

Piotr Klimek

Instytut Nafty i Gazu, Kraków

Zatłaczanie gazu składowiskowego do sieci dystrybucyjnej gazu ziemnego

W artykule przedstawiono problematykę dotyczącą możliwości zatłaczania gazu składowiskowego do sieci dystrybucyjnej gazu ziemnego oraz opisano sposób podniesienia parametrów gazu składowiskowego do wartości wymaganych przez operatorów sieci dystrybucyjnych gazu ziemnego. W artykule zwrócono uwagę również na konieczność wykonania analiz efektywności ekonomicznej proponowanych rozwiązań.

Landfill gas feeding to the natural gas system

In this paper possibility of landfill gas injection to the natural gas grids has been shown. Method of increase parameters of landfill gas to demanded value by natural gas grids operators was described. In article attention to necessity of carry out analysis economic efficiency proposed solutions has been paid.

Wstęp

Wzrost zapotrzebowania na energię, wymuszony ciągłym globalnym wzrostem gospodarczym, niesie za sobą potencjalne ryzyko wyczerpania się pierwotnych nośników energii, opartych o kopalne źródła węglowodorów (ropa, gaz) oraz węgla (węgiel kamienny, węgiel brunatny, torf). Zaspokojenie potrzeb energetycznych wymaga podjęcia działań zmierzających do efektywniejszego wytwarzania energii, rozwoju energetyki jądrowej lub zwiększenia udziału energetyki odnawialnej w całkowitym bilansie energetycznym. Ze względu na położenie geograficzne Polski, istotnym źródłem energii odnawialnej wydaje się być biomasa i uży-

skiwany z niej biogaz. Należy jednak zwrócić uwagę na fakt, że wytwarzanie biogazu z biomasy w sposób „programowany” za pośrednictwem biogazowni wymaga zapewnienia stałych dostaw substratu. W złożu odpadów komunalnych sytuacja jest zgoła odmienna, ponieważ biodegradowalna materia organiczna jest dostarczana w sposób ciągły lub została zdeponowana w ilości pozwalającej na stałą produkcję gazu składowiskowego. W związku z powyższym należy skupić uwagę na energetycznym zagospodarowaniu gazu składowiskowego, który wytwarzany jest samoistnie w złożu odpadów komunalnych.

Charakterystyka gazu składowiskowego

Gaz składowiskowy, który znajduje swoje miejsce w szerokiej definicji biogazu, powstaje w wyniku reakcji biochemicznych zachodzących w złożu odpadów komunalnych. Wytwarzanie gazu w złożu odpadów komunalnych, charakteryzującego się istotnymi parametrami energetycznymi (wartość opałowa na poziomie 17 MJ/m^3), możliwe jest wyłącznie w procesach beztlenowego rozkładu materii organicznej. Najbardziej pożądanym typem rozkładu jest proces metanogenezy, prowadzony przez grupę bakterii metanogennych. Podstawą zapoczątkowania procesu metanogenezy w złożu odpadów jest przede wszystkim:

- brak tlenu w odpadach; rozwój bakterii metanogennych, jako typowych beztlenowców, możliwy jest przy stężeniu tlenu w odpadach na poziomie zbliżonym do 0,0% (Vol/Vol),
 - dostateczna ilość materii organicznej, zawierającej potencjalnie dużo węgla biodegradowalnego,
 - dostateczna wilgotność odpadów; zawartość wody w odpadach jest konieczna do rozwoju bakterii, które wykorzystują wodę przede wszystkim do enzymatycznego rozkładu substancji pokarmowych.
- Do podstawowych składników gazu składowiskowego wytwarzanego w procesie metanogenezy należą:

- metan 40-65% mol/mol,
- dwutlenek węgla 35-60% mol/mol,
- tlen 0-1% mol/mol.

Poza wyżej wymienionymi składnikami w gazie składowiskowym występują również związki chemiczne stanowiące zanieczyszczenia, takie jak: siarkowodor, merkaptany, organiczne związki krzemu, czy chlorow-

copochodne. Istotnym składnikiem z punktu widzenia transportu i metod utylizacji gazu jest zawartość wody (w postaci pary wodnej). Wilgotność względna gazu składowiskowego mieści się w zakresie 80-90%, co przekłada się na wartość 6-8 g H₂O/m³ gazu.

Zakres stężenia zanieczyszczeń w gazie w znacznym stopniu warunkuje sposób jego utylizacji.

Sposoby utylizacji gazu składowiskowego

Gaz składowiskowy, ujmowany za pomocą mniej lub bardziej rozwiniętego systemu degazacyjnego, powinien zostać zutyliizowany na podstawie obowiązującego prawa w zakresie eksploatacji składowisk komunalnych (Dz.U. 2003 Nr 61 poz. 549). Zagospodarowanie gazu nie może jednak być celem samym w sobie, ze względu na jego niebagatelny potencjał energetyczny. Sposoby utylizacji gazu składowiskowego można dzielić według różnych kryteriów. Dla celów niniejszej analizy przedstawiono podział na sposoby **ograniczone** do obrębu składowiska oraz metody **nieograniczone**.

Do metod ograniczonych zalicza się:

- bezproduktywne spalanie w pochodni,
- spalanie w urządzeniach bezpośrednio wytwarzających energię cieplną (piece przemysłowe, kotły),

- wytwarzanie energii elektrycznej i ciepłej w skojarzeniu (kogeneracja rozproszona),
- wytwarzanie energii elektrycznej, ciepłej i chłodu (poligeneracja rozproszona).

Jedyną metodą, którą zalicza się do nieograniczonych jest dostosowanie parametrów gazu składowiskowego do parametrów gazu sieciowego i zatłaczanie do sieci. Proces dostosowania gazu składowiskowego prowadzi do uzyskania produktu gazowego – biometanu, który możemy określić również mianem substytutu gazu ziemnego (*Substitute of Natural Gas – SNG*). SNG z definicji to „mieszanina gazowa (zawierająca węglowodory) o składzie i właściwościach fizykochemicznych zapewniających uzyskanie parametrów gazu ziemnego”.

Uzasadnienie wyboru metody zatłaczania gazu do sieci

Podstawową zaletą zatłaczania gazu składowiskowego do sieci dystrybucyjnej gazu ziemnego jest maksymalizacja wykorzystania energii (elektrycznej i ciepłej). Poprzez sieć dystrybucyjną gaz doprowa-

dzany jest do odbiorników, które zlokalizowane są w miejscach umożliwiających wykorzystanie energii w sposób maksymalny (jednostki CHP, piece, kuchenki gazowe, instalacje CNG).

Parametry wymagane przez operatorów sieci dystrybucyjnej

W Polsce jakość gazu ziemnego określana jest za pomocą dwóch norm:

- **PN-C-04752:2002** *Gaz ziemny. Jakość gazu w sieci przesyłowej,*
- **PN-C-04753:2002** *Gaz ziemny. Jakość gazu dostarczanego odbiorcom z sieci rozdzielczej.*

Jakość gazów ziemnych powinna być taka, aby w sieci gazowej nie zachodziły zjawiska powodujące:

- niszczenie materiałów, z których są wykonane elementy sieci gazowej (zjawiska erozji, abrazji i korozji; wywołane nadmierną zawartością pyłu, tlenu, siarkowodoru, dwutlenku węgla i pary wodnej),
- zmniejszenie drożności gazociągów, armatury i urządzeń technologicznych; wywołane kondensa-

cją pary wodnej, kondensacją węglowodorów oraz tworzeniem się hydratów i pyłów.

W związku z tym dla systemu przesyłowego ważne są następujące wymagania:

- stężenie siarkowodoru – max. 7 mg/m³,
- stężenie tlenu – max. 0,2% (mol/mol),
- temperatura punktu rosy przy ciśnieniu 5,5 MPa:
 - w okresie letnim: +3,7°C;
 - w okresie zimowym: -5,0°C,
- zawartość węglowodorów ciężkich (mogących ulec kondensacji w t = -5,0°C): 30 mg/m³ [1].

W tablicy 1 zestawiono wymagania jakościowe według normy PN-C-04753:2002 dla gazów ziemnych dostarczanych odbiorcom z sieci rozdzielczej [2].

Tablica 1.

Wielkość charakteryzująca jakość gazu	Jednostka	Wymagane wartości		
		podgrupa		grupa E
		Ls	Lw	
Górna liczba Wobbego				
– wartość nominalna	MJ/m ³	35,0	41,5	50,0
– zakres zmienności		32,5-37,5	37,5-45,0	45,0-54,0
Ciepło spalania nie mniejsze niż	MJ/m ³	26,0	30,0	34,0
Wartość opałowa nie mniejsza niż	MJ/m ³	24,0	27,0	31,0
Zawartość siarkowodoru nie większa niż	mg/m ³	7,0	7,0	7,0
Zawartość par rtęci nie większa niż	µg/m ³	30	30	30

Przedstawione powyżej parametry jedynie w sposób uproszczony pozwalają przeanalizować możliwość zatłaczania gazu składowiskowego do sieci dystrybucyjnej gazu ziemnego. Dla poprawnej oceny wymienności dwóch różnych gazów można zastosować metodę Weavera. Gazem podstawowym nazywamy ten gaz, do którego urządzenia gazowe zostały dostosowane, natomiast gazem zamiennym jest gaz, którego możliwość spalania w danych urządzeniach chcemy ocenić. W przypadku, gdy w miejsce gazu ziemnego (gaz podstawowy) wprowadzamy gaz o innym składzie (gaz zamienny), to nie wystarczy zachowanie liczby Wobbego, aby proces spalania w danym urządzeniu

gazowym przebiegał w sposób prawidłowy (nie zakładamy możliwości regulacji pracy palników gazowych). Liczba Wobbego pozwala jedynie na uzyskanie podobnego obciążenia cieplnego, natomiast nie daje gwarancji prawidłowego spalania wprowadzonego gazu. Przy spalaniu gazu ważne są takie parametry jak: stabilność płomienia (określona skłonnością do cofania się płomienia lub jego odrywania), zapotrzebowanie powietrza oraz jakość spalania, wyrażona w tworzeniu się tlenku węgla i sadzy (nazwane współczynnikami Weavera). Paliwa gazowe o różnym składzie, które spełniają wszystkie podane kryteria, określa się jako wymienne [1].

Metody dostosowania parametrów gazu składowiskowego do wymagań operatorów sieci dystrybucyjnej

Porównując parametry jakościowe gazów ziemnych rozprowadzanych w systemie dystrybucyjnym (*Ls*, *Lw*, *E*) można stwierdzić, że gaz składowiskowy nie nadaje się do bezpośredniego wprowadzenia do sieci dystrybucyjnej, ze względu na nie spełnienie kryteriów jakościowych oraz wymienności gazu, nawet po jego wstępnym oczyszczeniu ze składników mogących mieć negatywny wpływ na proces transportu gazu (usunięcie przede wszystkim siarkowodoru i pary wodnej) [1].

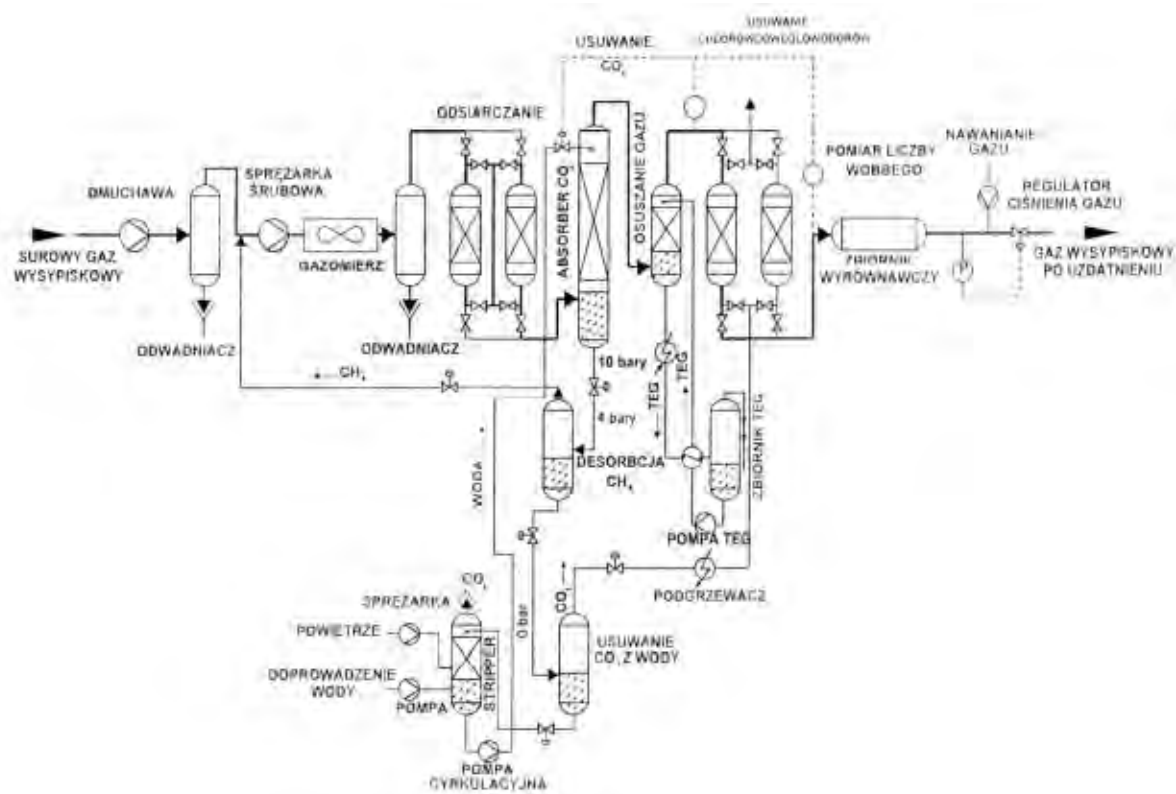
W związku z powyższym istnieje konieczność poddania gazu pozyskiwanego ze złoża odpadów komunalnych dalszej obróbce, w celu dostosowania jego parametrów do wartości wymaganych przez operatorów sieci dystrybucyjnych gazu ziemnego. Na rysunku 1 przedstawiono schemat instalacji do uzdatniania gazu składowiskowego.

Gaz surowy sprężany jest do 10 bar przy pomocy sprężarki śrubowej. Związki siarki (siarkowodor i mer-

kaptany) usuwa się z gazu przed absorpcją dwutlenku węgla, aby zanieczyszczenia te nie były emitowane do atmosfery w procesie desorpcji CO₂, powodując zanieczyszczenie środowiska. Dla usunięcia niewielkich ilości H₂S zawartych w gazie składowiskowym stosuje się prosty sposób suchego odsiarczania na tlenkach żelaza. Siarka z gazu wiązana jest na nich w postaci siarczku, który następnie zostaje utleniony do siarki elementarnej. Instalacja składa się z dwóch adsorberów, pracujących na zmianę. Przewidywany czas pracy jednego wsadu adsorbera wynosi ok. pół roku.

Do usuwania CO₂ z gazu stosuje się metodę wymywania wodą w płuczce wodnej. Jej zaletą jest niskie zużycie energii, niezawodność rozpuszczalnika, jego dostępność, prostota procesu technologicznego i jego regulacji.

Po absorpcji dwutlenku węgla gaz przechodzi do instalacji osuszania, realizowanego za pomocą TEG



Rys. 1. Schemat instalacji uzdatniania gazu składowiskowego [1]

(glikol trójetylenowy). TEG jest regenerowany przez ogrzewanie i rozprężanie, a po schłodzeniu zawraca się go do absorbera.

Ilość chlorowcowęglowodorów w gazie składowiskowym waha się w dużych granicach. W płuczce wodnej wymywa się tylko nieznaczną ich część, a do pełnego usunięcia służy adsorber wypełniony węglem

aktywnym. Stosowana technologia przewiduje dwa adsorbery, przemiennie regenerowane podgrzanym gazem zawierającym CO₂. Cykl zmienia się automatycznie, co 24 godziny.

Włączony na końcu ciągu technologicznego zbiornik buforowy wyrównuje liczbę Wobbe’go, nim gaz zostanie ostatecznie zbadany przy pomocy chromatografu [1].

Wnioski

Zastosowanie gazu składowiskowego jako alternatywnego źródła zasilania sieci dystrybucyjnych gazu ziemnego powinno znaleźć zastosowanie jedynie pod warunkiem:

- uzdatnienia gazu do parametrów wymaganych przez operatorów sieci dystrybucyjnych,

- przeprowadzenia analizy ekonomiczno-finansowej proponowanego rozwiązania.

Przeprowadzając analizę należy rozważyć możliwość rozbudowy instalacji zatłaczającej gaz składowiskowy o element biogazowni, gwarantującej stały dopływ gazu do instalacji.

Recenzent: doc. dr inż. Andrzej Froński

Literatura

[1] Barczyński A.: *Zastosowanie gazu wysypiskowego do zasilania rozdzielczych sieci gazu ziemnego*. Sympozjum Gaz Bezpieczny i Ekologiczny, Kierzk. Poznania, marzec 1997.
 [2] PN-C-04753:2002 – *Gaz ziemny. Jakość gazu dostarczanego odbiorcom z sieci rozdzielczej*.



Mgr inż. Piotr KLIMEK – asystent w Zakładzie Technologii Energii Odnawialnych INiG. Absolwent Wydziału Inżynierii Środowiska PK. Absolwent Wydziału Zarządzania AGH w Krakowie. Zajmuje się problematyką energetycznego wykorzystania biogazu, w tym aspektami ekonomicznymi. Od 2004 roku bierze czynny udział w realizacji międzynarodowych projektów badawczych.