Analiza instalacji absorpcyjnych
stosowanych do glikolowego osuszania gazu ziemnego

Cezary Pokrzywniak, Paweł Ścisłowski
pod kierunkiem dr. hab. inż. Stanisława Nagy, prof. AGH

Gaz ziemny w złożu jest w stałym kontakcie z wodą, dlatego w warunkach złożowych jest on nasycony parą wodną. W Polsce, w zależności od głębokości złoża, ciśnienie gazu wynosi od 350 do 600 barów, a temperatura od 120 do 140ºC. W procesie eksploatacji gazu ze złoża następuje spadek ciśnienia, któremu towarzyszy spadek temperatury, co powoduje wytrącanie się wody. Woda w gazie może tworzyć hydraty i korki wodne oraz powodować korozję i erozję materiałów – zjawiska te w bardzo niekorzystny sposób wpływają na rurociągi oraz urządzenia i instalacje służące do eksploatacji i przesyłu gazu.

Najbardziej rozpowszechnionym na świecie typem instalacji do osuszania gazu ziemnego jest metoda absorpcyjna wykorzystująca glikole. Rzadziej stosuje się adsorpcję na bazie tlenku glinu, żelu silikonowego, chlorku wapnia i inne. Glikole, w odróżnieniu od stałych dysykantów, mają dobre własności higroskopijne przy relatywnie niskich kosztach eksploatacji. W instalacjach osuszania najczęściej wykorzystuje się glikol etylenowy (EG), glikol dietylenowy (DEG), glikol trietylenowy (TEG), glikol tetraetylenowy (TREG), glicerol oraz glikol propylenowy. Instalacje te zwykle oparte są na kolumnowej lub wtryskowej technologii osuszania. W Polsce do połowy lat 90. w większości przypadków technologia osuszania gazu wykorzystywała metodę wtryskową. Glikol wtryskiwano zwykle bezpośrednio do rurociągu z przepływającym gazem. W Polsce ta technologia stosowana była między innymi w kopalniach gazu ziemnego w Żuchlowie, Załęczu, Paproci, Radlinie, Aleksandrówce, Grochowicach i Niechlowie.

Instalacja osuszania wtryskowego ma stosunkowo prostą konstrukcję oraz charakteryzuje się niskimi kosztami budowy i eksploatacji. Glikol wtryskiwany jest do poziomego rurociągu, gdzie pochłania wodę znajdującą się w gazie, a następnie bogaty w wodę glikol separowany jest na specjalnych separatorach. Niestety, metoda ta cechuje się wysokim wskaźnikiem strat glikolu oraz niską temperaturą uzyskiwanego punktu rosy wody. Wady te spowodowane są dużymi trudnościami z uzyskaniem stabilnego i skutecznego rozpylenia glikolu w rurociągu. Technologia ta nie pozwala na otrzymanie odpowiednio dużej powierzchni kontaktu gaz–glikol. Dodatkowymi problemami w jej poprawnym funkcjonowaniu są: przytykanie i szlifowanie dysz, jak również duże prędkości przepływającego gazu powodujące ścinanie i zbijanie rozpylanego glikolu w jeden strumień oraz kierowanie go na ścianki kolektora (w metodzie wtryskowej zaleca się, aby prędkość nie przekraczała 1,5 m/s). Wszystkie te czynniki wpłynęły na decyzję o przejściu na osuszanie kolumnowe.

W technologii osuszania kolumnowego glikol wtryskiwany (podawany) jest w górną sekcję pionowej kolumny, natomiast gaz kierowany jest do jej dolnej sekcji. Glikol grawitacyjnie spływa przez półki/wypełnienie w dół, a gaz – przeciwprądowo do glikolu – przepływa do góry. Spływający glikol, dzięki wymuszonemu kontaktowi na półkach/wypełnieniach, pochłania wodę z gazu na bardzo dużej powierzchni kontaktu. Bogaty w wodę glikol gromadzi się na dole kolumny lub na płycie przelewowej w kolumnie, skąd jest kierowany do układu regeneracji. Natomiast gaz z minimalną zawartością wody opuszcza instalacje na szczycie kolumny.

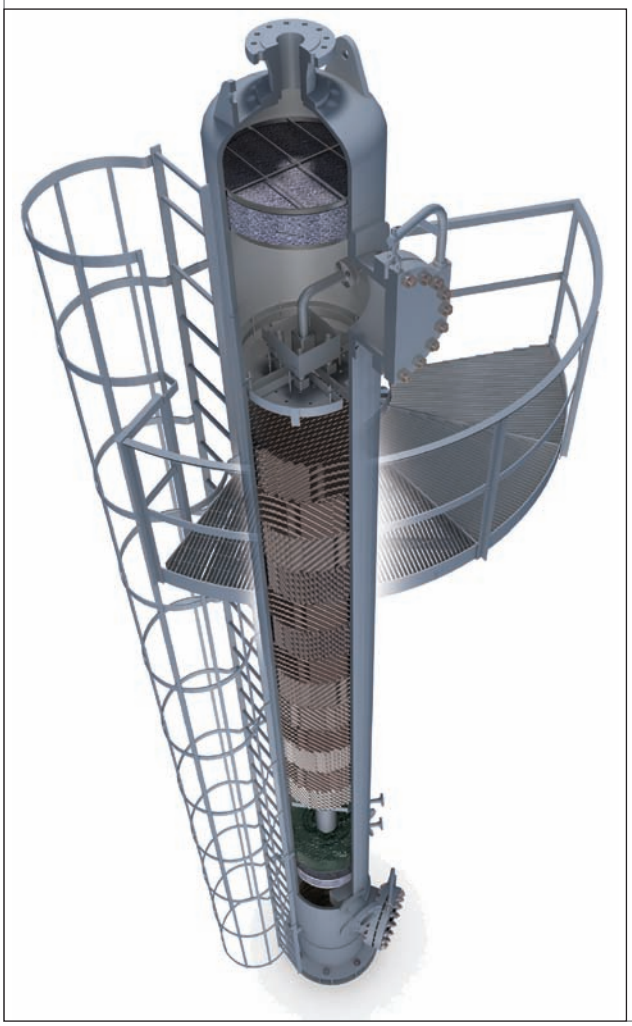
Zastosowanie przeciwprądowego przepływu oraz duża powierzchnia kontaktu gaz–glikol zapewnia dy-

Fot. 1. Instalacja wtryskowa. Podziemny Magazyn Gazu Inchukalnsk, Łotwa

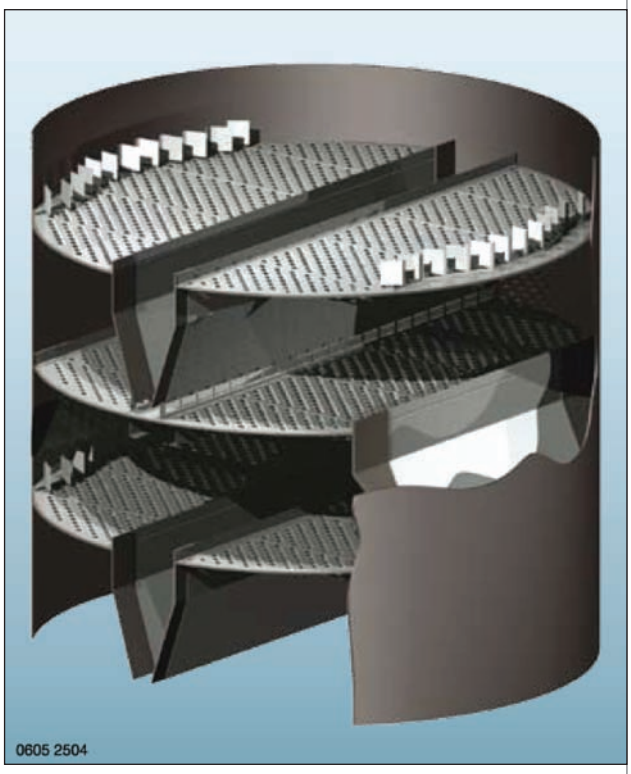
namiczną zmianę warunków równowagi pomiędzy gazem, wodą i glikolem. Stopniowo pozbawiany wody gaz styka się na swojej drodze z glikolem o coraz większej koncentracji.

Na początku wprowadzania tej metody na rynek, kolumny absorpcyjne wyposażane były wyłącznie w różnego typu półki przelewowe. Obecnie w kolumnach absorpcyjnych wykorzystywanych w instalacjach glikolowych najczęściej stosuje się wypełnienie strukturalne, które w porównaniu z kolumną półkową charakteryzuje się znacznie lepszą efektywnością kontaktu glikolu z gazem (powierzchnia kontaktu), co pozwala na zmniejszenie średnicy kolumny absorpcyjnej (kontaktora). Znacznie mniej popularne jest wypełnienie zasypowe. Niemniej jednak wciąż pojawiają się nowe rozwiązania, tak wypełnień półkowych (półki typu High Performance firmy Sulzer mają o 80% większą przepustowość i o 50% wyższą efektywność niż półki konwencjonalne), jak i wypełnień pakietowych (wypełnienie typu Mellapak Plus firmy

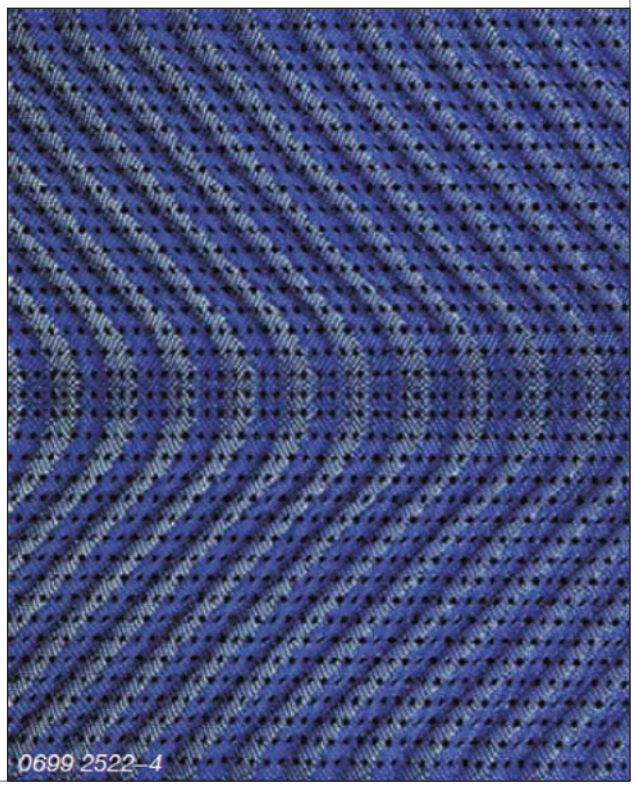
Schemat 1. Kolumna absorpcyjna z wypełnieniem strukturalnym



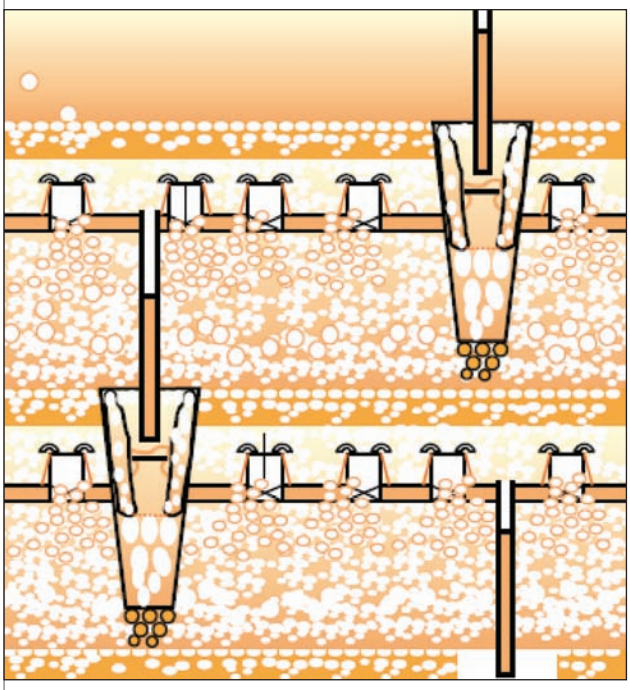
Schemat 2. Półki typu High Performance firmy Sulzer



Fot. 2. Wypełnienie typu Mellapak Plus firmy Sulzer



Schemat 3. Zasada działania półek typu Swirltube firmy Shell



Sulzer ma o 20-45% większą przepustowość niż pakietowe wypełnienie konwencjonalne). Jednym z nowych rozwiązań stosowanych w kolumnach absorpcyjnych są półki typu Swirltube opracowane przez firmę Shell, które pozwalają na zwiększenie przepustowości do 50% oraz efektywności do 90% w porównaniu z półkami konwencjonalnymi.

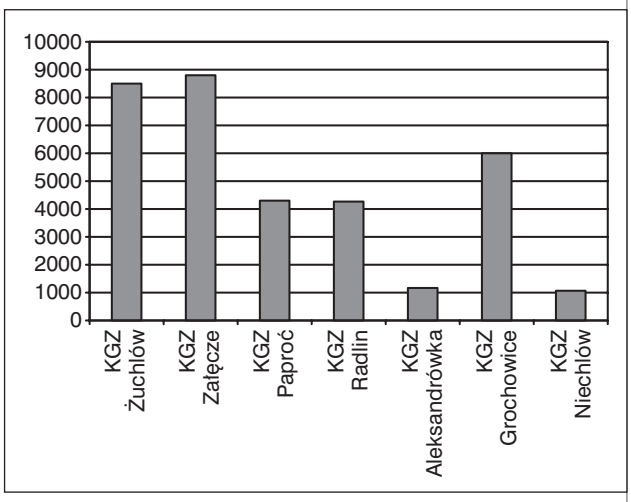
Porównanie instalacji wtryskowych i kolumnowych

Poprawnie zaprojektowana instalacja osuszania glikolowego powinna do minimum ograniczyć straty glikolu. Na wykresach 1–6 przedstawione jest porównanie wielkości strat glikolu dla instalacji wtryskowych i kolumnowych. W trzech przypadkach: KGZ Żuchlów, KGZ Załęcze i KGZ Radlin, z przedstawionych danych wynika, że po zmianie instalacji wtryskowej na kolumnową straty glikolu zmniejszyły się od 6 do 45%.

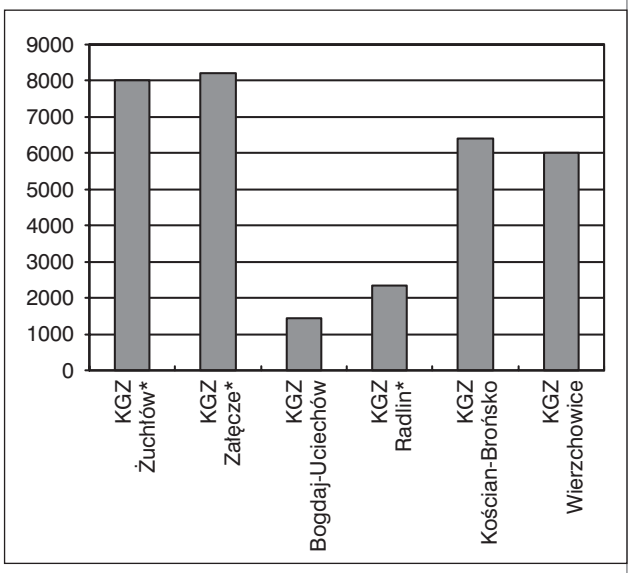
W zależności od zawartości wody w gazie, stężenia glikolu, składu gazu oraz ciśnienia i temperatury wartość dozowanego glikolu do instalacji powinna być różna dla różnych układów osuszania. Na wykresach 3. i 4. przedstawione jest porównanie zużycia glikolu dla instalacji wtryskowej oraz kolumnowej. Na podstawie tych danych można stwierdzić, że wskaźnik zużycia glikolu dla instalacji osuszania w kopalniach KGZ Żuchlów, KGZ Załęcze i KGZ Radlin po przebudowie z wtryskowej na kolumnową zmniejszył się od 5 do 45%.

Typowa instalacja wtryskowa pozwala na osiągnięcie punktu rosy wody w osuszonym gazie do –8°C. Natomiast rozwiązanie zastosowane w instalacji kolumnowej, wyposażonej w konwencjonalne wypełnienie strukturalne, pozwala na osiągniecie punktu rosy wody w przedziale od –12°C do –28°C. Wykresy 5. i 6. przedstawiają porównanie uzyskiwanego punktu rosy wody dla instalacji wtryskowej oraz kolumnowej. Dla instalacji na KGZ Żuchlów, KGZ Załęcze i KGZ Ra-

Wykres 1. Straty glikolu dla instalacji wtryskowej [kg/rok]

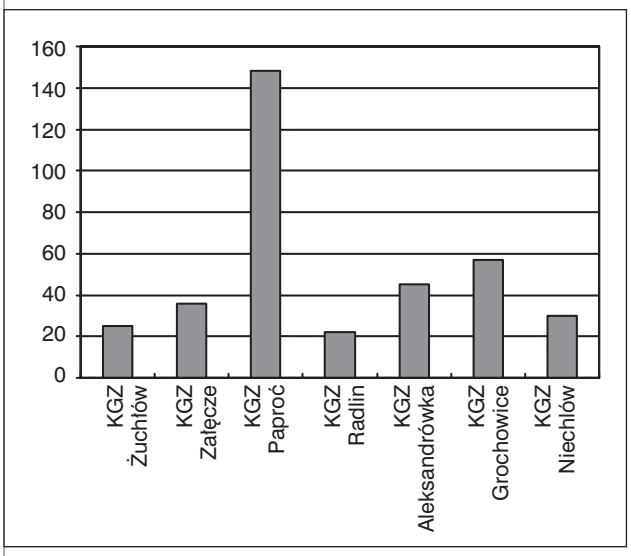


Wykres 2. Straty glikolu dla instalacji kolumnowej [kg/rok]

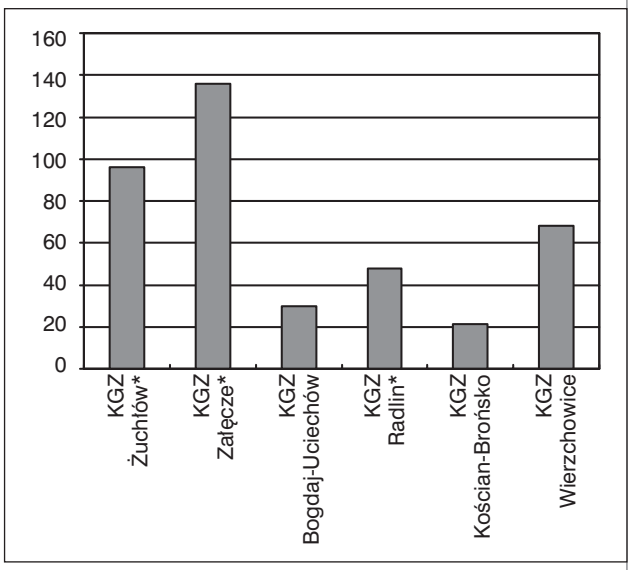


* dane po wymianie instalacji wytryskowej na kolumnową

Wykres 3. Średni wskaźnik zużycia glikolu dla instalacji wtryskowej [kg/mln Nm^3]



Wykres 4. Średni wskaźnik zużycia glikolu dla instalacji kolumnowej [kg/mln Nm^3]



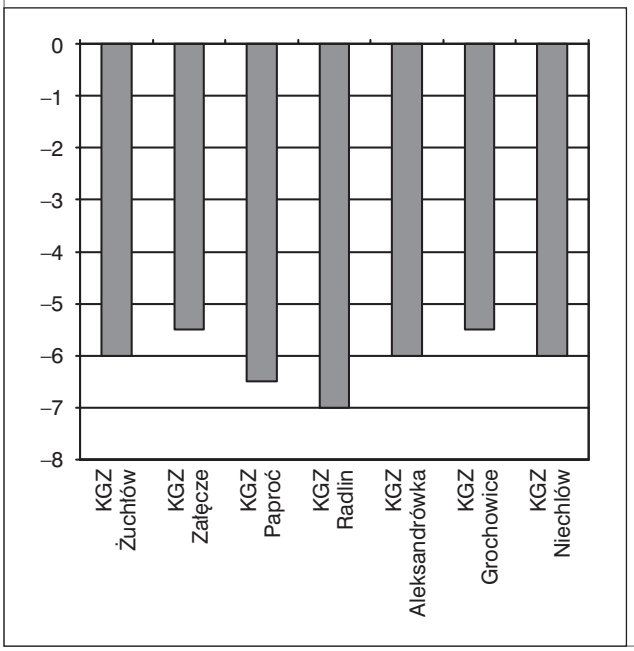
* dane po wymianie instalacji wytryskowej na kolumnową

dlin po wymianie instalacji wtryskowej na kolumnową punkt rosy wody zwiększył się od 2,5 do 2,9 razy.

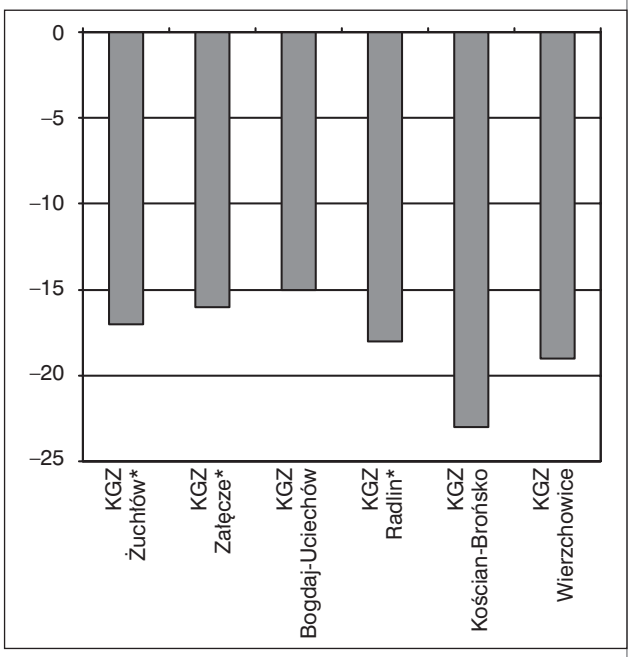
Podsumowanie

Instalacje wtryskowe, z uwagi na swoją małą efektywność oraz duże straty glikolu, nie są obecnie stosowane do osuszania gazu ziemnego. Mimo niewątpliwej zalety, jaką jest niski koszt inwestycyjny, pracujące instalacje poddawane są modernizacji, a nowobudowane mają wyłącznie układy kolumnowe. Poprawnie dobrana instalacja kolumnowa powinna być wyposażona w wysokosprawny filtr koalescencyjny (np. firmy Pall – schemat 4.) przed kolumną absorpcyjną (zabezpieczający instalację przed przedostaniem się wody do instalacji) oraz w wysokosprawny filtr koalescencyjny za kolumną absorpcyjną (zabezpieczający instalację przed stratami glikolu). Znaczne różnice w stratach

Wykres 5. Średnia temperatura punktu rosy wody dla instalacji wtryskowej [°C]



Wykres 6. Średnia temperatura punktu rosy wody dla instalacji kolumnowej [°C]



* dane po wymianie instalacji wytryskowej na kolumnową

glikolu w poszczególnych kopalniach (przedstawione na wykresie 1. i 2.) wynikają głównie z jakości zastosowanej separacji za instalacją osuszania (modernizacji poddawane były wyłącznie kolumny absorpcyjne bez filtrów przed i za kolumną). Pracujące w kopalni KGZ

Wymagania stawiane przez Polską Normę PN-C-04752:2002 „Gaz ziemny. Jakość gazu w sieci przesyłowej" dla temperatury punktu rosy wody przy ciśnieniu 5,5 MPa w okresie od 1 kwietnia do 30 września wynoszą 3,7°C, dla temperatury punktu rosy wody przy ciśnieniu 5,5 MPa w okresie od 1 października do 31 marca wynoszą –5,0°C. W celu ich spełnienia należy usunąć z gazu znajdującą się w nim wodę.

Kościan-Brońsko filtry koalescencyjne firmy Pall pozwalają ograniczyć straty glikolu praktycznie do minimum, a układ regeneracji glikolu wykorzystujący gaz stripingowy umożliwia uzyskanie temperatury punktu rosy poniżej –30 °C. Koszty budowy takiej instalacji są kilkukrotnie wyższe niż instalacji wtryskowej, otrzymujemy jednak za to instalację technologiczną spełniającą wymagania większości norm światowych w pełnym zakresie uzyskania punktu rosy wody w osuszonym gazie przy jednoczesnym utrzymaniu niskich kosztów eksploatacji, co przy założeniach żywotności takich układów (20–25 lat) przekłada się na wymierne korzyści finansowe.

Cezary Pokrzywniak
Paweł Ścisłowski
pod kierunkiem dr. hab. inż. Stanisława Nagy, prof. AGH

PBG S.A.
ul. Skórzewska 35
Wysogotowo k/ Poznania
62-081 Przeźmierowo, Polska
e-mail: cezary.pokrzywniak@pbg-sa.pl
www.pbg-sa.pl

Zdjęcia: PBG S.A.

Schemat 4. Filtr koalescencyjny wyposażony w elementy filtracyjne firmy Pall

Literatura
- Cezary Pokrzywniak: „Glikolowe instalacje osuszania gazu ziemnego w instalacjach przemysłowych", Pierwsza Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna w Poznaniu „Nowe technologie użytkowania gazu ziemnego w instalacjach przemysłowych i domowych", Poznań, Politechnika Poznańska, 25–26 września 2006.
- Cezary Pokrzywniak: „Analiza rozwiązań technicznych i efektywności stosowanych procesów glikolowego osuszania gazu ziemnego", Wiertnictwo-Nafta-Gaz, Tom 24, Zeszyt 1, 2007, ss. 381–389.
- Cezary Pokrzywniak: „Porównanie rozwiązań technicznych typowego procesu glikolowego osuszania gazu ziemnego i procesu z zastosowaniem gazu stripingowego w aspekcie finansowym oraz uzyskanej efektywności", „Nowoczesne Technologie w Przemyśle", wydanie 4(10)/2007, ss. 18–22.
- Francis S. Manning, Richard E. Tompson: „Oilfield Processing of Petroleum, Volume One: Natural Gas", PennWell Publishing Company, 1991.
- Artur L. Kohl, Richard B. Nielsen: „Gas Purifications", wydanie 5, Gulf Publishing Company 1997.
- R. K. Sinnott: „Coulson & Richardson's Chemical Engineering" Volume 6, wydanie 3, Chemical Engineering Design, 2004.
- „Engineering Data Book" Volume II, wydanie 12, Gas Processors Association 2004.
- Boyun Guo, Ali Ghalambor: „Natural Gas Engineering Handbook", Gulf Publishing Company, 2005.
- John M. Campbell: „Gas Conditioning and Processing, Volume 2: The Equipment Modules", wydanie 8, John M. Campbell and Company 2004.
- Materiały reklamowe firmy Sulzer Chemtech.
- Materiały uzyskane od Polskiego Górnictwa Naftowego i Gazownictwa SA w Warszawie.