

Monika Tyszownicza, Jacek Jaworski
Instytut Nafty i Gazu, Kraków

Nowe podejście do kontroli metrologicznej przeliczników, w świetle wymagań dyrektywy MID

Wprowadzenie

W ostatnich latach zaszły znaczące zmiany w zakresie kontroli urządzeń pomiarowych, w tym gazomierzy i przeliczników objętości. Powodem tych zmian było ustanowienie dyrektywy 2004/22/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 31 marca 2004 r. w sprawie przyrządów pomiarowych [1]. Postanowienia tej dyrektywy, zwanej

dyrektywą MID (*Measuring Instruments Directive*) zostały wdrożone do polskiego prawodawstwa m.in. poprzez ustawę z dnia 30 sierpnia 2002 r. o systemie oceny zgodności [8] oraz poprzez rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 18 grudnia 2006 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla przyrządów pomiarowych [7].

Zmiany w przepisach

Dyrektywa MID [1] należy do grupy tzw. „dyrektyw nowego podejścia”, zastępujących dotychczasowy system prawnej kontroli metrologicznej – w zakresie zatwierdzenia typu i legalizacji pierwotnej – systemem oceny zgodności. System ten nie obejmuje natomiast kwestii prawnej kontroli metrologicznej w zakresie legalizacji ponownej, która została pozostawiona do regulacji na poziomie krajowym. Obecnie wprowadzane do użytkowania w Polsce

gazomierze miechowe podlegają ponownej legalizacji po dziesięcioletnim, a pozostałe rodzaje gazomierzy – po pięcioletnim okresie ich użytkowania. W przeciwieństwie do gazomierzy, przeliczniki są weryfikowane tylko raz i nie ma potrzeby oraz możliwości zgłaszania ich do legalizacji ponownej (zarówno tych, które wprowadzono do obrotu lub użytkowania na podstawie decyzji zatwierdzenia typu, jak i tych po dokonaniu oceny zgodności).

Ocena zgodności

Wprowadzenie oceny zgodności wiąże się z przejściem w Państwach Członkowskich UE od dyrektyw „starego podejścia” do dyrektyw „nowego podejścia” oraz z opracowaniem zasad oceny modułowej wyrobów. W odniesieniu do gazomierzy i przeliczników, Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 18 grudnia 2006 r. [7] przewiduje przeprowadzenie oceny zgodności z zastosowaniem następujących procedur:

- badanie typu (moduł B), połączone z zapewnieniem jakości produkcji (moduł D), albo
- badanie typu (moduł B), połączone z weryfikacją wyrobu (moduł F), albo

- pełne zapewnienie jakości, z badaniem projektu (moduł H1).

Przy ocenie zgodności, wobec powyższych procedur, koniecznym jest udział strony trzeciej, tj. Jednostki Notyfikowanej. *Jednostka Notyfikowana to instytucja niezależna zarówno od producenta, jak i odbiorcy (konsumenta, użytkownika itd.), działająca w sposób obiektywny, spełniająca określone w dyrektywach wymagania* [2]. Instytut Nafty i Gazu jest jednostką notyfikowaną o numerze identyfikacyjnym 1450. W ramach dyrektywy MID, INiG posiada notyfikację dla gazomierzy i przeliczników w zakresie modułów: B (badanie typu) oraz D (deklarowanie zgodności).

ści WE z typem, wraz z zapewnieniem jakości produkcji). Notyfikacja upoważnia Instytut do prowadzenia procedur oceny zgodności według ww. dyrektywy w zakresie posiadanej akredytacji PCA, tj.:

- certyfikat akredytacji jednostki certyfikującej wyroby nr AC 010 (zgodnie z normą PN-EN 45011:2000 oraz PN-EN 45012:2000),
- certyfikat akredytacji jednostki certyfikującej systemy zarządzania jakością nr AC 116 (zgodnie z normą PN-EN ISO/IEC 17021:2007),
- certyfikat akredytacji jednostki badawczej nr AB 041 (zgodnie z normą PN-EN ISO/IEC 17025:2005).

Obecnie, przy ocenie zgodności gazomierzy i przeliczników najpowszechniej wykorzystywane jest rozwiązanie B plus D. Zaletą przy zastosowaniu podczas oceny zgodności modułów B i D jest możliwość nałożenia przez producenta – w procesie weryfikacji końcowej przyrządu – opracowanych przez siebie cech zabezpieczających

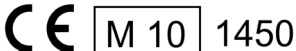
(w miejsce uprzednio stosowanych cech legalizacyjnych urzędowych). Rozwiązanie to stwarza istotne oszczędności ekonomiczne dla producentów. Wzory cech zabezpieczających zgłaszane są do jednostki notyfikowanej prowadzącej ocenę zgodności.

Zgodnie z zasadami dyrektyw „nowego podejścia”, ocena wyrobów dotyczy tylko wymagań zasadniczych, przez które rozumie się wymagania w zakresie cech wyrobu, jego projektowania lub wytwarzania – określone w odpowiednich dyrektywach. Na podstawie certyfikatu wystawionego przez Jednostkę Notyfikowaną, w oparciu o dokonaną przezeń ocenę zgodności, producent ma prawo wystawić deklarację zgodności z zasadniczymi wymaganiami dyrektywy. W deklaracji zgodności producent oświadcza, że dane urządzenia są zgodne z typem opisanym w certyfikacie badania typu WE i spełniają zasadnicze wymagania określone w rozporządzeniu, które ich dotyczą. Deklarację zgodności przechowuje producent.

Oznakowanie

Dowodem iż urządzenie pomiarowe – w tym gazomierz i przelicznik – pozytywnie przeszło ocenę zgodności z zasadniczymi wymaganiami jest naniesiony na nim znak CE, a zaraz za nim dodatkowe oznakowanie metrologiczne oraz numer jednostki notyfikowanej uczestniczącej w kontroli produkcji. Dodatkowe oznakowanie metrologiczne składa się z dużej litery M oraz dwóch ostatnich cyfr roku, w którym zostało ono umieszczone na przyrządzie pomiarowym. Litera M oraz cyfry znajdują się w prostokątnej ramce.

Przykład oznakowania:

The image shows the CE mark followed by a rectangular box containing the letter 'M', the number '10', and the year '1450'.

Jeżeli urządzenie pomiarowe jest także przedmiotem innych dyrektyw wymagających oznakowania „CE”, to powyższe oznakowanie świadczy również o spełnieniu wymagań tych dyrektyw, a odniesienia do nich muszą być podane w dokumentach określonych przez te dyrektywy, dołączonych do przyrządu pomiarowego.

PN-EN 12405-1:2007 [4] jako norma zharmonizowana

Najprostszą metodą udowodnienia spełnienia przez wyrób zasadniczych wymagań jest wykazanie zgodności z normą zharmonizowaną. Taką właśnie normą jest PN-EN 12405-1:2007 *Gazomierze – Przeliczniki. Część 1: Przeliczanie objętości*, wraz ze zmianą – PN-EN 12405-1:2007/A1:2008 [4]. Zgodność z wymaganiami niniejszej normy – od momentu publikacji jej numeru i tytułu w Dzienniku Urzędowym Unii Europejskiej serii C – stanowi podstawę

do domniemania zgodności z odpowiednimi zasadniczymi wymaganiami dyrektywy 2004/22, dotyczącej przyrządów pomiarowych [1] (zgodnie z art. 13 ust. 1 Ustawy [8]).

Zgodność z zasadniczymi wymaganiami dyrektyw można również wykazać w oparciu o specyfikacje zharmonizowane, tj. specyfikacje techniczne inne niż normy europejskie, np. dokumenty Międzynarodowej Organizacji Metrologii Prawnej (OIML).

Podstawowe definicje według normy PN-EN 12405-1:2007 [4]

Norma PN-EN 12405-1:2007 [4] definiuje przelicznik objętości gazu jako: *urządzenie obliczające, sumujące i wskazujące przyrosty objętości zmierzonej przez gazomierz, jak gdyby pracował w warunkach bazowych (odniesienia), z użyciem jako wejścia objętości zmierz-*

nej przez gazomierz w warunkach pomiaru oraz innych parametrów, takich jak temperatura i ciśnienie gazu, a także dokonuje podziału na przeliczniki typu 1 i typu 2. W myśl normy PN-EN 12405-1:2007 [4], przelicznik typu 1 – określony jako układ kompletny (dawny przelicz-

nik bateryjny) – to: *urządzenie przeliczające z określonymi typami przetworników ciśnienia i temperatury lub tylko temperatury*, natomiast przelicznik typu 2 to: *urządzenie przeliczające z zewnętrznymi, oddzielnymi przetwornikami ciśnienia i temperatury lub tylko temperatury i oddzielnym kalkulatorem, które mogą być zatwierdzane oddziel-*

nie. Należy tutaj podkreślić, iż zarówno kalkulator, jak i przetworniki, a także dobór elementów tworzących przelicznik typu 2 jest przedmiotem kontroli (podczas gdy do tej pory – w myśl obowiązującego w Polsce „starego podejścia” – prawnej kontroli metrologicznej podlegał jedynie kalkulator).

Metody badań przeliczników

Informacje na ów złożony temat, jakim jest sposób badań przeliczników, podane zostały: w normie PN-EN 12405-1:2007 [4], w zaleceniach Międzynarodowej Organizacji Metrologii Prawnej (OIML) R140:2007 [9] i w przewodniku Welmec 8.8 [6]. Norma PN-EN 12405-1:2007 [4] określa definicje oraz odrębne warunki badań przeliczników typu 1 i typu 2. Zalecenia OIML R140:2007 [9] omawiają to zagadnienie od strony technicznej, podając trzy równoważne metody weryfikacji przeliczników typu 2 na potrzeby badania typu: dwie modułowe i jedną globalną, natomiast przewodnik Welmec 8.8 [6], interpretując postanowienia dyrektywy MID [1] koncentruje się na ogólnych i administracyjnych aspektach modułowej oceny przyrządów pomiarowych i podzespołów.

Metody badań przeliczników według PN-EN 12405-1:2007

W normie [4] podane zostały różnice pomiędzy sposobem badań przeliczników typu 1 i typu 2; w przypadku przelicznika typu 1, wszystkie badania powinny zostać przeprowadzone na kompletnym przeliczniku, tzn. kalkulatorze i przetwornikach, wraz z przewodami przyłączeniowymi, natomiast gdy badanym urządzeniem jest przelicznik typu 2, to jego elementy składowe (kalkulator i przetworniki) powinny być badane osobno, w następujący sposób:

- kalkulator – zgodnie z postanowieniami załącznika dot. badania typu; z tą różnicą, że wartości wejściowe ciśnienia i temperatury nie pochodzą od przetworników, lecz są wartościami symulowanymi za pomocą odpowiednich sygnałów wejściowych,
- przetworniki i czujniki termometryczne – zgodnie z wymaganiami podanymi w załącznikach normatywnych ich dotyczących.

Norma określa również warunki doboru elementów przelicznika typu 2, które powinny być zgodne m.in. z następującymi wymaganiami:

- każdy z elementów powinien być zatwierdzony i sprawdzony oddzielnie,
- kompletny zestaw powinien być poddany sprawdzeniu, obejmującemu:

- konfigurację,
- transmisję danych i sygnałów,
- błąd graniczny dopuszczalny (MPE) przelicznika typu 2.

Modułowa ocena przyrządów pomiarowych i podzespołów

Warunki zharmonizowanej procedury dobrowolnego systemu modułowej oceny przyrządów pomiarowych i podzespołów zostały szczegółowo opisane w przewodniku Welmec 8.8 [6]. Podczas gdy dyrektywa MID w art. 4 [1] podaje definicje przyrządu pomiarowego i podzespołu:

- *przyrząd pomiarowy oznacza dowolne urządzenie lub system realizujący funkcje pomiarowe,*
- *podzespół oznacza urządzenie sprzętowe, określone jako takie w załącznikach szczególnych, pracujące niezależnie i stanowiące przyrząd pomiarowy razem:*
 - *z innymi podzespołami, z którymi jest kompatybilne, lub*
 - *z przyrządem pomiarowym, z którym jest kompatybilne,*

to przewodnik Welmec [6] rozszerza bazę pojęć o definicję części: *część jest to element przyrządu pomiarowego lub podzespołu, który spełnia określoną funkcję i może zostać poddany samodzielnej ocenie* [6]. W myśl dyrektywy MID [1], przyrządem pomiarowym jest gazomierz, natomiast przelicznik jest podzespołem. Według definicji podanej w Welmec Guide 8.8. [6], przetworniki ciśnienia i temperatury są częściami podzespołu (przelicznika).

Podmiotem odpowiedzialnym za połączenie ze sobą wszystkich części przyrządu pomiarowego lub podzespołu jest producent. Mianem producenta określana jest osoba fizyczna bądź prawna, odpowiedzialna za zgodność przyrządu pomiarowego/podzespołu z dyrektywą MID, w związku z wprowadzeniem go na rynek lub stosowaniem do użytku własnego. Części przyrządu pomiarowego/podzespołu mogą być oceniane oddzielnie, jednak w każdym przypadku kompletny przyrząd pomiarowy lub podzespół musi zostać dostarczony do oceny jednostce notyfikowanej. Na producencie kompletnego urządzenia ciąży odpowiedzialność wykazania zgodności przyrządu pomiarowego/

podzespołu z postanowieniami dyrektywy MID – nawet jeśli stosuje on modułowe podejście do oceny wyrobów. Chcąc otrzymać certyfikat badania typu WE dla przyrządu pomiarowego/podzespołu, jego producent składa wnioski do wybranej przez siebie jednostki notyfikowanej, a wraz z nim dokumentację techniczną (zgodną z art. 10 dyrektywy MID), łącznie z dokumentacją części weryfikowanych w trybie oceny modułowej.

Certyfikat oceny i certyfikat części

Jeżeli część spełnia zdefiniowane wcześniej funkcje elementu przyrządu pomiarowego/podzespołu – i jest zgodna z odpowiednią normą zharmonizowaną, dokumentem zharmonizowanym lub przewodnikiem WELMEC – wówczas może zostać wydany dokument potwierdzający taką zgodność. Dokumentem takim może być certyfikat oceny lub certyfikat części. Oba te certyfikaty opisują charakterystyki metrologiczne części przyrządu pomiarowego/podzespołu, łącznie z warunkami kompatybilności z innymi urządzeniami. Do każdego z tych certyfikatów dołączana jest dokumentacja zezwalająca na sprawdzenie zgodności części i charakterystyk metrologicznych, których certyfikat nie pokrywa. Różnice pomiędzy certyfikatem oceny i certyfikatem części są następujące:

- w przypadku certyfikatu oceny, dokumentację przechowuje jednostka notyfikowana, która ów certyfikat wydała lub dokumentacja ta jest przekazywana do producenta kompletnego przyrządu pomiarowego/podzespołu,
- w przypadku certyfikatu części, dokumentację przechowuje jednostka notyfikowana, która wydała certyfikat oceny,
- przekazanie certyfikatu oceny do innych jednostek no-

tyfikowanych, celem przeprowadzenia oceny zgodności, wymaga zgody posiadacza certyfikatu,

- certyfikaty części dostępne są dla producentów kompletnych przyrządów pomiarowych/ podzespołów,
- części posiadające jedynie certyfikat oceny nie mogą zostać zaakceptowane w certyfikacie badania typu WE bez przeprowadzenia stosownych badań przez jednostkę notyfikowaną, dokonującą oceny kompletnego przyrządu pomiarowego/podzespołu,
- urządzenia posiadające certyfikat części mogą zostać zaakceptowane – na odpowiedzialność jednostki notyfikowanej dokonującej oceny kompletnego przyrządu pomiarowego/ podzespołu – w certyfikacie badania typu WE.

Przetwornik ciśnienia lub przetwornik temperatury, jako część przelicznika (podzespołu), może otrzymać certyfikat oceny lub certyfikat części.

Oznakowanie części

W kwestii oznakowania, przewodnik Welmec 8.8 [6] mówi, iż część nie może posiadać dodatkowego oznakowania metrologicznego, ani numeru jednostki notyfikowanej związanej z MID [1]; może natomiast nosić oznakowanie CE dotyczące innych dyrektyw niż MID [1]. Tylko kompletny przyrząd pomiarowy/podzespoł może mieć naniesiony znak CE z dodatkowym oznakowaniem metrologicznym i numerem jednostki notyfikowanej dotyczącej MID [1]. Zgodnie z MID [1], art. 17 pkt 4, *Jeżeli przyrząd pomiarowy składa się z zestawu urządzeń, niebędących podzespołami, działających wspólnie, oznakowania są umieszczane na głównym urządzeniu przyrządu.* W przypadku przeliczników typu 2, za główne urządzenie uznaje się kalkulator.

Badania typu

Badanie typu jest częścią procedury oceny zgodności. Badanie typu przeliczników może być prowadzone w oparciu o normę zharmonizowaną z MID [1] – PN-EN 12405-1:2007 *Gazomierze – Przeliczniki. Część 1: Przeliczanie objętości, wraz ze zmianą* – PN-EN 12405-1:2007/A1:2008 [4]. Określone w normie [4] badania zgodności obejmują weryfikację wymagań konstrukcyjnych oraz właściwości użytkowych. Ta ostatnia przebiega na podstawie szeregu badań; prowadzonych zarówno w warunkach odniesienia, jak i pod wpływem czynników wpływających lub zaburzeń. Norma [4] wymaga, aby badania były prowadzone z użyciem wzorców odniesienia spójnych

z wzorcami krajowymi. Niepewność wynikająca z użycia wzorca nie może przekroczyć jednej piątej wartości błędu granicznego dopuszczalnego (MPE) przelicznika/przetworników. Tablica 1 przedstawia zestawienie badań stosowanych podczas weryfikacji właściwości użytkowych przeliczników i przetworników.

W projekcie normy EN 12405-1:2005/prA2:2009 [5] pojawiły się dodatkowe badania, o które zostanie poszerzona tablica 1 – przedstawiono je w tablicy 2.

Dokumenty [4, 5] zawierają również tablice określające wymaganą liczbę próbek, w zależności od liczby zastosowanych wariantów.

Tablica 1. Zestawienie stosowanych badań

Nr badania	Nazwa badania	Chronometraż
A.2	Badania dokładności w warunkach odniesienia	D
A.3	Oddziaływanie temperatury otoczenia	D
A.4	Oddziaływanie stałego, wilgotnego gorąca	BDA
A.5	Oddziaływanie cyklicznego, wilgotnego gorąca	BA
A.6	Zmiany zasilania elektrycznego	BD
A.7	Krótkotrwałe spadki zasilania	BD
A.8	Serie szybkich, elektrycznych stanów przejściowych	BD
A.9	Wrażliwość elektromagnetyczna	BD
A.10	Wyładowania elektrostatyczne	BD
A.11	Przeciążenie ciśnieniem*	BA
A.12	Wibracje	BA
A.13	Udary	BA
A.14	Przeciążenie ciśnieniem (mechaniczne)*	A
A.15	Trwałość	BA
A.16	Działanie alarmów	D
A.17	Powtarzalność	D

* Badania A11 i A14 dotyczą jedynie przeliczników typu 1 i przetworników ciśnienia. Chronometraż oznacza, kiedy wyznaczane są charakterystyki metrologiczne: B – przed badaniem, D – podczas badania, A – po badaniu.

Tablica 2. Dodatkowe badania

Nr badania	Nazwa badania	Chronometraż
A.18	Wahania napięcia	BD
A.19	Skoki napięcia na liniach zasilających lub sygnałowych	BA
A.20	Pola magnetyczne o częstotliwości zasilania	BD

Tablica 3. Maksymalne błędy dopuszczalne dla przeliczników typu 1

Wskazanie	Warunki odniesienia	Znamionowe warunki użytkowania
Wskazanie główne dla przeliczenia <i>PT</i> i <i>PTZ</i>	0,5%	1,0%
Wskazanie główne dla przeliczenia <i>T</i>	0,5%	0,7%

Tablica 4. Maksymalne błędy dopuszczalne dla przeliczników typu 2

Wskazanie lub element	Warunki odniesienia	Znamionowe warunki użytkowania
Wskazanie główne	0,5%	1,0%
Kalkulator	0,2%	0,3%
Przetwornik temperatury	0,1%	0,2%
Przetwornik ciśnienia	0,2%	0,5%

Podsumowanie

Wynikiem wprowadzenia systemu oceny zgodności, w miejsce przepisów obowiązującym przed wejściem w życie dyrektywy MID [1], jest znacząca poprawa jakości przeliczników. Wskazuje na to ogrom i wysoki poziom

Po zatwierdzeniu typu przelicznika, każda jego modyfikacja powinna zostać zatwierdzona przez jednostkę notyfikowaną, na podstawie badań stosowanych do modyfikacji. Powtórzenie kompletu badań nie jest wymagane.

Wysokie wymagania stawiane przelicznikom w trakcie oceny zgodności obejmują wyznaczanie charakterystyk metrologicznych podczas stosowania czynników wpływających oraz zaburzeń – w praktyce oznacza to niezakłóconą pracę i błędy mieszczące się w granicach MPE, w warunkach m.in. zmiennej temperatury i wilgotności otoczenia lub wyładowań elektrostatycznych i zakłóceń elektromagnetycznych. Tablice 3 i 4 przedstawiają maksymalne błędy dopuszczalne (MPE); odpowiednio dla przeliczników typu 1 i typu 2, w warunkach odniesienia i znamionowych warunkach użytkowania.

Przywołane w tablicach 3 i 4 maksymalne dopuszczalne błędy przeliczników są wartościami niskimi. Spełnienie przez producentów postawionych przed nimi wymagań w zakresie MPE spowoduje wzrost dokładności pomiarów, a tym samym rozliczeń.

wymagań stawianych podczas badania typu. Wymagania te dotyczą zarówno badanych urządzeń, jak i aparatury kontrolno-pomiarowej. Ponadto należy zauważyć, iż w przypadku przeliczników typu 2, ocenie zgodności podlega nie tylko

sam kalkulator, ale kompletne urządzenie, tj. kalkulator wraz z zewnętrznymi przetwornikami pomiarowymi. Wymóg ten w istotny sposób powinien wpłynąć na zwiększenie dokładności pomiarów w gazownictwie – szczególnie ze względu na wysokie wymagania metrologiczne w odniesieniu do przetworników, gdyż ich błędy pomiarowe odniesione są do wartości mierzonej (dotychczas często odnoszone były do górnego zakresu pomiarowego FS, tzw. klasa, co mogło prowadzić do błędnych interpretacji).

Poza poprawą jakości wyrobów, za wcześniejszym (niż przed wynikającym z okresu przejściowego rokiem 2016), całkowitym przejściem przez producentów urządzeń pomiarowych na system oceny zgodności przemawiają również względy ekonomiczne i gospodarcze. Zgodnie z postanowieniami dyrektywy MID [1], opatrzenie znakiem CE urządzeń pomiarowych ułatwia ich swobodny przepływ wewnątrz Wspólnoty Europejskiej oraz nie powinno stać w sprzeczności z wymogami krajów trzecich.

Artykuł nadesłano do Redakcji 18.10.2010 r. Przyjęto do druku 9.11.2010 r.

Recenzent: prof. dr inż. Andrzej Froński

Literatura

- [1] Dyrektywa 2004/22/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 31 marca 2004 r. w sprawie przyrządów pomiarowych (D.U. UE Nr L135 z dnia 30.04.2004 r.).
- [2] Jaworski J.: *Rola systemu certyfikacji w zapewnieniu jakości wyrobów w gazownictwie*. Gaz, Woda i Technika Sanitarna nr 10, 2009.
- [3] Jaworski J.: *Zmiany w przepisach metrologicznych dotyczących gazomierzy*. Materiały konferencyjne, Poznań 2008.
- [4] Norma PN-EN 12405-1:2007 *Gazomierze – Przeliczniki. Część 1: Przeliczanie objętości wraz z załącznikiem PN-EN 12405-1:2007/A1:2008*.
- [5] Projekt normy EN 12405-1:2005/prA2:2009.
- [6] Przewodnik Welmec 8.8, wyd. 1 z grudnia 2008 r.
- [7] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 18 grudnia 2006 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla przyrządów pomiarowych (Dz.U. z 2007 r. nr 3, poz. 27).
- [8] Ustawa z dnia 30 sierpnia 2002 r. o systemie oceny zgodności (Dz.U. z 2004 r. nr 204, poz. 2087 wraz z późniejszymi zmianami).
- [9] Zalecenia Międzynarodowej Organizacji Metrologii Prawnej OIML R140:2007.



Mgr inż. Monika TYSZOWNICKA – absolwentka Wydziału Inżynierii Elektrycznej i Komputerowej Politechniki Krakowskiej. Pracownik Zakładu Metrologii Przepływów INiG w Krakowie. Współtwórcza w pełni zautomatyzowanego stanowiska do badań przeliczników objętości gazu oraz przetworników ciśnienia i temperatury. Zainteresowania: metrologia elektryczna wielkości nieelektrycznych.



Dr inż. Jacek JAWORSKI – absolwent Wydziału Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH w Krakowie, kierunek: Górnictwo i Geologia, specjalność: Gazownictwo Ziemne. Zastępca Dyrektora ds. Gazownictwa Instytutu Nafty i Gazu w Krakowie. Zajmuje się realizacją prac badawczych z zakresu dokładności pomiarów rozliczeniowych oraz badaniami laboratoryjnymi gazomierzy.