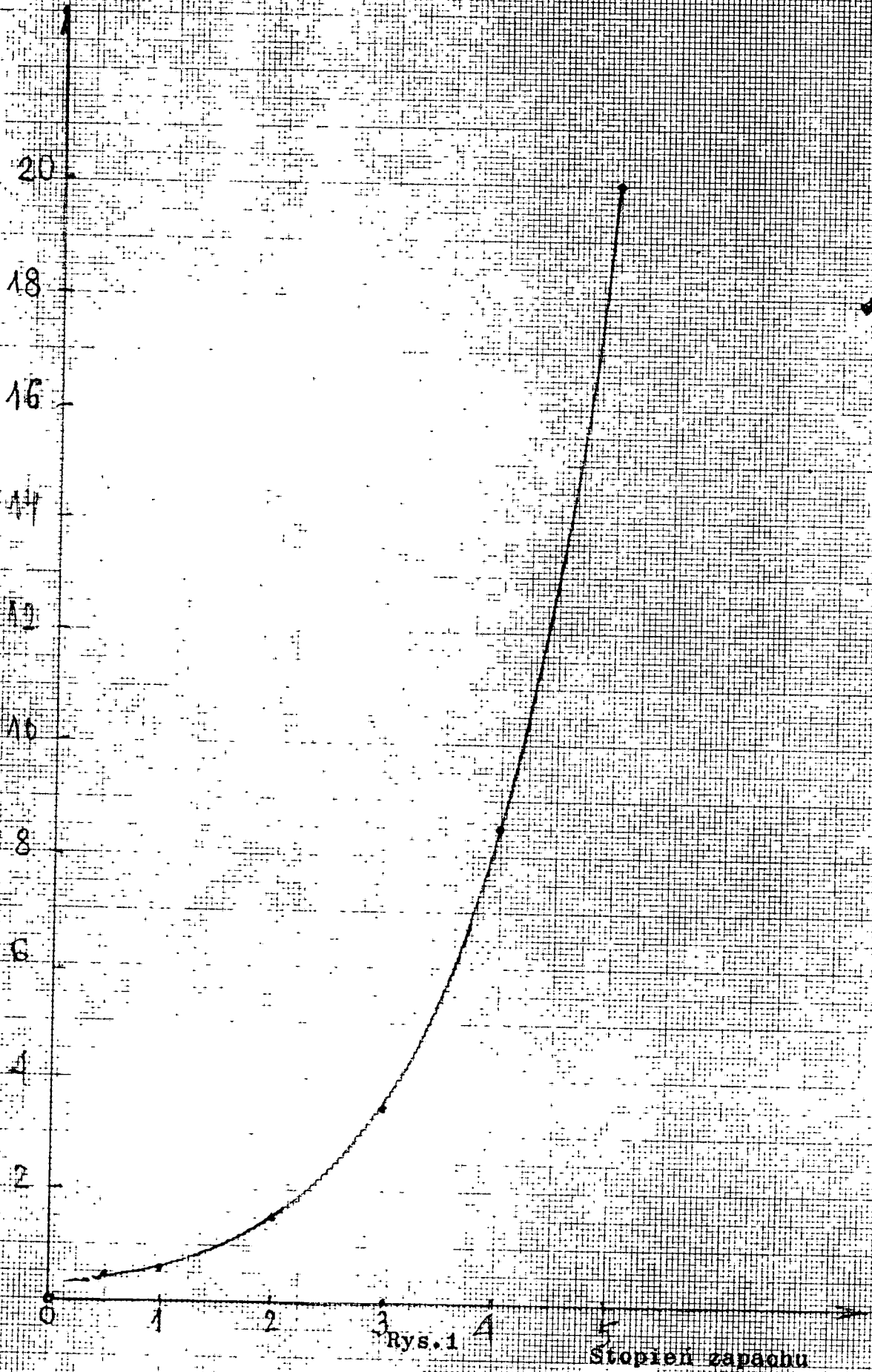
Natomiast różnica cen pomiędzy urządzeniami nawaniającymi pokazuje, że opłacalna jest modernizacja nawaniarni kontaktowych i ten kierunek opracowań powinien zostać podjęty szczególnie dla małych i średnich nawaniarni.

Domenę urządzeń nawaniających automatycznych powinny stanowić:

- gazociągi o dużych strumieniach objętości gazu, w których nawanianie innymi metodami następuje duże trudności eksploatacyjne i techniczne,

- istnieje możliwość nawaniania gazu w sposób scentralizowany dla grupy gazociągów eliminując istniejące na nich małe i średnie nawanianie kontaktowe. Ten kierunek działań jest szczególnie ważny ze względu na ilość nawaniania zainstalowanych w MOZG jak i wysoki koszt ich obsługi i eksploatacji.

Równoważnik wg wzorca, mg/m³

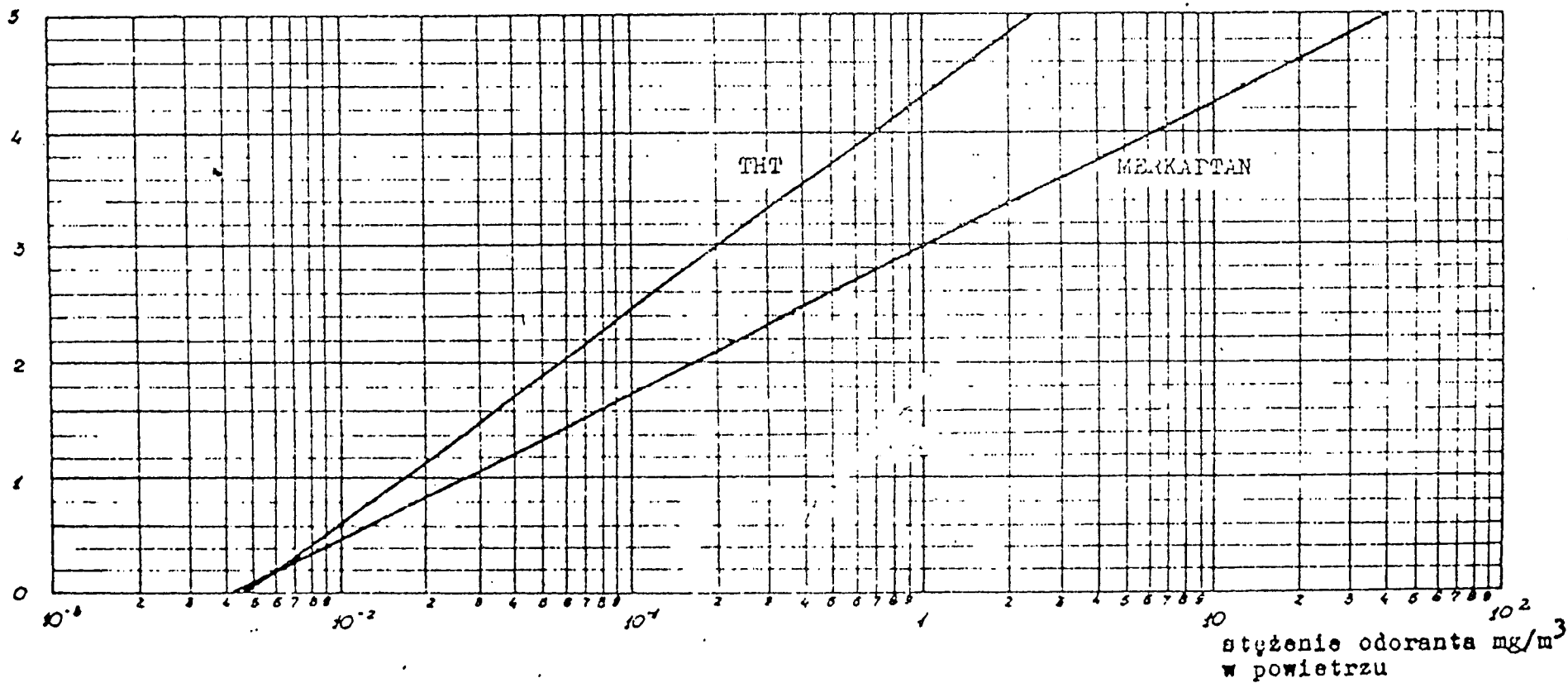


Rys. 1

Stopień zapachu

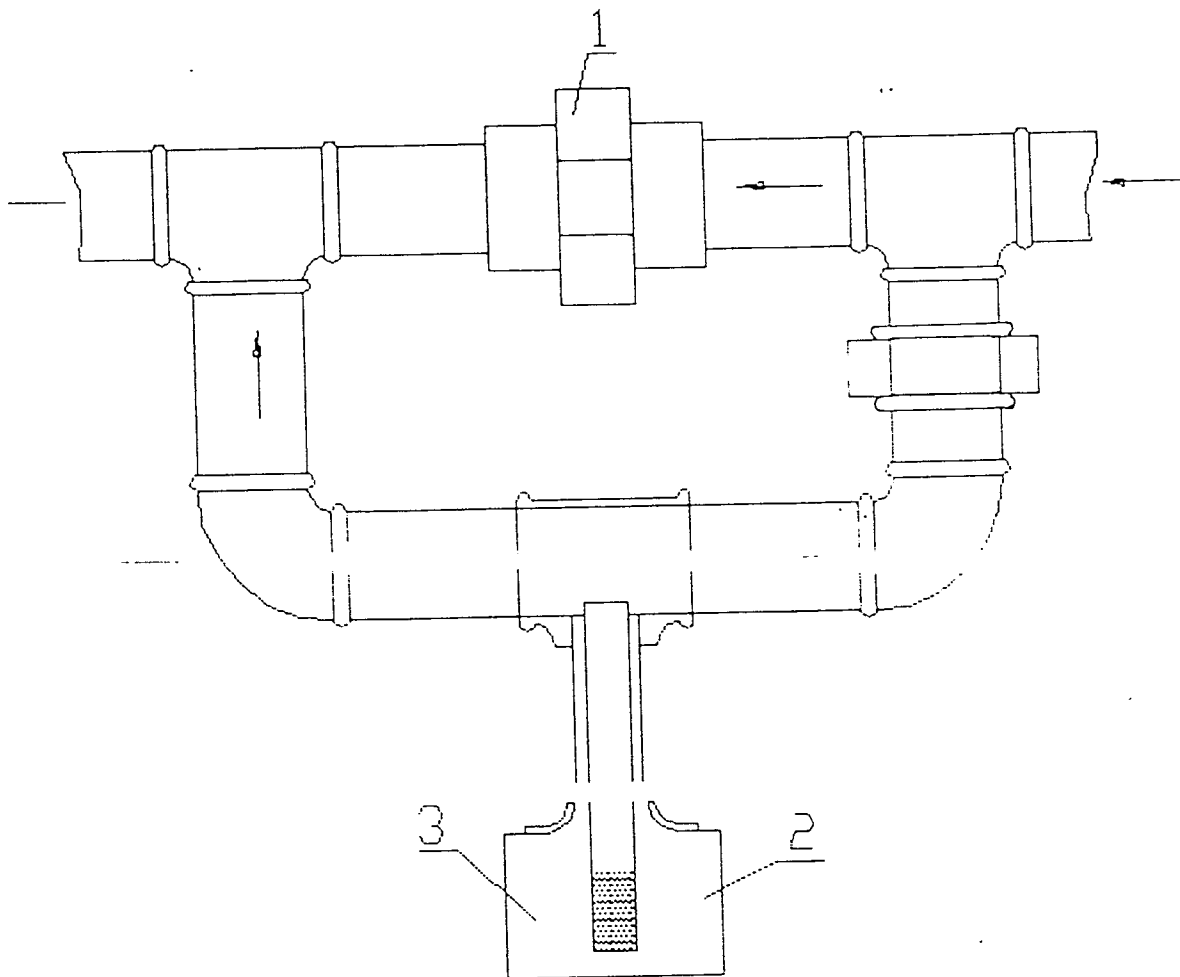
HA

Stopnie
zapachu



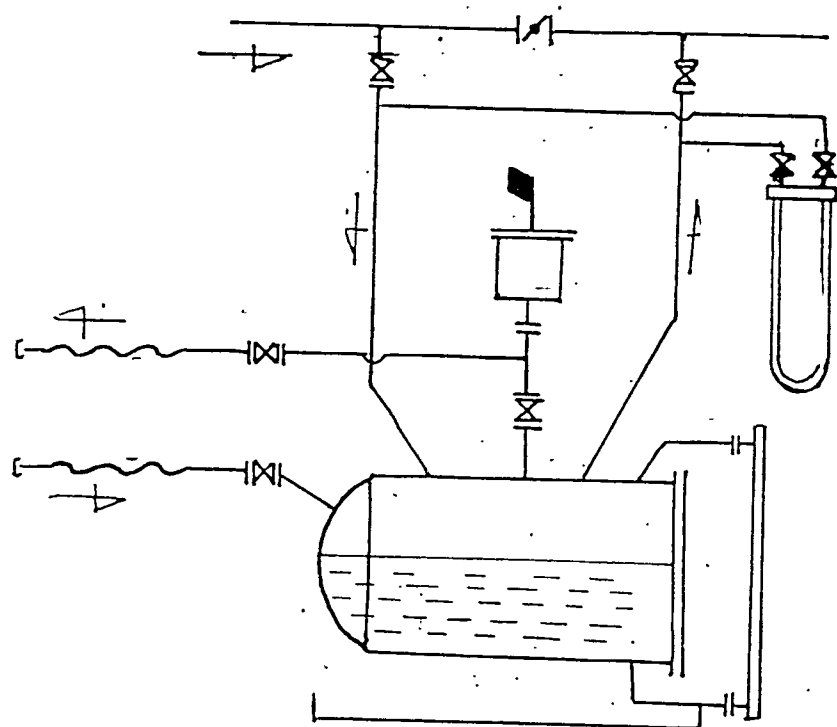
Rys. 3. Krzywe intensywności zapachu odorantów w powietrzu.

43



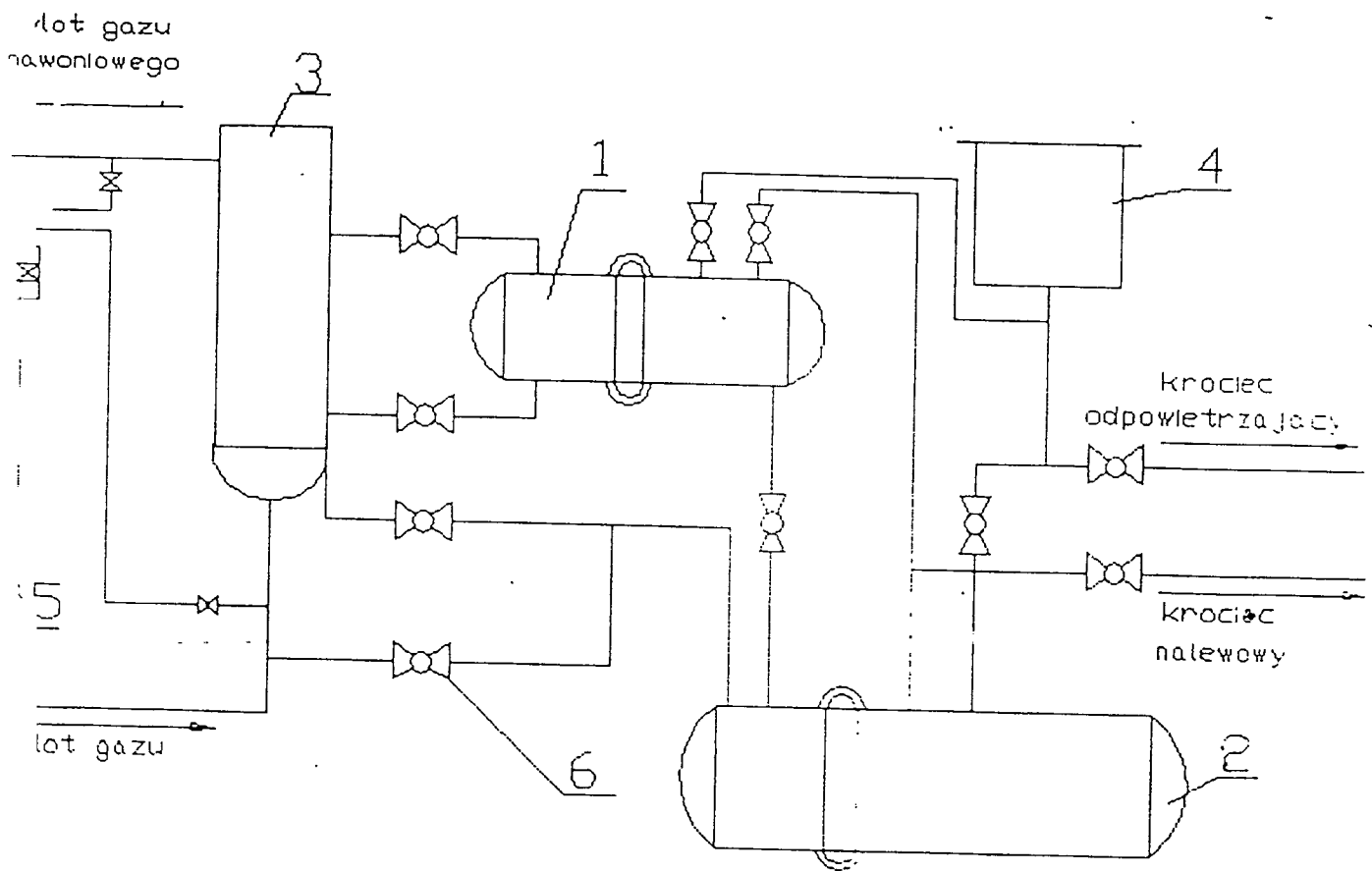
Rys.4 Knotowe urządzenie nawaniające

- 1. zasuwa lub przepustnica
- 2. zbiornik roboczy
- 3. knot



1. przepustnica regulująca stopień nawonienia
2. manometr różnicowy
3. zbiornik roboczy
4. poziomowskaz
5. instalacja do napełniania zbiornika
6. instalacja do odpowietrzania
7. filtr koszykowy

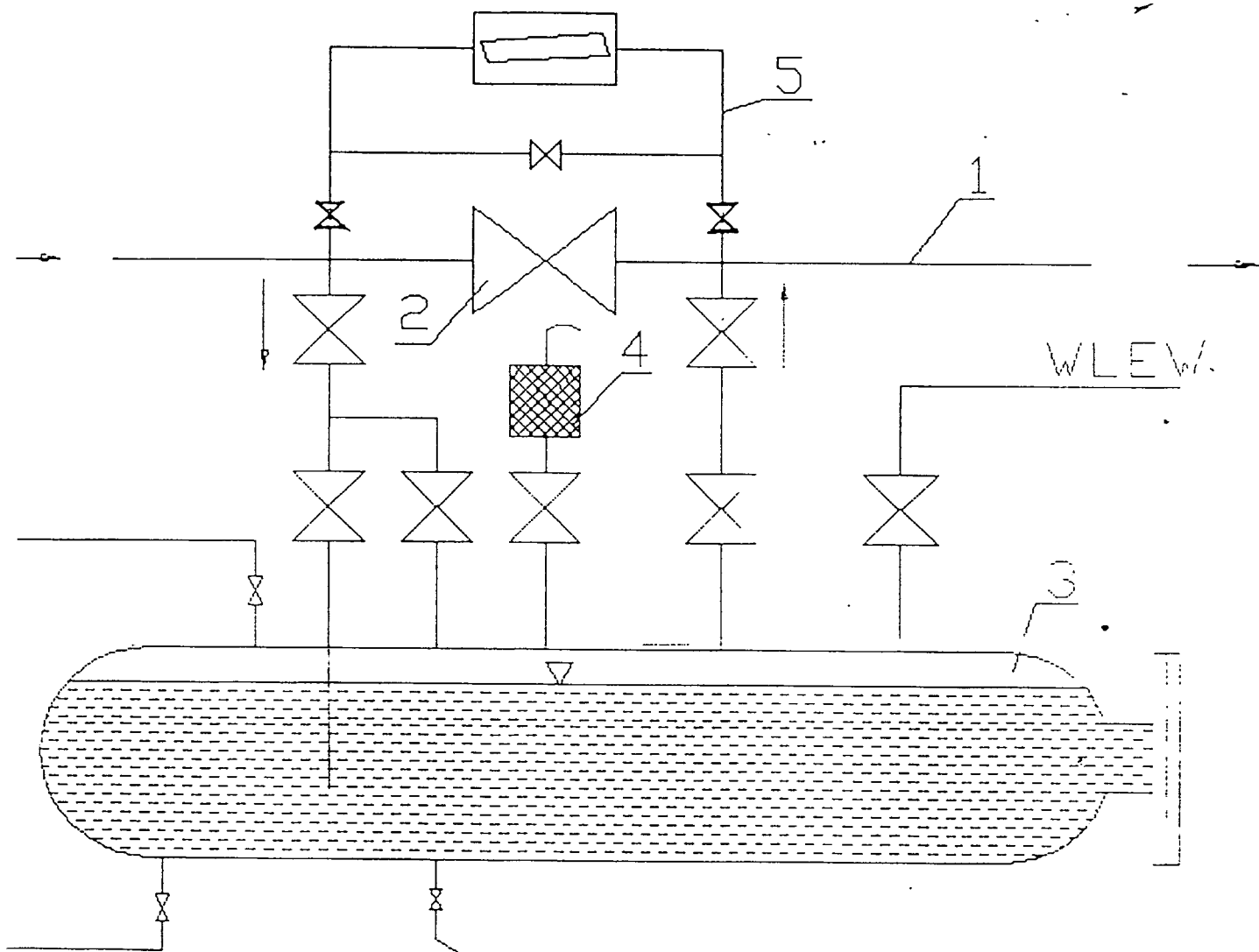
Rys 5 . Powierzchniowe urządzenie do nawaniania gazu.



Rys. 6 Barbotażowe (przeburzające)

urządzenie nawaniające

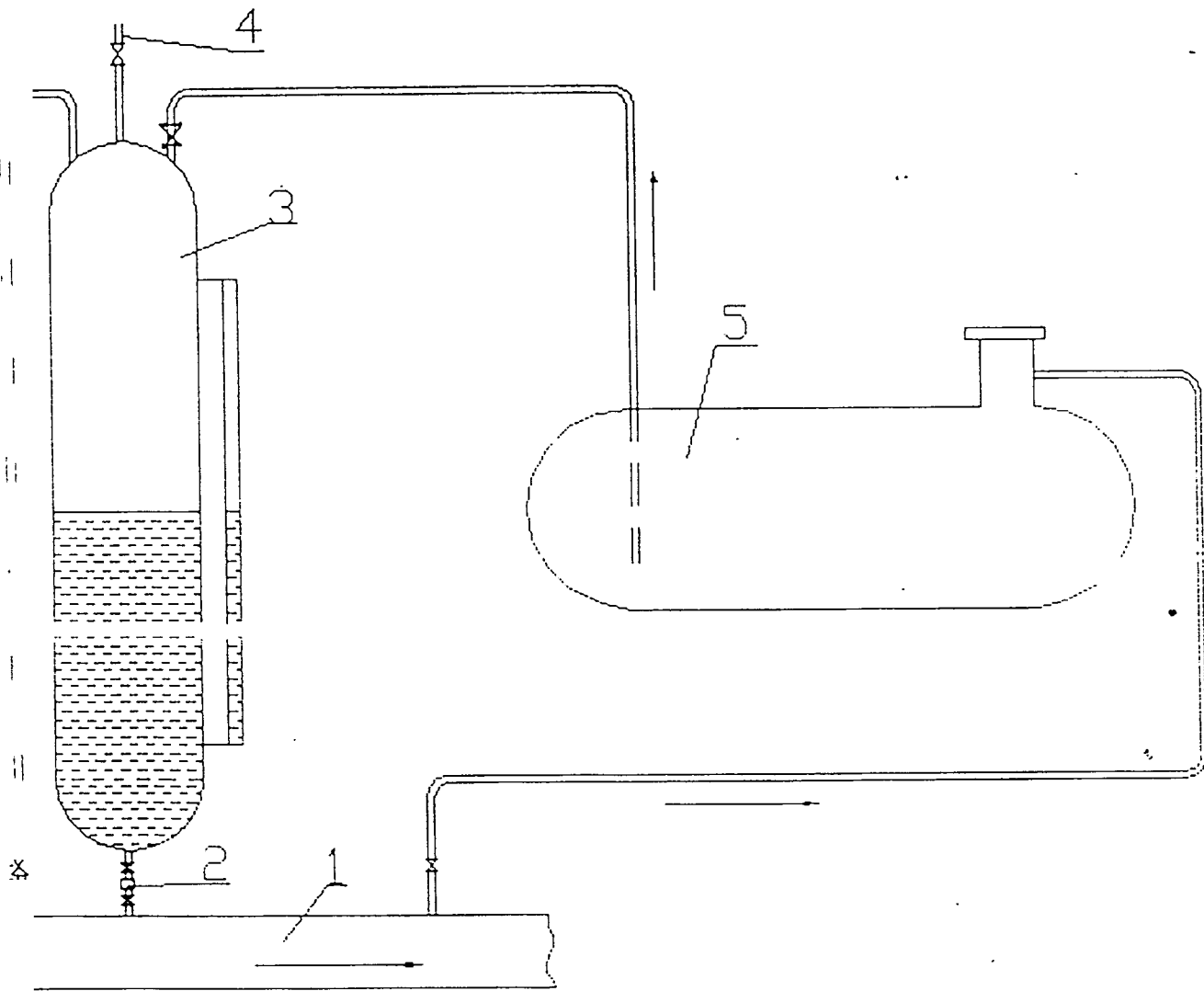
- 1. zbiornik roboczy
- 2. zbiornik rezerwowy
- 3. barboter
- 4. filtr koszykowy
- 5. manometr różnicowy
- 6. kurek dławikowy



Rys. 7 Kontaktowo - barbotażowe urządzenie nawaniające

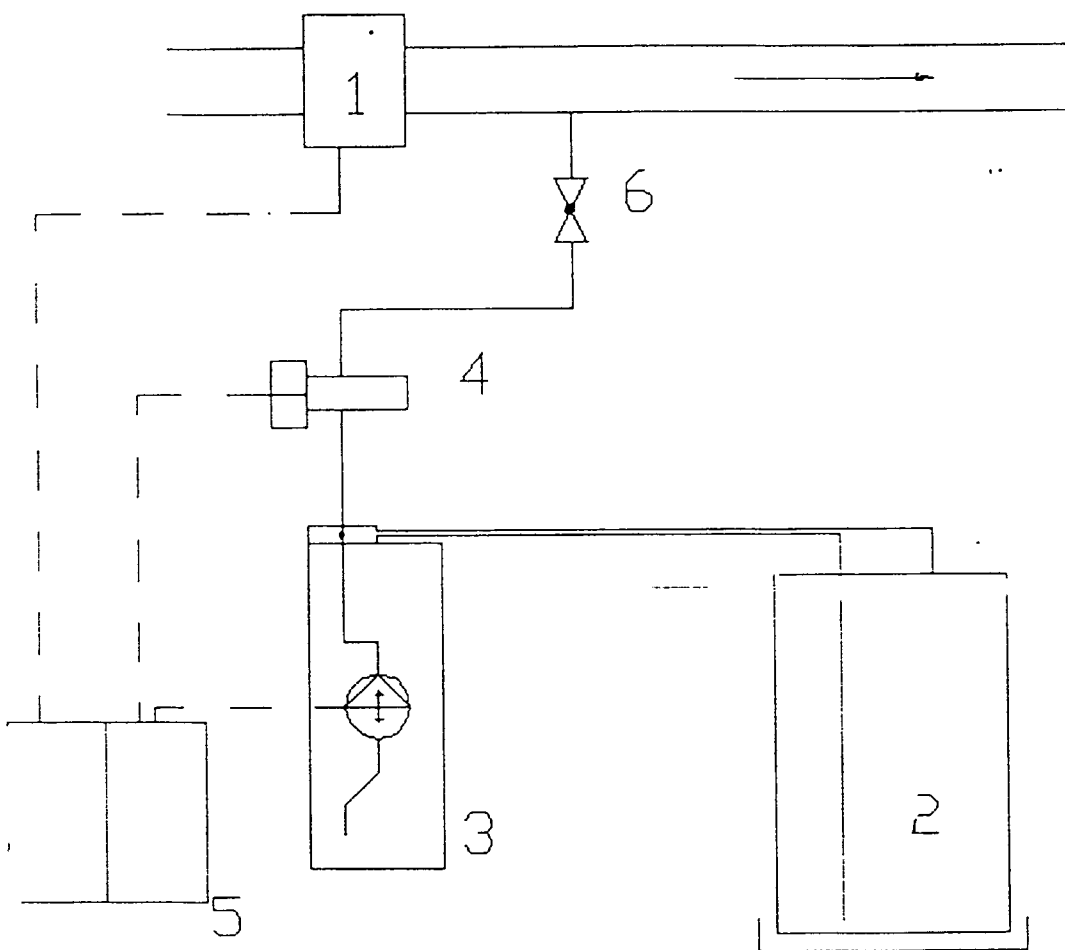
1. gazociąg
2. zasuwa spiętrzająca lub przepustnica regulująca stopień nawonienia
3. zbiornik roboczy
4. filtr
5. manometr różnicowy
6. poziomowskaz

117



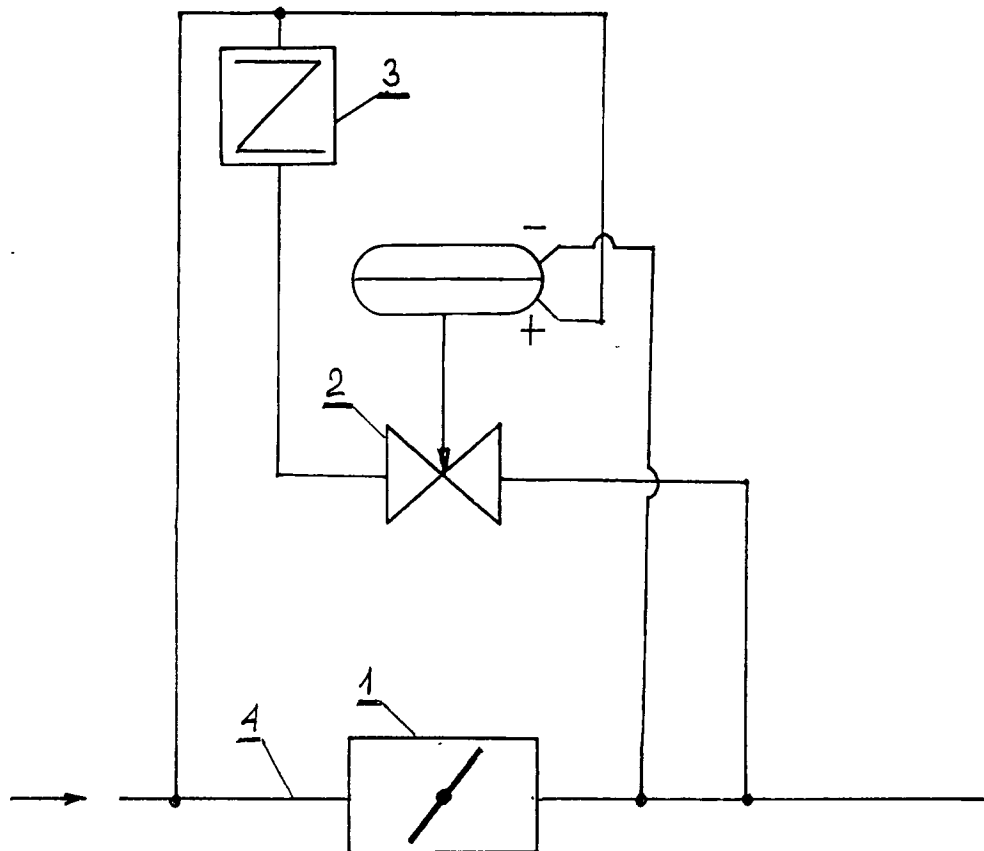
Rys 8 Kropłowe urządzenie nawaniające

- 1. gazociąg
- 2. wżernik z zaworem iglicowym
- 3. zbiornik roboczy
- 4. przewód odpowietrzający
- 5. zbiornik rezerwowy



Rys9 Instalacja do wtryskowego dozowania nawoiania

1. licznik gazu
2. zbiornik rezerwowy
3. zbiornik roboczy i pompa dozująca
4. przyrząd pomiarowy
5. sterowanie
6. injektor
sygnał analogowy 0 ... 20 mA
sygnał cyfrowy Imp Nm³



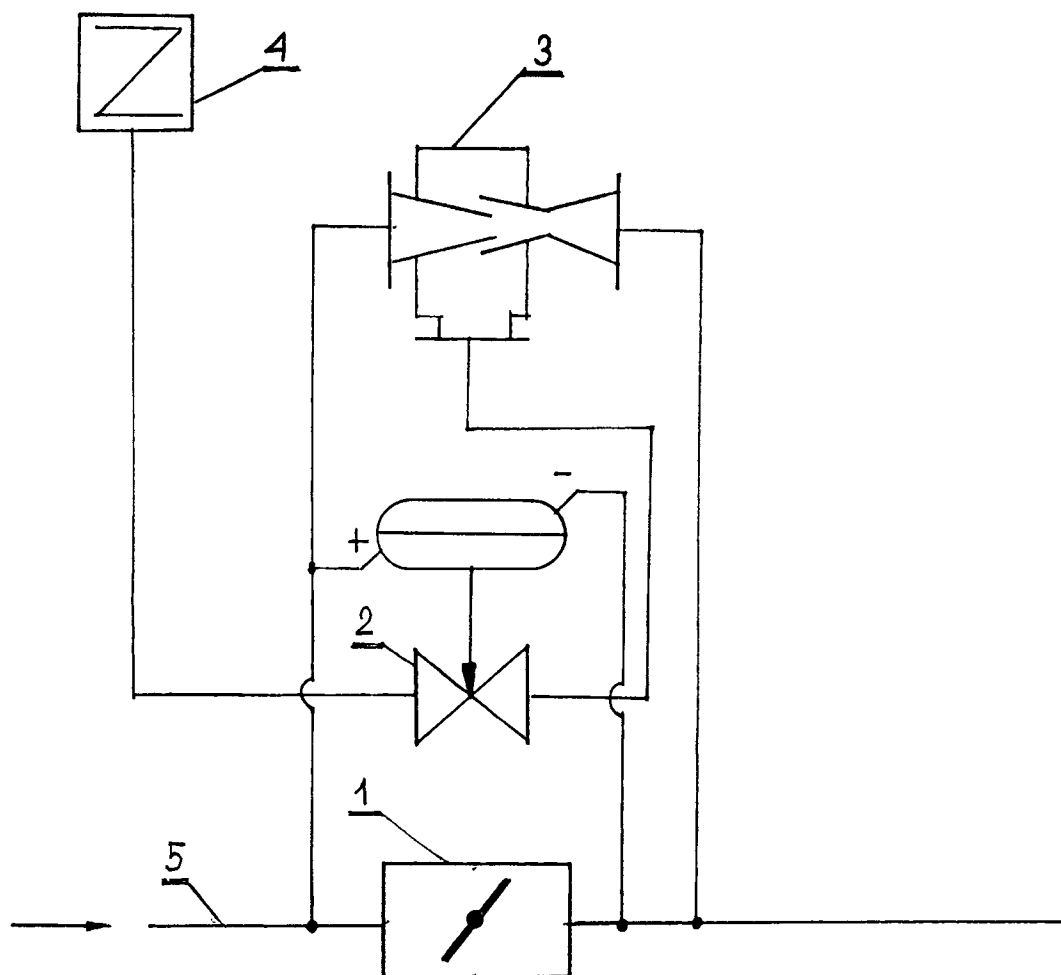
Rys.10. Układ z samoczynnym dawkowaniem

1 - przepustnica spiętrzająca nastawna

2- element dozujący

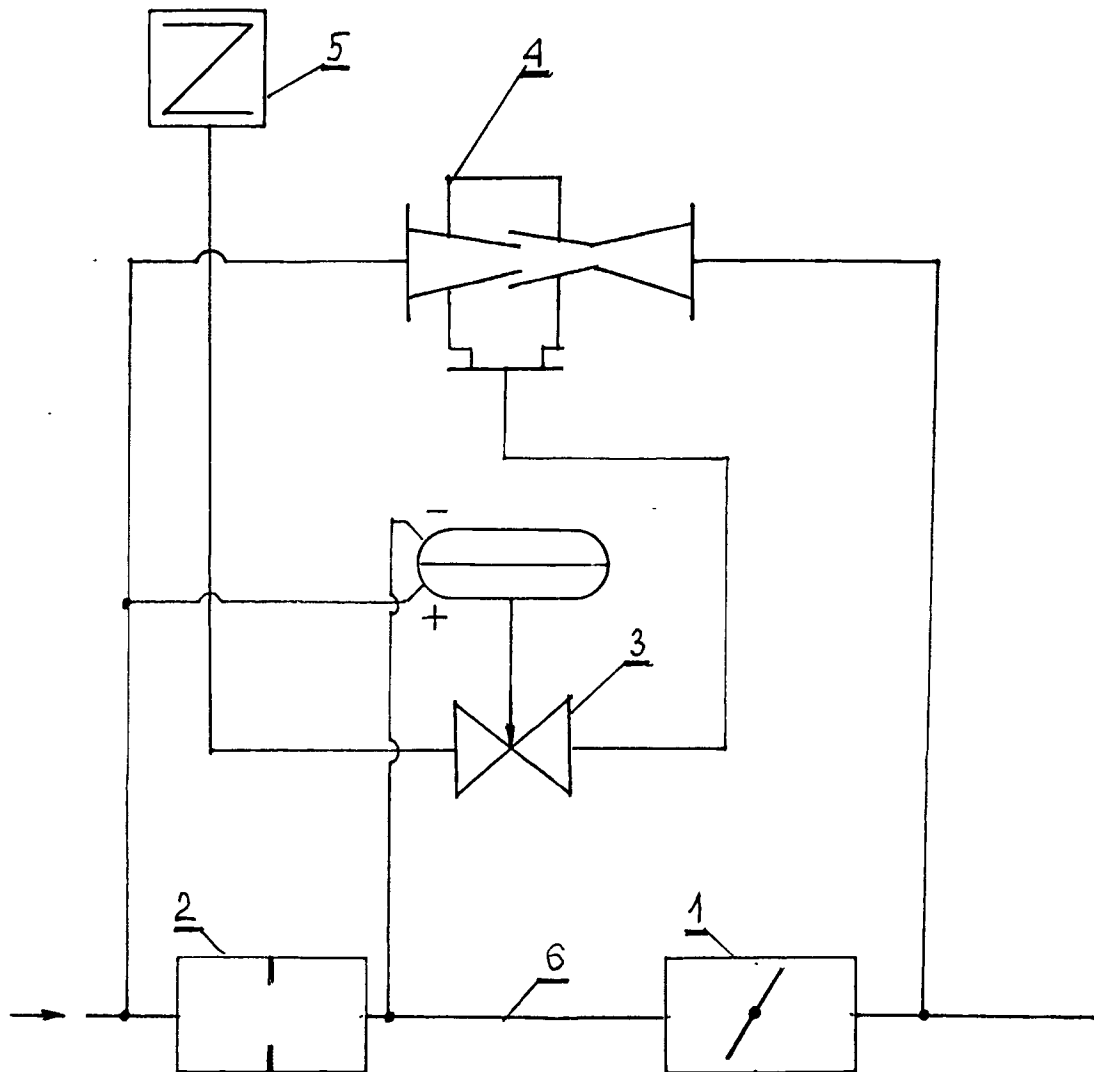
3- zbiornik nawaniacza

4- gazociąg



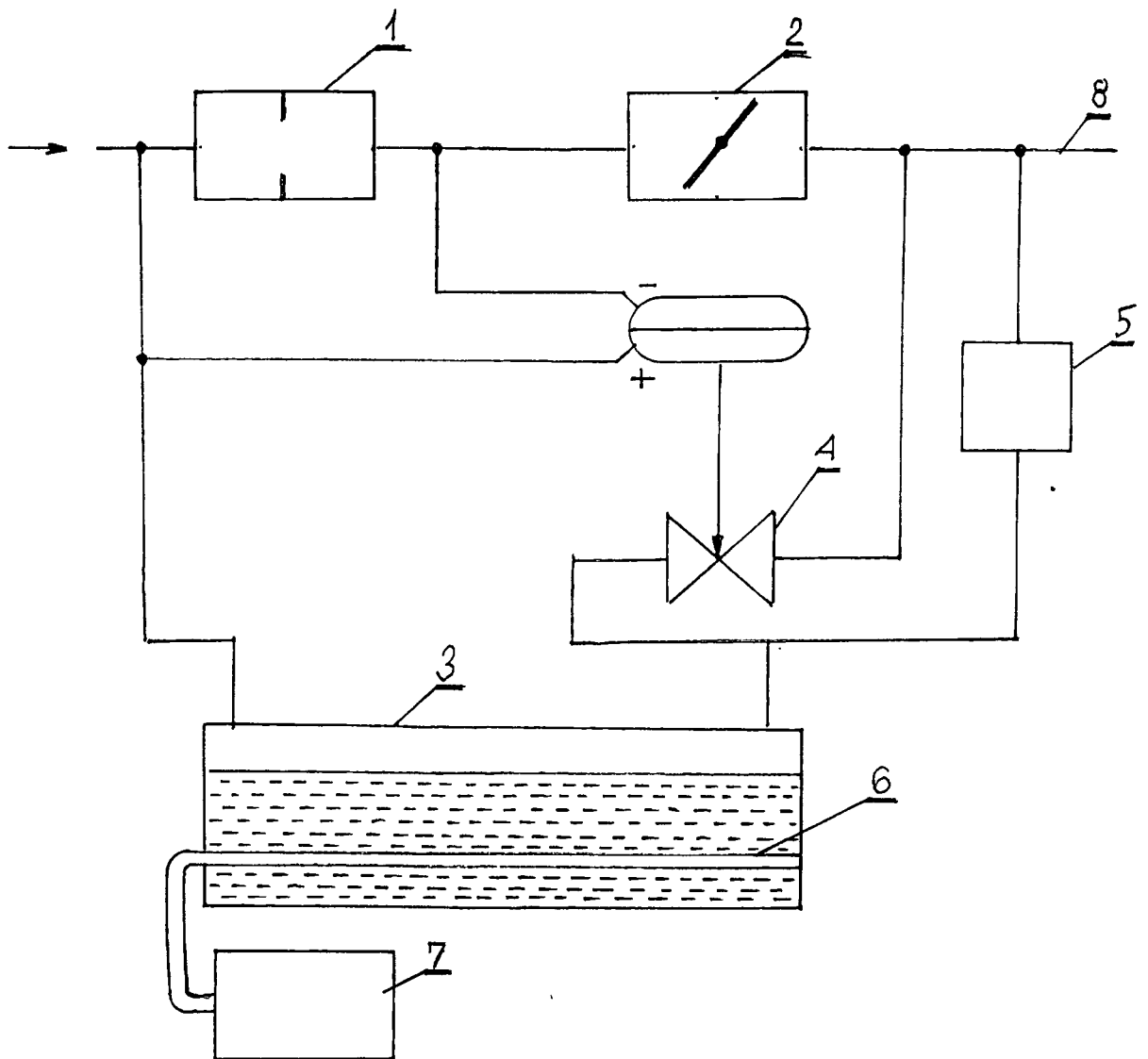
Rys.11. Układ z samoczynnym doprowadzaniem nawianicza do gazociągu.

- 1 - przepustnica spiętrzająca nastawna
- 2 - element dozujący
- 3 - injektor
- 4 - zbiornik nawianicza
- 5 - gazociąg



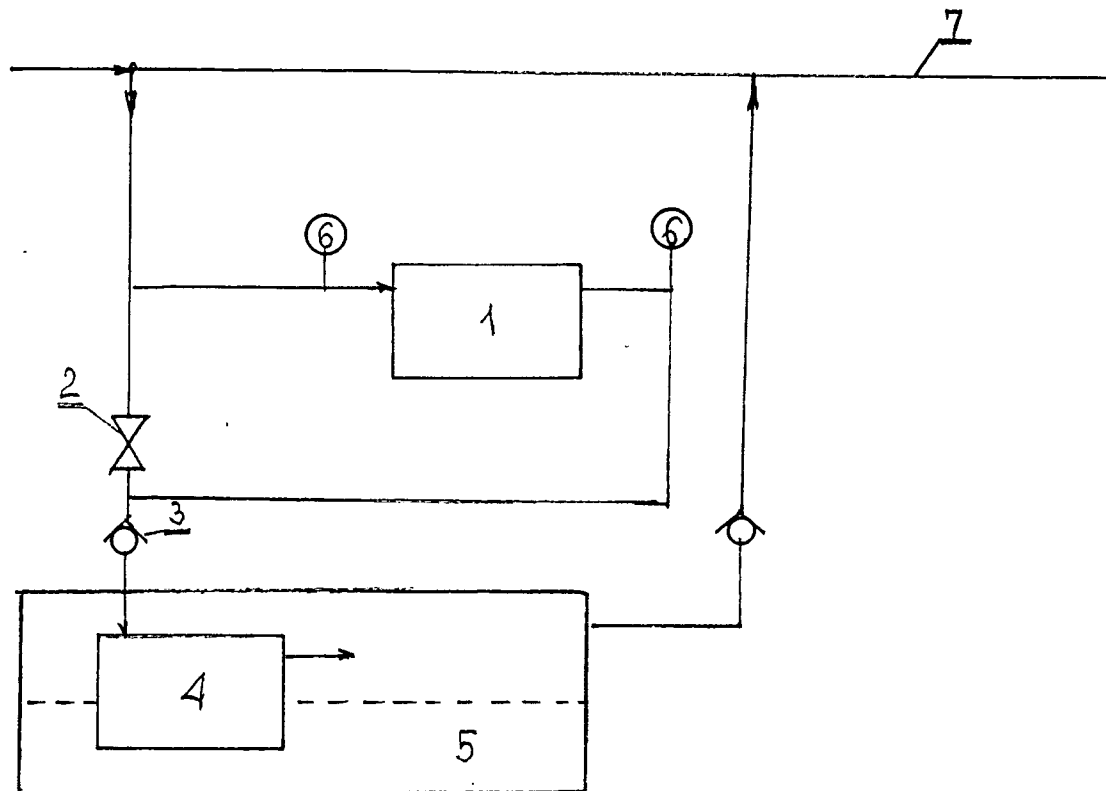
Rys.12. Układ 3 z samoczynnym doprowadzeniem
nawaniacza do gazociągu

- 1 - przepustnica spiętrzająca nastawna
- 2 - kryza pomiarowa
- 3 - element dozujący
- 4 - injektor
- 5 - zbiornik nawaniacza
- 6 - gazociąg



Rys.13. Samoczynny układ nawaniania kontaktowo - grzewczy z układem regulacji temperatury poza strefą zagrożenia.

- 1 - kryza pomiarowa
- 2 - przepustnica
- 3 - zbiornik roboczy
- 4 - dozownik
- 5 - zawór bezpieczeństwa
- 6 - podgrzewacz wodny
- 7 - układ grzewczy z dokładnie regulowaną temperaturą
- 8 - gazociąg



Rys.14. Układ nawaniania rozpylający

- 1 - regulator różnicy ciśnień
- 2 - specjalny zawór regulacyjny
- 3 - zawór zwrotny
- 4 - zespół wykonawczy mgły
- 5 - zbiornik z nawaniaczem
- 6 - mierniki ciśnienia
- 7 - gazociąg