

Opróbowanie otworów z zastosowaniem nowoczesnych rurowych próbników złoża



Mirostław Rzyczniak, Waław Chrzęszcz

Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH

Sięganie do coraz głębiej zalegających złóż surowców mineralnych, szczególnie węglowodorów, oraz rosnące wymagania w zakresie jakości i jednoznaczności oceny ich parametrów złożowych, dały asumpt do rozwoju nowych metod interpretacji wyników badań rurowymi próbnikami złoża (RPZ).

Dla spełnienia tych wymagań konieczne stało się opracowanie nowych technik opróbowań warstw skał zbiornikowych, udostępnianych otworami wiertniczymi, a także skonstruowanie nowoczesnych urządzeń umożliwiających efektywne wykonywanie badań otworowych.

Nowoczesne rurowe próbniki złoża znalazły również zastosowanie w krajowych firmach wykonujących otwory wiertnicze dla eksploatacji złóż węglowodorów.

Nowoczesne rurowe próbniki złoża eksploatowane w krajowych serwisach opróbowań otworów

W latach 90. XX w. wraz z zakupami nowoczesnych urządzeń wiertniczych przez Polskie Górnictwo Naftowe i Gazownictwo SA, dokonano zakupów nowoczesnego sprzętu próbnikowego, w tym rurowych próbników złoża produkcji firm Halliburton oraz Baker-Lynes. Próbniki te zastąpiły wyeksploatowane i nie spełniające nowych wymagań stawianych tym urządzeniom próbniki produkowane w byłym Związku Radzieckim [4, 5].

Eksploatowanymi obecnie w krajowym przemyśle naftowym przez serwisy opróbowań, nowoczesnymi rurowymi próbnikami złoża są [1, 2, 3, 6]:

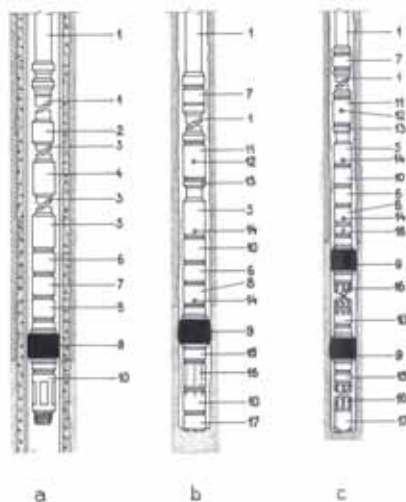
- RPZ Halliburton 5" standard, przeznaczony do opróbowań warstw skał zbiornikowych w otworach nieorurowanych o średnicach: $D_o = 0,216 \text{ m}$ (8 1/2") i $D_o = 0,311 \text{ m}$ (12 1/4") oraz w otworach orurowanych rurami okładzinowymi o średnicy zewnętrznej $D_z = 0,178 \text{ m}$ (7") i $D_z = 0,244 \text{ m}$ (9 5/8"),
- RPZ Halliburton 3 7/8" standard, przeznaczony do opróbowań warstw skał zbiornikowych w otworach nieorurowanych o średnicy $D_o = 0,143 \text{ m}$ (5 5/8") oraz w otworach orurowanych rurami okładzinowymi o średnicy zewnętrznej $D_z = 0,168 \text{ m}$ (6 5/8"),
- RPZ Halliburton 5" Ful-Flo, przeznaczony do opróbowania warstw skał zbiornikowych w otworach orurowa-

nych rurami okładzinowymi o średnicy zewnętrznej $D_z = 0,178 \text{ m}$ (7") oraz $D_z = 0,244 \text{ m}$ (9 5/8"),

- RPZ Baker-Lynes Inflatable 5", przeznaczony do opróbowania warstw skał zbiornikowych w otworach nieorurowanych o średnicach: $D_o = 0,146 \div 0,191 \text{ m}$ (5 3/4 ÷ 7 1/2"), $D_o = 0,216 \div 0,267 \text{ m}$ (8 1/2 ÷ 10 1/2"), $D_o = 0,311 \div 0,394 \text{ m}$ (12 1/4 ÷ 15 1/2").

Wybór zestawu rurowego próbnika złoża

W zależności od użytego zestawu RPZ możliwe jest wykonanie opróbowania: z jednym uszczelniaczem orurowanej warstwy skał zbiornikowych, udostępnionej przez perforację okładziny otworu (rys. 1a), opróbowanie z jednym uszczelniaczem, umieszczonym powyżej stropu nieorurowanej warstwy skał zbiornikowych (rys. 1b) oraz opróbowanie z dwoma uszczelniaczami (selektywne) nieorurowanej warstwy skał zbiornikowych (rys. 1c). Przy czym uszczelniacz „górny” zapinany jest powyżej stropu, a uszczelniacz „dolny” poniżej spągu opróbowywanej warstwy.



Rys. 1. Schemat opróbowania warstw skał zbiornikowych [1]: a – z jednym uszczelniaczem w otworze orurowanym; b – z jednym uszczelniaczem w otworze nieorurowanym; c – z dwoma uszczelniaczami (selektywne) w otworze nieorurowanym; 1 – rury płuczkowe, 2 – łącznik teleskopowy, 3 – rury płuczkowe lub obciążniki, 4 – zawór bezpieczeństwa, 5 – zawór główny, 6 – nożyce hydrauliczne, 7 – zawór cyrkulacyjny, 8 – łącznik bezpieczeństwa, 9 – uszczelniacz, 10 – osłona ciśnieniomierzy, 11 – zawór okresowy,

12 – otwory odwrotnego krążenia, 13 – łącznik ze zwężką wgłębną, 14 – otwory obejściowe, 15 – kotwica rurowa, 16 – filtr (sito), 17 – but kotwicy rurowej, 18 – wyrównywacz ciśnienia

Do wykonania opróbowania warstw skał zbiornikowych w otworach nieorurowanych, o nieskawernowanych ścianach, można stosować RPZ Halliburton standard z uszczelniaczami mechanicznymi, spęczanymi naciskiem osiowym przewodu wiertniczego, z kotwicą rurową, jeżeli odległość od miejsca zapięcia uszczelniacza do buta kotwicy rurowej nie przekracza 50 m (rys. 1b).

W zestawie podstawowym RPZ, typu standard, znajdują się takie elementy składowe, jak: filtr, kotwica rurowa, uszczelniacz mechaniczny, łącznik bezpieczeństwa, nożyce hydrauliczne, łącznik z zaworami wyrównawczymi, osłony ciśnieniomierzy z ciśnieniomierzami wgłębnymi, zawór główny, łącznik manipulacyjny ze zwężką wgłębną, zawór cyrkulacyjny, zawór okresowy [3, 4, 5].

W celu zmniejszenia różnicy ciśnień działających na uszczelniacz, można w zestawie próbnika zastosować tzw. uszczelniacz wspomagający i dystrybutor ciśnienia [3]. Taki zestaw stosuje się w przypadku zapinania uszczelniaczy w warstwach słabozwięzłych. Tego typu rozwiązanie zwiększa skuteczność uszczelnienia oraz ułatwia odpięcie uszczelniaczy.

RPZ Halliburton typu standard można również stosować do opróbowań warstw skał zbiornikowych w otworach orurowanych.

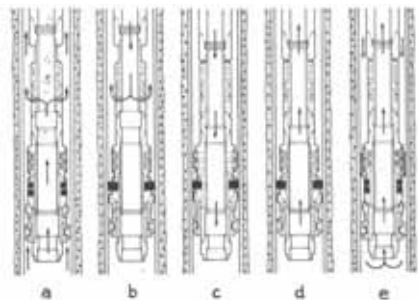
Rurowe próbniki złoża Halliburton Ful-Flo z uszczelniaczem typu RTTS (Retrievable Test-Treat-Squeeze Packer) przeznaczone są do opróbowania orurowanych warstw skał zbiornikowych, udostępnionych przez perforację okładziny otworu (rys. 1a).

Jest to nowa generacja próbników, z pełnym przelotem wewnątrz próbnika. Zastosowanie tego typu próbnika, wyposażonego w uszczelniacz typu RTTS, umożliwia wykonanie takich operacji technologicznych, jak [1, 2, 3]:

- perforacja okładziny otworu wiertniczego z równoczesnym wykonaniem opróbowania warstwy skał zbiornikowych,
- zapuszczanie przez próbnik przyrządów pomiarowych (np. sondy geofizyczne),

- pobieranie próbek płynów złożowych,
- przeprowadzanie zabiegów intensyfikujących przyływ płynu złożowego (np. kwasowanie skał zbiornikowych),
- wykonywanie testów produkcyjnych.

Uszczelniacze RPZ Halliburton charakteryzują się wytrzymałością na różnicę ciśnień do ok. 60 MPa, a ich odporność na temperaturę wynosi ok. 523 K (250 °C).



Rys. 2. Schemat krążenia płynów w otworze wiertniczym podczas wykonywania zabiegów technologicznych z zastosowaniem RPZ Halliburton Ful-Flo, z uszczelniaczem typu RTTS [1]: a – zapuszczenie RPZ; b – płukanie otworu; c – zatłaczanie pod ciśnieniem; d – opróbowanie; e – odwrotne płukanie otworu

Na rysunku 2 przedstawiono schematycznie krążenie płynów w otworze wiertniczym podczas wykonywania różnych zabiegów technologicznych z zastosowaniem RPZ Halliburton Ful-Flo, wyposażonego w uszczelniacz typu RTTS.

W skałach słabozwiązanych, w skawerowanych odcinkach ściany otworu lub o niekołowym przekroju, gdzie hermetyczne zapieczętowanie uszczelniacza mechanicznego jest niemożliwe lub niepewne, stosuje się próbniki Baker-Lynes Inflatable. Próbniki te wyposażone są w hydrauliczne uszczelniacze, zapinane przez wypełnianie ich (pompowanie) płuczką wiertniczą przetłaczaną z otworu wiertniczego do wnętrza uszczelniaczy za pomocą pompy węgłobnej, napędzanej poprzez wykonywanie ruchu obrotowego przewodem wiertniczym.

Uszczelniacze próbnika złoża typu Baker-Lynes Inflatable mogą rozszerzać się do średnicy o ok. 60% większej od średnicy nominalnej otworu wiertniczego, a maksymalna różnica ciśnień działająca na tego typu uszczelniacze nie powinna przekraczać 35 MPa (w praktyce zaleca się nie przekraczać 28 MPa) [1, 3].

Próbniki złoża Baker-Lynes Inflatable mogą mieć również zastosowanie do zapieczętowania w otworach orurowanych.

Zasady doboru średnic uszczelniaczy standardowych, RTTS, produkcji firmy Halliburton oraz uszczelniaczy typu Inflatable produkcji firmy Baker-Lynes, do średnic otworów wiertniczych oraz średnic kolumn rur okładzinowych zestawiono w tabeli 1.

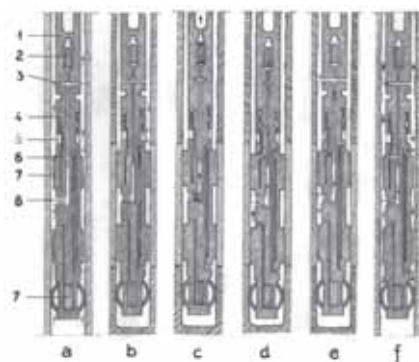
Średnica otworu wiertniczego D_w , m	Średnica uszczelniacza D_u , m		
	Uszczelniacze produkcji firmy Halliburton		Uszczelniacze produkcji firmy Baker-Lynes
	standardowe	RTTS	Inflatable
0,143	0,133	–	0,127
0,157	0,139	–	0,127
0,216	0,190	–	0,178
0,311	0,285	–	0,265
Średnica zewnętrzna rur okładzinowych D_z , m (cale)			
0,168 (6 5/8)	0,133	0,133	0,127
0,178 (7)	0,139	0,145	0,127
0,244 (9 5/8)	0,190	0,195	0,178
0,340 (13 3/8)	0,285	0,298	0,265

Tab. 1. Dobór średnic uszczelniaczy produkcji firm Halliburton i Baker-Lynes do średnic otworów wiertniczych oraz średnic kolumn rur okładzinowych [2, 3]

Rurowe próbniki złoża firmy Baker-Lynes typu Inflatable przeznaczone są głównie do opróbowań selektywnych z dwoma uszczelniaczami.

Zastosowanie tego typu próbników umożliwia wykonanie, w jednym marszu, opróbowania do czterech, położonych w różnych głębokościach otworu, warstw skał zbiornikowych. Proces opróbowania selektywnego tych warstw prowadzony jest od dna ku wylotowi otworu, poprzez kolejne zapinanie, opróbowanie, odpinanie i podciąganie RPZ.

Schemat poszczególnych operacji związanych z opróbowaniem warstwy skał zbiornikowych rurowym próbniakiem złoża typu Inflatable, przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 3. Schemat etapów opróbowania warstwy skał zbiornikowych z zastosowaniem RPZ, z uszczelniaczami hydraulicznymi typu Inflatable [1]: a – zapuszczenie RPZ; b – zapinanie (spęczanie) uszczelniaczy; c – okres przyływu płynu złożowego; d – okres odbudowy ciśnienia dennego; e – odpinanie uszczelniaczy; f – wyciąganie RPZ; 1 – zawór główny, 2 – ciśnieniomierz węgłobny, 3 – łącznik bezpieczeństwa z otworem wyrównawczym, 4 – pompa węgłobna, 5 – filtr, 6 – zawór odpuszczania ciśnienia, 7 – uszczelniacz, 8 – filtr pomiarowy (badawczy)

Ciśnieniomierze węgłobne

Przyrządami pomiarowymi, od dzia-

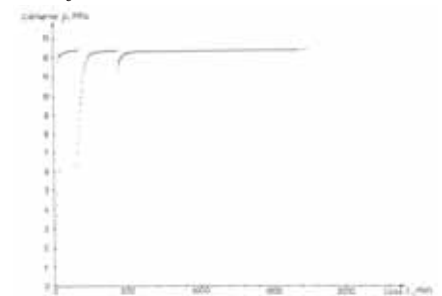
łania których zależy wynik badania wykonywanego w otworze, są montowane w zestawach próbnikowych ciśnieniomierze węgłobne.

Nowoczesne rurowe próbniki złoża wyposaża się zarówno w ciśnieniomierze mechaniczne, produkcji firmy Kuster, jak również w ciśnieniomierze elektroniczne, produkcji firmy GRC [2, 3].

Zastosowanie tego typu ciśnieniomierzy umożliwia precyzyjny i długotrwały zapis zmian ciśnień w otworze wiertniczym podczas opróbowania warstw skał zbiornikowych.

Długi czas pracy ciśnieniomierzy ma bardzo istotne znaczenie ze względu na fakt, że nowoczesne RPZ, wyposażone w zawory okresowe wielokrotnego działania, umożliwiają wykonywanie opróbowań z kilkoma okresami przyływu i odbudowy ciśnienia dennego lub opróbowanie kilku warstw skał zbiornikowych podczas jednego marszu próbnikiem, co znacznie wydłuża czas badania.

Ta nowa technologia opróbowania umożliwia oczyszczenie skał strefy przyotworowej z filtratu płuczki i okruchów skalnych, a tym samym zwiększenie zasięgu badania warstwy i jednoznaczności wyników.



Rys. 4. Wykres zarejestrowany przez elektroniczny ciśnieniomierz węgłobny podczas wielocyklowego opróbowania rurowym próbniakiem złoża warstwy skał zbiornikowych [2]

Dzięki stosowanym obecnie ciśnieniomierzom węgłobnym, rejestrowane są precyzyjnie długie, ustabilizowane odcinki krzywych odbudowy ciśnienia dennego,

a zastosowanie do obliczeń wyników badań nowych metod interpretacyjnych (np. metoda log-log [3]), wpływa na zminimalizowanie błędów oceny wartości parametrów złożowych opróbowanych warstw skał zbiornikowych.

Przykład wykresu zmian ciśnienia w funkcji czasu, zarejestrowanego elektronicznym ciśnieniomierzem wgłębnym, podczas trójcyklowego opróbowania warstwy skał zbiornikowych, przedstawiono na rysunku 4.

Wnioski:

1. Wysokiej jakości materiały, z których wykonywane są nowoczesne RPZ, zapewniają dużą wytrzymałość mechaniczną i temperaturową, co umożliwia ich stosowanie do opróbowania warstw zalegających na dużych głębokościach, w trudnych warunkach geologiczno-złożowych.

2. Zastosowanie nowoczesnego sprzętu próbnikowego, nowych technologii opróbowania warstw skał zbiornikowych oraz nowych metod interpretacji wyników, wpływa na poprawienie jednoznaczności badań, zwiększenie wiarygodności uzyskanych wyników oraz zminimalizowanie niebezpieczeństwa wystąpienia awarii podczas opróbowania otworów.

3. Nowoczesne rurowe próbki złoża umożliwiają, poza opróbowaniem warstw skał zbiornikowych, wykonywanie wielu innych zabiegów technologicznych w otworach wiertniczych.

Literatura

1. Composite Catalog of Oil Field Equipment and Services, Gulf Publishing Company, Huston 1988.
2. Dubiel S. i in.: *Wdrożenie nowej techniki i technologii opróbowania rurowymi próbnikami złoża pozi-*

mów wodonośnych i gazonośnych na Przedgórzu Karpat. Instrukcja wdrożeniowa, Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH, Kraków 1995.

3. Dubiel S., Chrzęszcz W., Rzeczyński M.: *Problemy opróbowania warstw perspektywicznych rurowymi próbnikami złoża*, Uczelniane Wydawnictwo Naukowo-Dydaktyczne AGH, Kraków 2003.
4. Giermański A., Mioduszewski E., Undziakiewicz J.: *Opróbowanie skał zbiornikowych przy użyciu próbników*, WG, Warszawa 1973.
5. Szostak L.: *Technologia opróbowania poziomów w głębokich otworach*, Wydawnictwo „Śląsk”, Katowice 1977.
6. www.ogec.krakow.pl. (Poszukiwania Nafty i Gazu Kraków Sp. z o.o.)

Praca wykonana w ramach badań statutowych nr 11.11.190.01.

Nowoczesne Technologie i Systemy Zarządzania w Kolejnictwie



Kolej przyspieszy?

Anna Sikora



W dniach od 29 listopada do 1 grudnia 2006 r. w Zakopanem odbyła się Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna *Nowoczesne Technologie i Systemy Zarządzania w Kolejnictwie*. Organizatorami konferencji było Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Komunikacji RP Oddział w Krakowie przy udziale Krajowej Sekcji Kolejowej SITK RP, Katedry Infrastruktury oraz Transportu Szynowego i Lotniczego Politechniki Krakowskiej oraz PKP Polskich Linii Kolejowych SA Oddział Regionalny w Krakowie.

Patronat honorowy nad konferencją objęli: minister transportu Jerzy Polaczek, honorowy przewodniczący UIC Adam Wiałek, prezes Urzędu Transportu Kolejowego Wiesław Jarosiewicz, prezes zarządu PKP SA Andrzej Wach oraz prezes zarządu PKP Polskich Linii Kolejowych SA Krzysztof Celiński.

W skład komitetu naukowego konferencji weszli: prof. dr hab. inż. Henryk Bałuch, prof. dr hab. inż. Włodzimierz Czyczula oraz prof. dr hab. inż. Wiesław Starowicz. Złotym sponsorem konferencji była firma Tines Sp. z o.o. Oprócz tego na konferencji prezentowały się firmy: ThyssenKrupp GfT Polska Sp. z o.o., SIKA POLAND, Oracle Polska Sp. z o.o., VOSSLOH FASTENING SYSTEMS, Przedsiębiorstwo UNITOR - B, Schwihag Handelsvertretung, RUT. GRAW Sp. z o.o., SPAW-TOR,

Wytwórnia Podkładów Strunobetonowych STRUNBET Sp. z o.o., Getzner Werkstoffe GmbH Berlin, WINUEL SA, PHU RAMATECH - INSTAL sc oraz MIB Polska Sp. z o.o.

Celem konferencji była prezentacja nowoczesnych technik i technologii w budowie, utrzymaniu i eksploatacji infrastruktury oraz taboru kolejowego, a także omówienie stanu przygotowań do budowy sieci kolei dużych prędkości w Polsce w aspekcie ich projektowania, finansowania oraz perspektyw wdrożenia. Spotkanie było okazją do wymiany poglądów na temat kierunków rozwoju transportu szynowego. Unijne dotacje na rozwój infrastruktury w Polsce powinny zostać spożytkowane na dostosowanie polskiego kolejnictwa do ogólnoeuropejskich standardów technicznych oraz stawianych wymogów interoperacyjności transportu kolejowego.

Liczba uczestników oraz wnioski zaprezentowane na zakończenie konferencji pozwalają sądzić, że szykują się zmiany na lepsze w polskim kolejnictwie, które od wielu lat ma problemy z rozwojem. Najważniejsze w końcu jest dotarcie z konkretnymi pomysłami reformy branży do polityków i przedstawicieli rządu. Wydaje się, że organizatorom konferencji ten cel się powiódł.

