

Paweł Kułaga, Jacek Jaworski

Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy

Wyniki badań trwałości gazomierzy miechowych uzyskiwane z zastosowaniem różnych metodyk – analiza porównawcza

W artykule przedstawiono analizę porównawczą wyników badania trwałości gazomierzy miechowych uzyskanych za pomocą metod znormalizowanych (opisanych w normie PN-EN 1359:2004 oraz zaleceniach OIML R 137-1&2:2012), metody zawartej w projekcie normy prEN 1359:2015, a także według metod autorskich opracowanych w Instytucie Nafty i Gazu – Państwowym Instytucie Badawczym. W stosowanych metodach badawczych czynnikiem obciążeniowym były: medium robocze (gaz ziemny lub powietrze), strumień objętości (stały lub cyklicznie zmienny), temperatura otoczenia (-25°C , 20°C oraz 55°C).

Słowa kluczowe: gazomierze miechowe, trwałość gazomierzy, skrajne temperatury otoczenia, wpływ temperatury otoczenia.

The results of durability tests of diaphragm gas meters, obtained using different methodologies – comparative analysis

The article presents a comparative analysis of durability test results of diaphragm gas meters obtained using normalized methods (described in the standard PN-EN 1359:2004 and in the OIML Recommendations R 137-1&2:2012), and a method contained in the draft of prEN 1359:2015 and also according to the author's testing methods developed in INiG – PIB. In applied test methods, the exposure factors were: working medium (natural gas or air), the type of flow rate (constant or with cyclical changes), ambient temperature (-25°C , 20°C and 55°C).

Key words: diaphragm gas meters, gas meters durability, extreme ambient temperature, influence of ambient temperature.

Wprowadzenie

Najpowszechniej wykorzystywanymi gazomierzami do pomiaru gazu użytkowanego w gospodarce komunalno-bytowej, usługach, handlu oraz przemyśle drobnym są gazomierze miechowe. Odbiorcy sektora komunalno-bytowego stanowią 97% odbiorców końcowych gazu (około 7,3 mln), a zużywają około 27% całkowitej ilości gazu sprzedawanego w Polsce [3]. Wynika to z faktu, że najbardziej rozpowszechnionym urządzeniem gazowym w kraju jest kuchenka gazowa, będąca w wielu gospodarstwach domowych jedynym urządzeniem na ten rodzaj paliwa.

Jednym z parametrów bardzo istotnych z punktu widzenia możliwości wieloletniej eksploatacji gazomierzy i rzetelności

rozliczeń jest trwałość gazomierza. Trwałość, określana również jako stabilność metrologiczna długoterminowa, to zdolność gazomierza do odmierzenia objętości gazu ze zmieniającym się w akceptowalnych granicach błędem wskazań w czasie jego użytkowania w instalacji w okresie ważności dowodu legalizacji. Przepisy dotyczące prawnej kontroli metrologicznej przyrządów pomiarowych [11] wskazują, że ważność legalizacji gazomierzy miechowych w Polsce wynosi 10 lat. Na potrzeby oceny zgodności z dyrektywą MID [7] badanie trwałości gazomierzy może być przeprowadzone z zastosowaniem metodyk znormalizowanych, tj. zawartych w normie PN-EN 1359:2004 [9] lub zaleceniach

OIML R 137-1&2:2012 [8]. Oba dokumenty są zharmonizowane z dyrektywą MID [5]. Od niedawna istnieje także trzeci sposób badania trwałości, oparty na metodzie z cyklicznymi zmianami strumienia według projektu normy prEN 1359:2015 [10], który znajduje się w ostatniej fazie zatwierdzania i niebawem może również stanowić podstawę badania gazomierzy miechowych na potrzeby oceny zgodności. Należy podkreślić, że wszystkie stosowane metody badania trwałości uwzględniają badanie w temperaturze zbliżonej do temperatury otoczenia 20°C.

Jakość armatury gazowej, reduktorów czy też gazomierzy i żądana długoterminowa bezobsługowa praca wymagają przyjęcia rozwiązań konstrukcyjnych mogących zagwarantować niezawodną pracę gazomierza. Wszystkie materiały użyte do produkcji urządzenia powinny być odporne na korozję oraz niepodatne chemicznie i termicznie na starzenie w czasie całego okresu użytkowania. Zakłada się, że gazomierz powinien pracować bezobsługowo, tzn. że w czasie jego technicznego życia nie będą wykonywane żadne naprawy. Od wielu lat gazomierze są często instalowane na zewnątrz budynków, w szafce w tzw. punkcie gazowym. Najbardziej wrażliwe na zmiany temperatury są elementy elastyczne, np. membrany, które znajdują się w ciągłym ruchu. Gazomierze poddawane są działaniu niskich temperatur występujących zimą, wysokich temperatur latem oraz czynników atmosferycznych, takich jak wilgotność, w zależności od miejsca zainstalowania. W niskich temperaturach zwiększa się kruchość zastosowanych metali i elastomerów, zmieniają się fizyczne parametry membran i uszczelnień. Wysoka temperatura nie czyni wprawdzie większych szkód, może jednak przyspieszać starzenie części wykonanych z elastomerów [6].

Gazomierze miechowe w trakcie badań typu na potrzeby oceny zgodności są między innymi sprawdzane metrologicznie w granicznych temperaturach otoczenia i gazu (dodatnich i ujemnych) zadeklarowanych przez producenta oraz są poddawane próbie trwałości. Niemniej badania te nie obejmują przypadku sprawdzenia, jak długotrwałe użytkowanie gazomierzy w ekstremalnych temperaturach otoczenia wpływa na ich trwałość.

Gazomierze G4 o nominalnej objętości cyklicznej 1,2 dm³ wykonują 3333,3 cyklu kurczenia i rozciągania komory pomiarowej i membran w ciągu jednej godziny. Parametr ten nazywamy szybkobieżnością gazomierza miechowego, określającą liczbę cykli wykonanych w ciągu jednej godziny pracy przy obciążeniu nominalnym, i jest on ilorazem tego obciążenia i nominalnej objętości cyklicznej gazomierza [2]. Podczas sprawdzania stabilności błędów wskazań przez 5000 h przy maksymalnym obciążeniu 6 m³/h gazomierze G4 o objętości cyklicznej 1,2 dm³ wykonają 25 milionów cykli. Trwałość przepon syntetycznych,

jak już wcześniej wspomniano, zależy od liczby wykonanych cykli w ujemnych temperaturach.

W wyniku pracy gazomierzy przez okres 5000 godzin należy się spodziewać dotarcia par ciernych gazomierza i powiększenia luzów, co może spowodować zmianę krzywej gazomierza. Z kolei temperatura otoczenia może inaczej wpływać na zachowanie układu pomiarowego podczas badania trwałości, a zatem w różnym stopniu będzie ona wpływać na końcową charakterystykę gazomierza. Gazomierz miechowy jest dobrym wymiennikiem ciepła, a co za tym idzie – temperatura otoczenia oddziałuje na temperaturę gazu w urządzeniu i na jego błędy wskazań [4]. Uzyskane wyniki w pracach badawczych realizowanych w Instytucie Górnictwa Naftowego i Gazownictwa w latach 1997–2002 pozwoliły stwierdzić, że temperatura otoczenia wpływa na zmianę błędów względnych (wskazań) gazomierzy, przy czym charakter i wielkość tych zmian są uzależnione przede wszystkim od temperatury otoczenia i od marki gazomierza. Gazomierze miechowe instalowane na zewnątrz budynków są szczególnie narażone na oddziaływanie warunków otoczenia, zwłaszcza temperatury, co zmusza do postawienia pytania, czy temperatura otoczenia wpływa również na właściwości metrologiczne gazomierzy przy długotrwałym użytkowaniu w skrajnych warunkach temperaturowych.

Na podstawie wyników pracy [4] można określić, jak zachowują się elementy gazomierza w skrajnych temperaturach. Przy wysokiej temperaturze otoczenia, 40°C i wyższej, może nastąpić zmniejszenie oporów mechanicznych w układzie rozrządu gazomierza, obniżenie straty ciśnienia i przesunięcie błędów w kierunku dodatnim. Z kolei w temperaturze ujemnej zmniejszają się luzy w łożyskowaniu elementów obrotowych, co powoduje zwiększone tarcie. A zatem w gazomierzu wraz ze spadkiem temperatury następuje wzrost oporów mechanicznych i hydraulicznych, a więc zwiększenie się straty ciśnienia i zmiana błędów wskazań w kierunku ujemnym. Obniżanie temperatury sprawia, że w temperaturze -25°C membrany gazomierza nie ulegają skurczeniu, a czynnikiem determinującym zmiany błędów jest wzrost oporów mechanicznych, co skutkuje tym, iż przepływający gaz, działając na ścianki membrany, powoduje jej rozciąganie, a tym samym wzrost objętości cyklicznej i zaniżanie wskazań w stosunku do występujących w temperaturze 20°C. Znaczny wpływ na wartość błędów może mieć powstanie niewielkich nieszczelności wewnętrznych gazomierza. W temperaturze dodatniej 40°C i wyższej następuje zmniejszenie się objętości cyklicznej, ponieważ membrany gazomierza ulegają w mniejszym stopniu odkształceniom niż w warunkach 20°C. Membrana gazomierza nie jest idealnie gładka, gdyż na jej powierzchni występują fałdy czy też zmarszczenia, a zatem spadek oporów mechanicznych będzie skutkował zmniejszeniem się zarówno pojemności

samej komory pomiarowej, jak też objętości cyklicznej. Wpływ ten został omówiony szczegółowo w pracy [4].

Biorąc pod uwagę dotychczasowe wyniki prac badawczych, zdecydowano się wykonać dodatkowe badania trwałości gazomierzy w ekstremalnych (skrajnych) temperaturach otoczenia. INiG – PIB w pracy badawczej [1] przeprowadził badania trwałości gazomierzy z użyciem metodyk znormali-

zowanych (przedstawionych w EN 1359 i OIML R 137-1&2), a także za pomocą metody opisanej w projekcie normy prEN 1359 oraz metodyk autorskich w temperaturach -25°C oraz 55°C . Na podstawie tych badań wykonano analizę wpływu ekstremalnych temperatur otoczenia na trwałość gazomierzy oraz porównano wpływ różnych metod badania trwałości na uzyskane zmiany błędów wskazań.

Przeгляд stosowanych metod badania trwałości

Metoda znormalizowana zgodna z normą PN-EN 1359:2004

Procedura badania trwałości zgodna z normą PN-EN 1359:2004 polega na przepuszczeniu przez gazomierz objętości gazu równoważnej objętości, jaka przepływie przez okres 5000 godzin przy strumieniu maksymalnym gazomierza Q_{max} . Badanie wykonuje się przy zastosowaniu gazu ziemnego rozprowadzanego siecią rozdzielczą, pod ciśnieniem nieprzekraczającym maksymalnego ciśnienia roboczego gazomierzy w temperaturze otoczenia (20 ± 5) $^{\circ}\text{C}$.

W trakcie badania dokonuje się sprawdzenia błędów wskazań i straty ciśnienia gazomierzy po przepłynięciu przez nie objętości gazu w ilościach: $0,05 V_{tot}$, $0,4 V_{tot}$, $0,7 V_{tot}$ i V_{tot} , gdzie V_{tot} oznacza całkowitą objętość gazu, jaka przepływie przez gazomierz w próbie trwałości przez 5000 godzin przy strumieniu Q_{max} gazomierza.

Metoda znormalizowana zgodna z zaleceniami OIML R 137-1&2:2012

Procedura badania trwałości zgodna z zaleceniami OIML R 137-1&2:2012 polega na przepuszczeniu przez gazomierz przy strumieniu pomiędzy $0,8 Q_{max}$ a Q_{max} objętości gazu (gazu ziemnego, powietrza lub innego gazu) odpowiadającej tej, jaka przepływie w ciągu 2000 godzin przy strumieniu Q_{max} . Badanie wykonuje się gazem pod ciśnieniem nieprzekraczającym maksymalnego ciśnienia roboczego gazomierza. Sprawdzenia błędów wskazań dokonuje się na początku i na końcu badania trwałości.

Metoda zgodna z projektem normy prEN 1359:2015

Obecnie trwają końcowe prace nad zatwierdzeniem projektu normy prEN 1359:2015, w którym badanie trwałości będzie prowadzone dwiema metodami. Pierwsza metoda dotyczy gazomierzy miechowych o wielkości strumienia maksymalnego powyżej $16 \text{ m}^3/\text{h}$ (gazomierze G10 i większe). W przypadku tych gazomierzy przewiduje się badanie trwałości z wykorzystaniem gazu ziemnego przy strumieniu Q_{max} przez 5000 godzin, tak jak w aktualnej normie PN-EN 1359:2004.

Druga metoda dotyczy gazomierzy o wielkości strumienia maksymalnego do $10 \text{ m}^3/\text{h}$ (gazomierze od G1,6 do G6). Metoda przewiduje badanie trwałości prowadzone przy użyciu powietrza jako medium roboczego i przy zmiennych cyklicznych strumieniach podczas badania, które trwa przez 450 000 cykli, co odpowiada 2000 godzin. Zgodnie z przedstawionym poniżej schematem jeden cykl o długości 16 sekund składa się z następujących zmian strumienia:

- strumień $2/3 Q_{max}$; przez (5 ± 1) s,
- strumień $1/3 Q_{max}$; przez (3 ± 1) s,
- strumień $3/3 Q_{max}$; przez (5 ± 1) s,
- brak przepływu przez (3 ± 1) s.

Badanie wykonuje się pod ciśnieniem powietrza od 20 mbar do 25 mbar w temperaturze otoczenia pomiędzy 5°C a 40°C . Gazomierze należy w trakcie badania sprawdzać metrologicznie na tym samym stanowisku pomiarowym po: 25 000, 150 000, 300 000 i 450 000 cykli, aby określić błąd gazomierzy i stratę ciśnienia.

Badanie trwałości według metody autorskiej INiG – PIB

Badanie trwałości gazomierzy według „metody autorskiej” w skrajnych temperaturach otoczenia to badanie, które wykorzystuje jako podstawę metody badawcze zawarte w zaleceniach OIML R 137-1&2:2012 i projekcie normy prEN 1359:2015. Modyfikacją tych znormalizowanych metod są warunki temperaturowe podczas pracy gazomierza, tj. prowadzenie badań trwałości zarówno w temperaturze otoczenia -25°C , jak i 55°C . Dodatkowo badanie trwałości zawarte w projekcie normy prEN 1359:2015 zmodyfikowano

poprzez zmianę medium roboczego z powietrza na gaz ziemny, pozostawiając temperaturę otoczenia 20°C . Metodę przygotowano w ramach realizacji pracy [1].

Metoda badania opracowana w INiG – PIB może być stosowana jako uzupełnienie wymaganych badań zharmonizowanych z dyrektywą metrologiczną. Metoda ta w znaczny sposób przyspieszy badania inżynierskie gazomierzy w momencie dokonywania zmian technologicznych przez producentów, które mogą wpłynąć na trwałość gazomierzy, obejmując równo-

częściej oddziaływanie długotrwałych warunków temperaturowych na charakterystyki metrologiczne gazomierzy. Z uwagi na to, że w procesie certyfikacji powszechnie stosowana jest

metoda badania trwałości według normy zharmonizowanej oraz specyfikacji zharmonizowanej OIML, procedura badania INiG – PIB nie będzie miała charakteru obligatoryjnego.

Wykonanie badań trwałości

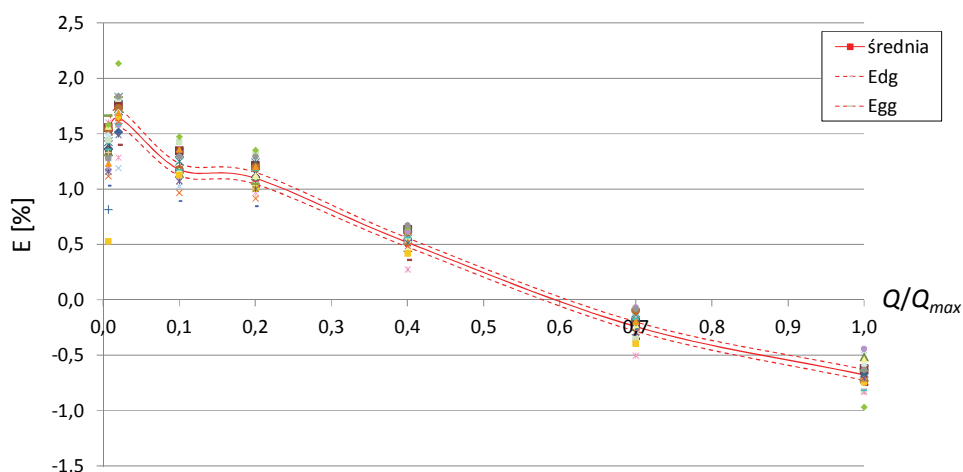
W celu dokonania analizy porównawczej wyników badania trwałości gazomierzy miechowych otrzymanych za pomocą różnych metod należało przeprowadzić w pierwszej kolejności badania początkowych błędów wskazań gazomierzy, z którymi porównywane będą błędy wskazań uzyskane podczas badania trwałości prowadzonego różnymi metodami. Do badań wytypowano gazomierze miechowe jednego producenta, z jednej partii produkcyjnej, które zostały przez niego wyjustowane na podobnym poziomie błędów początkowych. Początkowe błędy wskazań gazomierzy wyznaczono przy strumieniach Q_{max} , $0,7 Q_{max}$, $0,4 Q_{max}$, $0,2 Q_{max}$, $0,1 Q_{max}$, $3 Q_{min}$, Q_{min} (po 6 powtórzeniach). Po zbadaniu charakterystyk początkowych gazomierze zostały podzielone na próbki po 3 gazomierze i umieszczone na stanowiskach do badania trwałości różnymi metodami. Wyniki badań błędów gazomierzy po badaniu trwałości zostały podzielone na dwie grupy: pierwsza to błędy gazomierzy po zbadaniu trwałości w temperaturze otoczenia 20°C, a druga grupa

wyników to błędy gazomierzy poddanych badaniu trwałości w skrajnych temperaturach otoczenia -25°C i 55°C. W tabelicy 1 przedstawione zostały warianty badania trwałości metodami znormalizowanymi w 20°C oraz metodą autorską, alternatywną, opracowaną przez autorów.

Na rysunku 1 zaprezentowano otrzymane błędy początkowe 24 gazomierzy. Uzyskano bardzo zbliżone przebiegi charakterystyk początkowych, co świadczy o jednorodności partii gazomierzy i może stanowić wyjściowe wartości do przeprowadzenia porównań. Na wykresie oznaczono dolną i górną granicę przedziału ufności oraz przebieg średnich wartości błędów w funkcji względnego strumienia objętości.

Tablica 1. Warianty badania trwałości różnymi metodami badawczymi

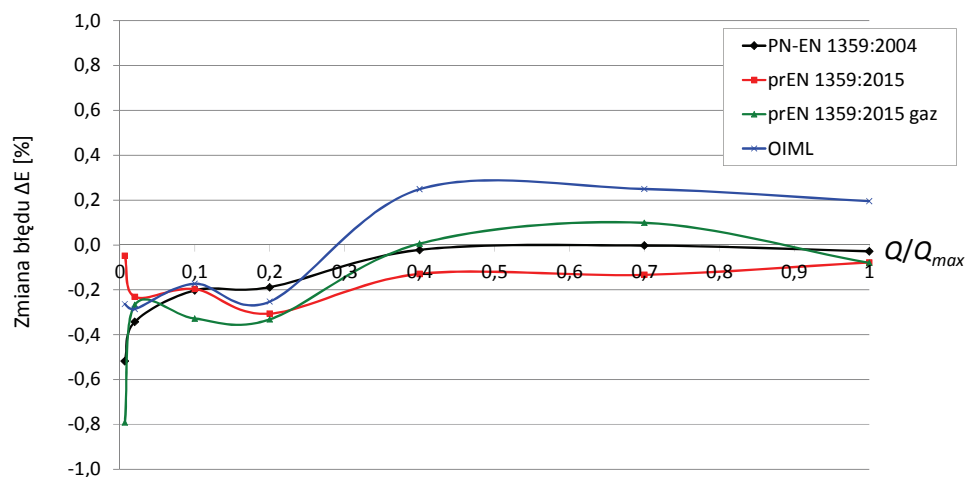
Oznaczenie próbki	Metoda badania	Medium robocze, strumień, liczba godzin	Temperatura otoczenia podczas badania
PN-EN 1359	PN-EN 1359	gaz ziemny, Q_{max} , 5000 h	20°C
OIML	OIML R 137-1&2	powietrze, Q_{max} , 2000 h	
prEN 1359:2015	prEN 1359:2015	powietrze, ON/OFF, 2000 h	
prEN 1359:2015 gaz	autorska	gaz ziemny, ON/OFF, 2000 h	
OIML -25°C	autorska	powietrze, Q_{max} , 2000 h	-25°C
prEN 1359:2015 -25°C	autorska	powietrze, ON/OFF, 2000 h	
OIML +55°C	autorska	powietrze, Q_{max} , 2000 h	55°C
prEN 1359:2015 +55°C	autorska	powietrze, ON/OFF, 2000 h	



Rys. 1. Początkowe błędy wskazań gazomierzy w funkcji strumienia względnego

Analiza wyników badania trwałości gazomierzy różnymi metodami w temperaturze otoczenia 20°C

W analizie porównywano zmiany błędów wskazań po badaniach trwałości przeprowadzonych metodami znormalizowanymi według PN-EN 1359:2004 (z użyciem gazu ziemnego) i według OIML R 137-1&2 (z użyciem powietrza) oraz projektu normy prEN 1359:2015 (z użyciem powietrza i gazu ziemnego). Podczas badań temperatura otoczenia wynosiła 20°C. Na tej podstawie określono, czy można przyjąć hipotezę, że badania gazomierzy poddanych próbie trwałości różnymi metodami w temperaturze otoczenia 20°C dają porównywalne wyniki (wpływ na charakterystykę metrologiczną). Analizę wykonano dla błędów wskazań otrzymanych po okresie 2000 godzin. Na rysunku 2 przedstawiono



Rys. 2. Średnie zmiany błędów wskaźników gazomierzy po badaniu trwałości różnymi metodami w temperaturze otoczenia 20°C

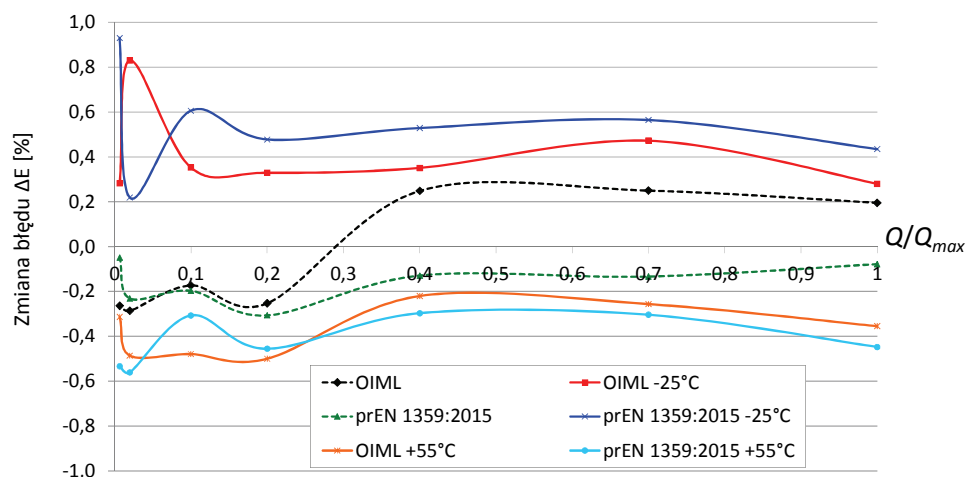
zmiany średnich błędów wskaźników gazomierzy po badaniu trwałości przeprowadzonym czterema metodami badania.

Z analizy rysunku 2 wynika, że wpływ zastosowanych metod badania trwałości, w temperaturze otoczenia 20°C, na zmianę błędów wskaźników gazomierzy jest zbliżony. Jedynie w przypadku badania trwałości zgodnie z OIML przy strumieniach od 0,4 Q_{max} do Q_{max} zmiana błędów była nieznacznie wyższa i wynosiła 0,2%. Nie można jednoznacznie wskazać przyczyny, dlaczego po badaniu trwałości metodą według OIML wystąpiły największe zmiany błędów.

Analiza wyników badania trwałości gazomierzy w skrajnych temperaturach otoczenia -25°C i 55°C

W dalszej analizie porównano wyniki badania trwałości przeprowadzonego według metody autorskiej INiG – PIB dla gazomierzy umieszczonych w skrajnych temperaturach otoczenia -25°C i 55°C z wynikami otrzymanymi przy badaniu w temperaturze otoczenia 20°C.

Z analizy rysunku 3 wynika, że badanie trwałości w temperaturze



Rys. 3. Średnie zmiany błędów wskaźników gazomierzy po badaniu trwałości według metody autorskiej INiG – PIB w skrajnych temperaturach otoczenia

Podsumowanie

Na podstawie wykonanych badań i analiz stwierdzono, że w przypadku badanej próbki gazomierzy różnica pomiędzy uzyskanymi zmianami błędów po próbie trwałości prowadzonej w temperaturze otoczenia 20°C dla różnych metod badania jest nieistotna, co oznacza, że należy się spodziewać

podobnego wpływu na charakterystykę gazomierzy niezależnie od zastosowanej metody badania trwałości.

Stwierdzono, iż istnieje istotny metrologicznie wpływ długotrwałego oddziaływania skrajnych temperatur otoczenia na charakterystykę gazomierzy i w pewnym stopniu jest on zależny

otoczenia -25°C powodowało zmianę błędów gazomierza w kierunku dodatnim w całym zakresie strumienia objętości, w zbliżonej wielkości w przypadku obu metod badania. Po badaniu trwałości w temperaturze otoczenia +55°C – przy zastosowaniu obu metod badania (PN-EN i OIML) stwierdzono bardzo zbliżone zmiany błędów w całym zakresie strumienia objętości w kierunku ujemnych błędów.

Po badaniach w temperaturze ujemnej krzywe błędów przesunięte są ponad krzywe podstawowe,

a przesunięcie to spowodowane jest najprawdopodobniej zmniejszeniem objętości cyklicznej gazomierza. Efekt ten spowodowany może być w głównej mierze zjawiskiem kurczenia się membran. Narażenie gazomierza na ekstremalnie dodatnią temperaturę 55°C powoduje przesunięcie krzywych dodatnich poniżej krzywych podstawowych. Zmiany krzywej dodatniej 55°C nastąpiły w całym zakresie strumienia, a przesunięcie jest najprawdopodobniej wynikiem wzrostu naprężeń membrany ze względu na zwiększone opory mechaniczne w układzie rozrządu gazomierza.

od samej metody badania trwałości, co skutkuje kierunkiem zmian błędów wskazań (dodatnim lub ujemnym). Zatem być może w krajach, gdzie przez długi czas utrzymują się skrajne temperatury otoczenia, zasadne byłoby przeprowadzenie dodatkowego badania trwałości w temperaturze otoczenia zbliżonej do warunków eksploatacyjnych, tak by właściciel gazomierzy miał pewność, że również w takich warunkach urządzenie może zagwarantować odpowiednią dokładność rozliczeń w długim okresie eksploatacji i nie będzie przynosić strat gazu.

Ponieważ różnice w wynikach przy zastosowaniu znormalizowanych metod badania trwałości nie są istotne metrologicznie, może to wskazywać, że badania trwałości mogą być wykonywane w krótszym czasie z takim samym efektem. Producenci mogą szybciej reagować na konieczność zmian i poprawy konstrukcji gazomierzy poprzez skrócenie testów ich trwałości w badaniach inżynierskich, obejmując

jednocześnie sprawdzenie wpływu długotrwałego oddziaływania skrajnych temperatur otoczenia. W procesie certyfikacji zastosowanie nadal będą miały metody badania trwałości oparte na dokumentach zharmonizowanych z dyrektywą metrologiczną, a metoda badania INiG – PIB może być alternatywą podczas badań inżynierskich.

Przedstawione badania mają charakter nowatorski i powinny być kontynuowane. Z uwagi na ograniczenie możliwości przeprowadzenia badań na różnych modelach gazomierzy wskazane byłoby wykonanie analogicznych badań na innych ich typach, co może potwierdzić, czy poszczególne metody badania dają porównywalne rezultaty. Przebada- ne gazomierze charakteryzowały się bardzo dobrą stabilnością błędów w czasie, co również wskazuje na potrzebę potwierdzenia otrzymanych wyników w przypadku innych typów gazomierzy.

Prosimy cytować jako: Nafta-Gaz 2016, nr 8, s. 645–650, DOI: 10.18668/NG.2016.08.09

Artykuł nadesłano do Redakcji 1.02.2016 r. Zatwierdzono do druku 30.05.2016 r.

Artykuł powstał na podstawie referatu zaprezentowanego na Konferencji Naukowo-Technicznej FORGAZ 2016 „Techniki i technologie dla gazownictwa – pomiary, badania, eksploatacja”, zorganizowanej przez INiG – PIB w dniach 13–15 stycznia 2016 r. w Muszynie.

Literatura

- [1] *Badanie wpływu skrajnych temperatur otoczenia na trwałość gazomierzy miechowych*. Praca statutowa INiG – PIB na zlecenie MNiSW; nr zlecenia 0045/GM/15, nr archiwalny: DK-4100-0045/15.
- [2] Dopke J.: *Właściwości metrologiczne i wymagania instalacyjne gazomierzy miechowych*. Materiały problemowe, <http://www.rynek-gazu.cire.pl> (dostęp: 30.10.2015).
- [3] GUS: *Gospodarka paliwowo-energetyczna w latach 2013–2014*. Warszawa 2015, <http://www.stat.gov.pl> (dostęp: 30.10.2015).
- [4] Jaworski J.: *Wpływ temperatury otoczenia na pracę gazomierzy miechowych w aspekcie krajowych warunków klimatyczno-technicznych*. Rozprawa doktorska, Kraków 2004.
- [5] Tyszownicka M., Jaworski J.: *Wybrane problemy systemu oceny zgodności i prawnej kontroli metrologicznej na przykładzie gazomierzy i przeliczników*. Nafta-Gaz 2012, nr 12, s. 1030–1035.
- [6] Wiśniowicz A.: *Wpływ czynników środowiskowych i oddziaływania gazu na funkcjonowanie reduktorów średniego ciśnienia*. Nafta-Gaz 2013, nr 6, s. 463–467.

Akty prawne i normatywne

- [7] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2004/22/WE z dnia 31 marca 2004 r. w sprawie przyrządów pomiarowych (Dz.U. UE L 135 z 30.04.2004, s. 1).
- [8] OIML R 137-1&2:2012 *Gas meters. Part 1 and Part 2*, <https://www.oiml.org/en/files> (dostęp: 30.10.2015).
- [9] PN-EN 1359:2004 wraz z aktualizacją PN-EN 1359:2004/A1:2006 *Gazomierze. Gazomierze miechowe*.
- [10] prEN 1359:2015 *Gas meters – Diaphragm gas meters*. 09.2015.
- [11] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 7 stycznia 2008 r. w sprawie prawnej kontroli metrologicznej przyrządów pomiarowych (Dz.U. z 2008 r. Nr 5, poz. 29 z późn. zm.).



Mgr inż. Paweł KUŁAGA
Główny specjalista inżynierijno-techniczny;
kierownik Zakładu Metrologii Przepływów.
Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Lubicz 25 A
31-503 Kraków
E-mail: pawel.kulaga@inig.pl



Dr inż. Jacek JAWORSKI
Adiunkt; zastępca Dyrektora ds. Gazownictwa.
Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Lubicz 25 A
31-503 Kraków
E-mail: jacek.jaworski@inig.pl