

Mirosław Rzycznik*, Waław Chrząszcz*

NOWOCZESNE ELEKTRONICZNE CIŚNIENIOMIERZE I TERMOMETRY WGLĘBNE DO POMIARÓW W OTWORACH WIERTNICZYCH**

1. WSTĘP

Uzyskanie jednoznacznej oceny wartości przemysłowej złoża kopaliny płynnej (ropa naftowa, gaz ziemny, wody wglębne i geotermalne) wymaga spełnienia kilku warunków, takich jak:

- poprawne dowiercenie otworu do strefy złożowej,
- właściwe opróbowanie warstwy skał zbiornikowych,
- szczegółowa interpretacja wyników i ocena wartości parametrów złożowych.

Zastosowanie nowoczesnych osiągnięć techniki i technologii wiertniczych zapewnia spełnienie dwóch pierwszych warunków. Spełnienie trzeciego, związane jest z możliwością stosowania najnowszych metod interpretacji wyników opróbowań. Dla zastosowania tych metod niezbędne jest jednak dysponowanie m.in. bardzo precyzyjnymi, o dużej gęstości zapisu, wynikami zmian ciśnień i temperatur w funkcji czasu opróbowania.

Uzyskanie takich danych możliwe jest obecnie dzięki możliwości stosowania, zapuszczanych do otworu, na linie przewodowej [5] lub w zestawach rurowych próbników złoża [4], nowoczesnych urządzeń pomiarowych, którymi są elektroniczne ciśnieniomierze i termometry wglębne.

W krajowych serwisach opróbowań otworów wiertniczych stosowane są obecnie elektroniczne ciśnieniomierze i termometry wglębne takich firm jak: Panex [1, 2], Leutert i AMETrológ [5, 6, 7]. W tego typu wglębnych przyrządach pomiarowych zastosowano piezorezystywne czujniki umożliwiające przetwarzanie zmian ciśnienia i temperatury w impulsy elektryczne. Przyrządy te są wykonywane w wersji MRO (Memory Read Out), z wewnętrzną pamięcią i własnym zasilaniem, lub w wersji SRO (Surface Read Out), bez wewnętrznej pamięci, z zasilaniem z zewnątrz.

* Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH, Kraków

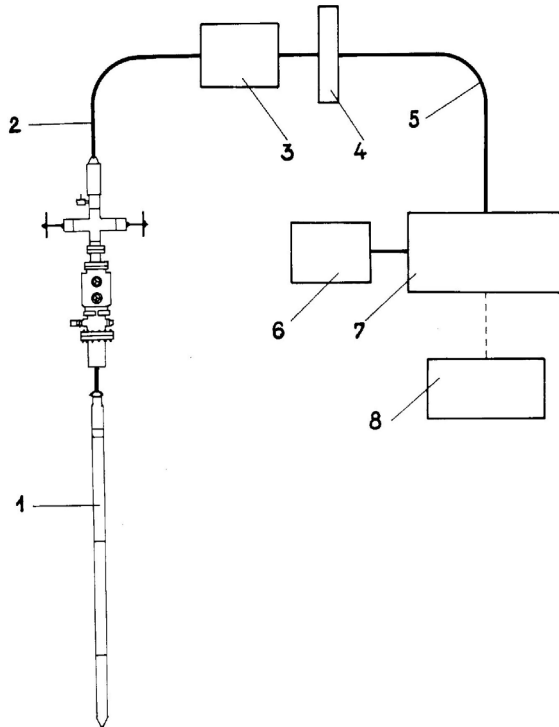
** Praca wykonana w ramach badań statutowych nr 11.11.190.04

Przyrządy produkowane w wersji MRO są programowane i instalowane w rurowych próbnikach złoża. Natomiast przyrządy produkowane w wersji SRO są zapuszczane do otworów wiertniczych na kablu zasilającym, przez który są również przekazywane, z wnętrza otworu na powierzchnię, przetworzone przez czujnik impulsy ciśnienia i temperatury.

W niniejszej publikacji scharakteryzowano przyrządy, do wglębnych pomiarów ciśnień i temperatur, produkowane przez firmy Leutert i AMETROLOG.

2. WGLĘBNE PRZYRZĄDY POMIAROWE FIRMY LEUTERT

Prezentowane wglębne przyrządy pomiarowe, niemieckiej firmy Leutert, produkowane są w wersji SRO i przeznaczone do pracy w systemie ciągłego pomiaru i kontroli danych ciśnienia i temperatury, w otworach eksploatacyjnych ropy naftowej, gazu zimnego oraz wód wglębnych i geotermalnych.

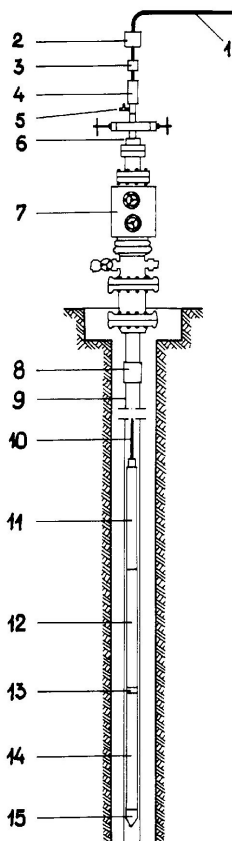


Rys. 1. Schemat systemu ciągłego pomiaru i kontroli PK firmy Leutert [5]: 1 – ciśnieniomierz wglębny z termometrem, 2 – lina przewodowa, 3 – puszka połączeniowa, 4 – zasilacz, 5 – kabel sygnałowy, 6 – wyświetlacz, 7 – rejestrator, 8 – komputer

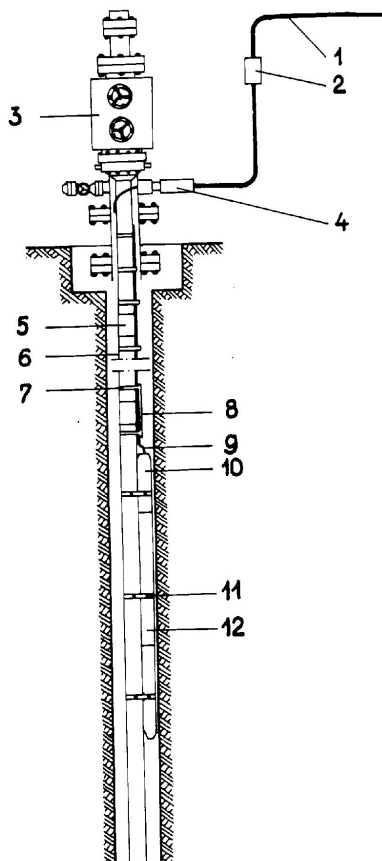
System ciągłego pomiaru i kontroli PK firmy Leutert [5] składa się z: elektronicznego ciśnieniomierza i termometru wglębnego, puszki połączeniowej, zasilacza, wyświetlacza, rejestratora oraz komputera (rys. 1). System ten zapewnia:

- przekazywanie na powierzchnię wyników pomiarów otworowych w czasie rzeczywistym,
- podgląd i zapisywanie danych w pamięci rejestratorów,
- ciągły pomiar i bieżącą analizę wyników,
- monitorowanie eksploatacji samoczynnej lub kontrolę pracy pomp węglnych, w przypadku eksploatacji wymuszonej.

Wgłębne ciśnieniomierze i termometry zapuszczane są do wnętrza kolumn rur wydobywczych (rys. 2) lub do przestrzeni pierścieniowej otworu (rys. 3), na dwuprzewodowej linii służącej równocześnie jako tor zasilania i przekazywania impulsów pomiarowych z wnętrza otworu na powierzchnię terenu.



Rys. 2. Schemat instalacji do pomiarów ciśnienia i temperatury we wnętrzu kolumny rur wydobywczych [5]: 1 – kabel sygnałowy, 2 – puszka połączeniowa, 3 – zacisk kablowy, 4 – komora dławikowa, 5 – łącznik dystansowy z zaworem wypływowym, 6 – zabezpieczenie, 7 – głowica eksploatacyjna, 8 – łącznik, 9 – kolumna rur wydobywczych, 10 – lina przewodowa, 11 – głowica kablowa, 12 – ciśnieniomierz wgłębny z termometrem, 13 – łącznik, 14 – obciążnik, 15 – stopka (but) kotwicy



Rys. 3. Schemat instalacji do pomiaru ciśnienia i temperatury w przestrzeni pierścieniowej otworu wiertniczego [5]: 1 – kabel sygnałowy, 2 – puszka połączeniowa, 3 – głowica eksploatacyjna, 4 – komora dławikowa, 5 – łącznik, 6 – kolumna rur wydobywczych, 7 – opaska, 8 – ochraniacz, 9 – lina przewodowa, 10 – głowica kablowa, 11 – zacisk mocujący przyrząd pomiarowy, 12 – ciśnieniomierz wgłębny z termometrem

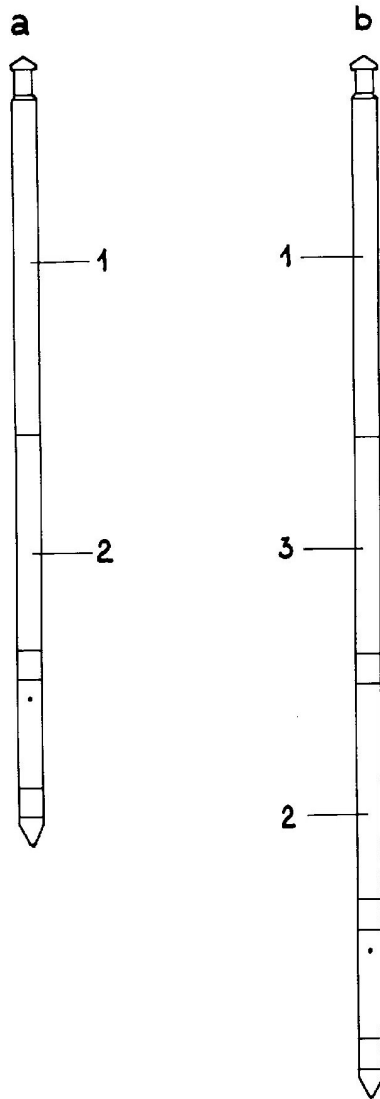
Wyniki pomiarów, w postaci impulsów elektrycznych o natężeniu prądu $4\div 20$ mA, przekazywane są z wnętrza otworu na powierzchnię, odczytywane, analizowane, oraz zapisywane w pamięci rejestratora.

Opisywane przyrządy pomiarowe zasilane są prądem stałym o napięciu $13\div 28$ V i przeznaczone do zastosowań w dwóch zakresach temperatur: $253\div 393$ K, $(-20\div 120^{\circ}\text{C})$ oraz $253\div 443$ K, $(-20\div 170^{\circ}\text{C})$.

Przyrządy te produkowane są w obudowie ze stali nierdzewnej odpornej na działanie siarkowodoru lub tytanowej, w dwóch rozwiązaniach konstrukcyjnych:

- 1) z segmentem do pomiaru ciśnienia (rys. 4a),
- 2) z segmentami do pomiaru ciśnienia i temperatury (rys. 4b).

Do niezawodnego połączenia wgłębnego termometru i ciśnieniomierza z linią przewodową służy głowica kablowa (rys. 4).



Rys. 4. Schematy wgłębnych przyrządów pomiarowych firmy Leutert [5]: a) ciśnieniomierza;
b) ciśnieniomierza z termometrem, 1 – głowica kablowa, 2 – ciśnieniomierz wgłębny,
3 – termometr wgłębny

Dane techniczne, opisywanych ciśnieniomierzy i termometrów wgłębnych produkcji firmy Leutert, zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Charakterystyka wgłębnych przyrządów pomiarowych firmy Leutert [5]

Parametr	Ciśnieniomierz wgłębny		Ciśnieniomierz wgłębny z termometrem	
Zakres pomiaru ciśnienia, bar	0÷50, 0÷100, 0÷200, 0÷400, 0÷1000 ¹⁾		0÷50, 0÷100, 0÷200, 0÷400, 0÷1000 ¹⁾	
Zakres pomiaru temperatury, °C	–		–20÷170	
Zakres temperatur pracy przyrządu, °C	–20÷120	–20÷170	–20÷120	–20÷170
Klasa dokładności ciśnieniomierza, %	1 (dla 10÷110°C) 1,5 (dla –20÷120°C) 0,1 ²⁾	1 (dla 10÷110°C) 2 (dla –20÷170°C) 0,1 ²⁾	1 (dla 10÷110°C) 1,5 (dla –20÷120°C) 0,1 ²⁾	1 (dla 10÷110°C) 2 (dla –20÷170°C) 0,1 ²⁾
Klasa dokładności termometru, %	–	–	1	1
Histeresa, %	0,3	0,3	0,3	0,3
Powtarzalność pomiaru, %	0,1	0,1	0,1	0,1
Błąd długoterminowy, %/rok	0,1	0,1	0,1	0,1
Średnica zewnętrzna, mm	26 (dla ciśn. ≤ 200 bar) 32		26 (dla ciśn. ≤ 200 bar) 32	
Długość bez głowicy kablowej, mm	ok. 950		ok. 1200	
Długość z głowicą kablową, mm	ok. 1350		ok. 1600	
Masa bez głowicy kablowej, g	ok. 2000		ok. 3500	
Masa z głowicą kablową, g	ok. 4000		ok. 5500	
¹⁾ Wykonywane na zamówienie.				
²⁾ W przypadku cechowania ciśnieniomierza w określonej temperaturze.				

3. WGLĘBNE PRZYRZĄDY POMIAROWE FIRMY AMETROLOG

Elektroniczne ciśnieniomierze i termometry wgłębnne francuskiej firmy AMEtrolog, w obudowie ze stali nierdzewnej, wykonywane są w wersji MRO i przystosowane do montowania w osłonach ciśnieniomierzy rurowych próbników złoża.

Są to elektroniczne, precyzyjne przyrządy pomiarowe wyposażone w czujniki piezorezystywne oraz zasilanie indywidualne, umożliwiające wykonywanie testów otworowych w długim czasie [6]. Pamięci wewnętrzne tych przyrządów są programowane za pomocą programatora. Możliwe jest zaprogramowanie tempa zapisu impulsów pomiarowych (od 1 s do 10 h), czasu zwłoki rozpoczęcia rejestracji impulsów pomiarowych (od 0 s do 41 d), oraz ustawienie wartości progowych rejestrowanych impulsów ciśnieniowych.

W tabeli 2 zestawiono podstawowe dane techniczne elektronicznych wgłębnnych przyrządów pomiarowych produkcji firmy AMEtrolog.

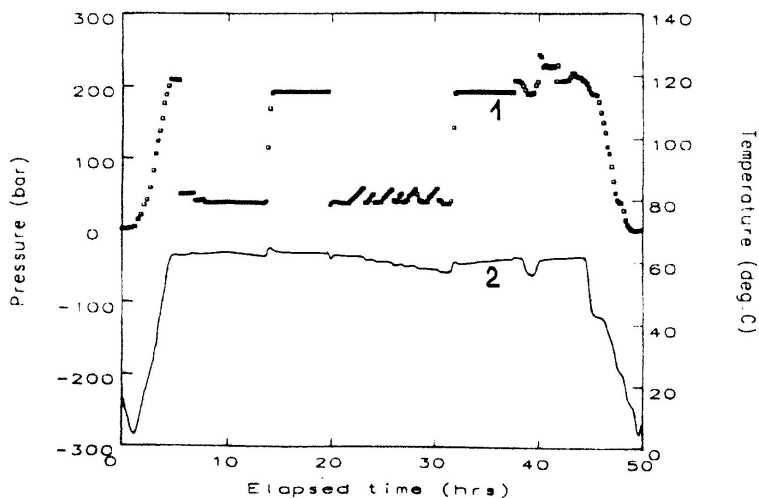
Tabela 2

Charakterystyka wgłębnnych przyrządów pomiarowych firmy AMEtrolog [6]

Parametr	Wartość liczbowa
Zakres pomiaru ciśnienia, bar	0÷1000
Klasa dokładności ciśnieniomierza, %	0,05
Rozdzielczość ciśnieniomierza, bar	0,0015
Zakres pomiaru temperatury, °C	-20÷150
Dokładność pomiaru temperatury, °C	0,3
Pojemność pamięci	350000 impulsów
Średnica zewnętrzna, mm	31,75 25,4
Długość, m	0,73 0,80
Masa, kg	2,6

Przechowywane w pamięci wewnętrznej przyrządu pomiarowego, zarejestrowane podczas opróbowania, impulsy zmian ciśnienia i temperatury, odczytywane są po wyciągnięciu rurowego próbника złoża z otworu na powierzchnię i podłączeniu pamięci przyrządu do komputera.

Zastosowanie specjalistycznych programów komputerowych umożliwia odczytywanie, analizowanie oraz przetwarzanie, w formie wykresów zmian ciśnień i temperatur w funkcji czasu opróbowania (rys. 5), a także interpretację wyników z wykorzystaniem najnowszych metod interpretacyjnych. W efekcie, uzyskuje się wiarygodne, jednoznaczne wartości parametrów złożowych, co ma znaczący wpływ na możliwość podejmowania właściwych decyzji technologicznych.



Rys. 5. Wykresy zmian ciśnienia i temperatury w funkcji czasu opróbowania, zarejestrowane wgłębnym, elektronicznym przyrządem pomiarowym [3]: 1 – wykres zmian ciśnienia, 2 – wykres zmian temperatury

4. WNIOSKI

- 1) Nowoczesne, wgłębne przyrządy pomiarowe do badań w otworach wiertniczych są precyzyjnymi urządzeniami elektronicznymi, wykonywanymi w wersji MRO (*Memory Read Out*), z wewnętrzną pamięcią i indywidualnym zasilaniem lub SRO (*Surface Read Out*), bez pamięci wewnętrznej i z zewnętrznym zasilaniem.
- 2) Elektroniczne ciśnieniomierze i termometry wgłębne mogą być zapuszczane do otworu wiertniczego na linie przewodowej lub w osłonie rurowego próbnika złoża.
- 3) Stosowanie nowoczesnych przyrządów pomiarowych pracujących w wersji SRO umożliwia bieżącą kontrolę procesów zachodzących w odwiertach, w czasie eksploatacji złóż surowców płynnych.
- 4) Wysoka klasa dokładności oraz duża pojemność pamięci elektronicznych ciśnieniomierzy i termometrów wgłębnych, pracujących w wersji MRO, zapewniają precyzyjny zapis wyników pomiarów w długim czasie opróbowania.
- 5) Dysponowanie dokładnymi wynikami pomiarów zmian ciśnień i temperatur, w funkcji czasu opróbowania, umożliwia stosowanie najnowszych metod analiz i interpretacji, co prowadzi do zwiększenia jednoznaczności określanych wartości parametrów złożowych i wspomagania decyzyjnego procesu technologicznego.

LITERATURA

- [1] Dubiel S., Chrzęszcz W., Rzyczniak M.: *Problemy opróbowania warstw perspektywicznych rurowymi próbnikami złoża*. Kraków, Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne AGH 2003

- [2] Ordon-Harłacz K.: *Ciśnieniomierze firmy Panex do pomiarów parametrów wglębnych w odwiertach eksploatacyjnych*. Technika Poszukiwań Geologicznych Geotermia. Zrównoważony Rozwój, z. 238, nr 2, 2006, 65–72
- [3] Pedrycz S.: *Technologia opróbowania otworów gazowo-kondensatowych*. Praca dyplomowa. Akademia Górniczo-Hutnicza im. S. Staszica w Krakowie, 1997
- [4] Rzyczyński M., Chrzęszcz W.: *Opróbowanie otworów z zastosowaniem nowoczesnych rurowych próbników złoża*. Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne, nr 1 (10), styczeń–luty 2007, 33–35
- [5] [www. leutert.com](http://www.leutert.com)
- [6] [www. metrolog.com](http://www.metrolog.com)
- [7] [www. ogec.krakow.pl](http://www.ogec.krakow.pl)