

## Wstępna analiza możliwości przeskoku liczydła mechanicznego gazomierza miechowego

### Preliminary analysis of the possibility of an incorrect shift of the mechanical index of a diaphragm gas meter

Tomasz Lipka, Adrian Dudek

*Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy*

**STRESZCZENIE:** W artykule omówiono problematykę nielegalnego poboru gazu (ang. *unaccounted for gas*, UAG) w oparciu o dane literaturowe. Problematyka ta znana jest nie tylko w Polsce, ale i na całym świecie. Opisano źródło problemu przeskoku liczydeł mechanicznych zgłaszanych przez odbiorców oraz przedstawiono częściowe wyniki analizy około 1400 ekspertyz wykonywanych w ramach działalności Instytutu Nafty i Gazu – Państwowego Instytutu Badawczego. Podano krótki opis sposobu postępowania podczas wykonywania ekspertyzy mechanoskopijnej z podejrzeniem wystąpienia niekontrolowanego przeskoku wskazania liczydła mechanicznego gazomierza. Oceniano występujące luzy technologiczne pomiędzy bębnekami oraz przerzutnikami dekadowymi. W dalszej części artykułu szczegółowo opisano budowę konstrukcyjną oraz wyjaśniono zasadę działania liczydła mechanicznego zarówno ze sprzęgłem magnetycznym jak i mechanicznym. W części praktycznej zawarto opis wytypowanych próbek, na których prowadzono badanie. Poza jednym wyjątkiem były to liczydła nowe, pochodzące z demontażu z gazomierzy, ze wskazaniem początkowym bliskim lub równym 0 m<sup>3</sup>. W dalszej części zaprezentowano szczegółowy opis konstrukcji wykonanego stanowiska badawczego podzielonego na trzy moduły badawcze. Przytoczono literaturę, na podstawie której opracowywano założenia do przebiegu testów laboratoryjnych w trakcie których symulowano pracę gazomierza w okresie zimowym dla domu ogrzewanego kotłem gazowym z zasobnikiem ciepłej wody użytkowej (CWU) oraz płytą gazową przeznaczoną do przygotowywania posiłków. Cykle badawcze były tak dostosowane, aby odzwierciedlić pracę gazomierzy o wielkości G4 (zakres pomiarowy 0,04–6,0 m<sup>3</sup>/h), które są najczęściej stosowane w gospodarstwach domowych. Testy wykonano w temperaturze pokojowej z zakresu 25°C(±5°C). Napędzanie liczydeł trwało przez 7 miesięcy przy średnim strumieniu około 4 m<sup>3</sup>/h. Zasympulowano średnie zużycie 2000 m<sup>3</sup>, co odzwierciedla pracę gazomierza przez okres około 10 lat. We wnioskach zawarto analizę otrzymanych rezultatów, z których wynika, że przeskoczenie liczydła mechanicznego gazomierza miechowego jest możliwe, ale tylko w specyficznych warunkach trudnych do wykazania.

**Słowa kluczowe:** gazomierz miechowy, liczydło mechaniczne, nieprawidłowy przeskoczenie liczydła, nielegalny pobór gazu, kradzież gazu, nierozliczone ilości gazu, ekspertyza.

**ABSTRACT:** The article discusses the problem of illegal gas consumption – UAG (unaccounted for gas) based on literature data. This problem is known not only in Poland but also in the whole world. The source of the problem of uncorrected turn of drums of mechanical index of diaphragm gas meter reported by customers has been described and partial results of the analysis of about 1400 expert opinions carried out by the Oil and Gas Institute – National Research Institute have been presented. A brief description of how to proceed when performing mechanoscopic expertise in case of suspicion of uncorrected turn of drums of mechanical index of a gas meter has been included. The technological clearances between drums and decade converters have been assessed. In the following part of the article, the design has been described in detail and the principle of operation of the mechanical index with both magnetic and mechanical drive has been explained. In the practical part there is a description of selected samples based on which the research was conducted. With one exception these were new indices, from disassembled gas meters, with initial indication close or equal to 0 m<sup>3</sup>. In the next section a detailed of the construction of the 3 test rig has been presented. The publications based on which the assumptions were worked out for the course of laboratory tests during which the operation of the gas meter was simulated in the winter period for a house heated by a gas furnace with a hot water storage tank and a gas plate intended for preparing meals has been quoted. The test cycles were adjusted to reflect the operation of gas meters of G4 size (measuring range 0.04–6.0 m<sup>3</sup>/h), which are most commonly used in households. The tests were performed at room temperature within the range of 25 ±5°C. The driving of the index lasted for a period of 7 months with an average flow rate of about 4 m<sup>3</sup>/h. An average consumption of 2000 m<sup>3</sup> was simulated, which reflects the operation of the gas

Autor do korespondencji: T. Lipka, e-mail: [tomasz.lipka@inig.pl](mailto:tomasz.lipka@inig.pl)

Artykuł nadesłano do Redakcji: 10.01.2022 r. Zatwierdzono do druku: 24.06.2022 r.

meter for a period of about 10 years. The conclusions include an analysis of the obtained results, which shows that the uncorrected turn of drums mechanical index of diaphragm gas meter is possible, but only under specific conditions that are difficult to demonstrate.

Key words: diaphragm gas meter, mechanical index, incorrect shift of gas meter index, illegal gas consumption, gas theft, unaccounted-for gas lost, expertise.

## Wprowadzenie

Gazomierze miechowe z liczydłem mechanicznym to najczęściej stosowany rodzaj gazomierzy do rozliczeń gazu ziemnego u odbiorców domowych, których w polskim systemie dystrybucyjnym jest już ponad 7,8 mln (Dudek i Jaworski, 2017; Matusik i Jaworski, 2017; Dudek, 2020; Gacek i Jaworski, 2020; Lipka, 2020; Kułaga, 2021).

Z rozliczeniami gazowymi wiąże się powstawanie nierozliczonych ilości gazu (ang. *unaccounted for gas*, UAG), których źródłami są przede wszystkim: pomiary, emisje, kradzieże gazu oraz błędne rozliczanie (Gacek i Jaworski, 2017; Gacek, 2021; Kułaga, 2021).

Z dotychczasowych prac badawczych zrealizowanych w Polsce i na świecie wynika, że znaczny udział w nierozliczonych ilościach gazu mają błędy pomiarowe oraz kradzieże u odbiorców indywidualnych (Kułaga, 2021).

Problematyka kradzieży gazu ziemnego jest znana na całym świecie (Wallace, 2011; Masood, 2013; Wang i Zhang, 2013; Costello, 2014; Dobó et al., 2014; Jaworski i Gacek, 2016; Kumar et al., 2017; Ponce-Jara et al., 2017; Touhidi i Davoudi, 2018; Botev i Johnson, 2020).

Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r – Prawo energetyczne, wraz z późniejszymi zmianami (Ustawa Prawo energetyczne) definiuje nielegalny pobór jako „pobieranie paliw lub energii bez zawarcia umowy, z całkowitym albo częściowym pominięciem układu pomiarowo-rozliczeniowego lub poprzez ingerencję w ten układ mającą wpływ na zafalszowanie pomiarów dokonywanych przez układ pomiarowo-rozliczeniowy”.

Do kradzieży gazu najczęściej dochodzi poprzez ingerencję w gazomierz (ingerencja w układ rejestracji, ingerencja w układ pomiaru) jako najsłabszy element sieci i instalacji gazowych (Gacek, 2021; Kułaga, 2021). Laboratorium Metrologii Przepływów INiG – PIB wykonuje na podstawie zleceń operatorów systemów dystrybucyjnych ekspertyzy gazomierzy mające na celu weryfikację prawidłowości pomiaru objętości przepływającego medium, oraz sprawdzenie potencjalnych uszkodzeń pod kątem nielegalnego poboru gazu. W ostatnich latach w przestrzeni publicznej pojawiło się kilka sygnałów o domniemanej nieprawidłowości pracy gazomierzy miechowych polegającej na „przeskoku” stanu liczydła o budowie mechanicznej. Aberracja ta miała polegać na obrocie bębneków liczydła wskazujących metry sześciennie więcej niż o jedną cyfrę (np. przejście z 1 na 3 z pominięciem cyfry 2).

Autorzy niniejszej pracy przeprowadzili przegląd ekspertyz wykonywanych w ramach działalności Laboratorium Metrologii Przepływów od roku 2009 do dnia dzisiejszego. Według przeprowadzonej analizy z 1384 ekspertyz osiem dotyczyło rzekomego „przeskoku” liczydła. W takich przypadkach dokonywano oględzin zewnętrznych gazomierza i kolejno przeprowadzano badanie metrologiczne weryfikujące poprawność wskazań. Następnie dokonywano oględzin układu rejestracji pod kątem uszkodzeń, zewnętrznych ingerencji czy też ewentualnych wad fabrycznych. Sprawdzano, czy na elementach liczydła (bębenkach, przerzutnikach dekadowych) nie widnieją ślady, które mogą wskazywać na wystąpienie przeskoku bądź na nieprawidłową pracę liczydła. Sprawdzano luzy technologiczne pomiędzy bębnekami liczydła i przerzutnikami dekadowymi, konieczne do prawidłowej pracy liczydła.

W przypadku stwierdzenia nierównomiernej pracy liczydła lub/oraz nieprawidłowych luzów technologicznych pomiędzy bębnekami i przerzutnikami dekadowymi, przeprowadzano dodatkowo na okoliczność samoczynnego wystąpienia przeskoku liczydła badanie polegające na cofnięciu wskazania liczydła do stanu poprzedzającego moment zgłaszanego „przeskoku” i napędzaniu go mechanicznie do wskazania obecnego przy demontażu gazomierza. Liczydło napędzane było za pomocą silniczka, ze stałą prędkością przy jednoczesnej okresowej kontroli poprawności działania. Przeprowadzone badania wykazały prawidłową pracę liczydła.

Na uwagę zasługuje fakt, iż jeden z gazomierzy, rok produkcji 2016, wyposażony był w elektroniczny rejestrator. Stan liczydła elektronicznego rejestratora telemetrycznego był zgodny ze stanem liczydła mechanicznego, co jednoznacznie potwierdza prawidłową pracę liczydła mechanicznego. Nie można mówić zatem o nieprawidłowym przeskoku liczydła, a tym samym należy stwierdzić, iż odbiorca paliwa gazowego chciał uniknąć odpowiedzialności finansowej.

W 2010 r. w trakcie wykonywania jednej z ekspertyz gazomierza, który zawyżał wskazania dziewięciokrotnie, stwierdzono wadę fabryczną liczydła będącą tego przyczyną.

W świetle wykonanych oględzin przedmiotowych ośmiu gazomierzy i badań ich liczydeł, nie można było stwierdzić wystąpienia samoczynnego przeskoku liczydła.

Część wykonanych ekspertyz gazomierzy miechowych z liczydłami mechanicznymi, wykazała występowanie znacznych luzów technologicznych na bębnekach i przerzutnikach dekadowych. Niemniej jednak były to gazomierze już

z kilkunastoletnim okresem eksploatacji, po przebytych serwisie lub legalizacji ponownej.

W trakcie czynności serwisowych gazomierzy miechowych lub ponownej legalizacji, zerowany jest stan liczydła gazomierza poprzez mechaniczne przestawianie bębenków liczydła, co może wpływać na powstanie luzów technologicznych. Należy jednak zaznaczyć, że każdy gazomierz po zakończeniu prac serwisowych jest weryfikowany pod kątem poprawności wskazań.

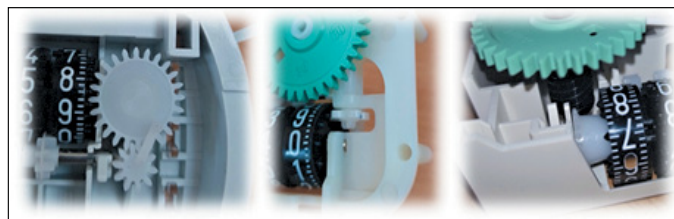
Należy stwierdzić, że samoczynny przeskok bębenków liczydła, choć do tej pory niemożliwy do wykrycia, może wystąpić w przypadku zaistnienia szeregu sprzyjających temu nieznanym czynnikom. Dlatego autorzy niniejszej pracy podjęli się zadania mającego na celu wyjaśnienie tej kwestii. W dalszej części artykułu przedstawiono sposób działania liczydła gazomierza, by zweryfikować najsłabsze jego punkty.

### Zasada działania liczydła mechanicznego

Zmierzona przez gazomierz objętość gazu przedstawiana jest na urządzeniu wskazującym składającym się z przekładni zębatej, przerzutników dekadowych oraz wałków z pięcioma bębenkami odpowiedzialnymi za wskazania liczby zużytych metrów sześciennych oraz zwykle dwoma lub trzema bębenkami, które odpowiadają za wskazania części ułamkowej metra sześciennego zmierzonej objętości gazu.

Każdy z producentów gazomierzy stosuje nieco inną konstrukcję liczydła, ale w całej tej różnorodności jedno pozostaje niezmiennie – zasada działania. Przeniesienie zmierzonej objętości gazu na liczydło odbywa się poprzez zmianę za pomocą korbowodów ruchu posuwisto-zwrotnego układu pomiarowego na ruch obrotowy i przeniesienie go poprzez sprzęgło magnetyczne lub mechaniczne na przekładnię zębatą wewnątrz liczydła. Na trzpieniu umieszczonym w tulei sprzęgła magnetycznego znajduje się nakręcone koło zębate. Od tego miejsca moment obrotowy przenoszony jest za pomocą kół zębatych (są to tzw. koła justujące) na dalsze części liczydła. W zależności od konstrukcji liczba tych kół może być różna, podobnie jak przełożenie (liczba zębów), które jest dopasowywane do konkretnego egzemplarza gazomierza. W dalszej kolejności obrót kół przenoszony jest poprzez układ napędzania bębna kontrolnego. Również i tutaj wykorzystywane są różne rozwiązania w zależności od stosowanych przez producentów konstrukcji (rysunek 1).

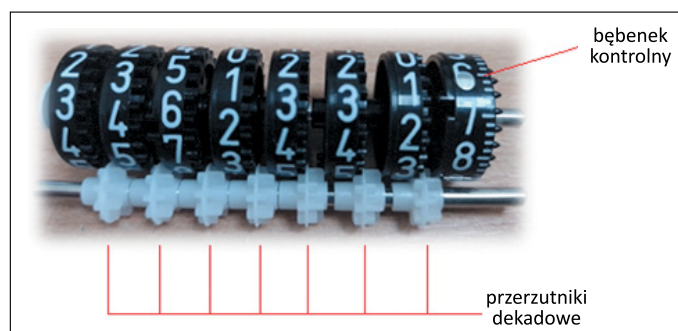
O ile występują różnice u różnych producentów w przypadku przeniesienia ruchu obrotowego ze sprzęgła magnetycznego lub mechanicznego na bębenek kontrolny, tak do obracania pozostałych bębenków stosowany jest taki sam mechanizm. W liczydłach mechanicznych gazomierza miechowego występują



**Rysunek 1.** Różne sposoby przeniesienia momentu obrotowego na bębenek kontrolny

**Figure 1.** Different ways of transferring the torque to the control drum

dwie osie. Na jednej umieszczone są bębniaki z cyframi, a na drugiej przerzutniki dekadowe znajdujące się pomiędzy bębenkami, które przenoszą moment obrotowy pomiędzy nimi (rysunek 2). Jeden pełny obrót bębna kontrolnego, powoduje ruch siódmego przerzutnika dekadowego (licząc od lewej strony), który z kolei powoduje obrót bębna siódmego (licząc od lewej strony) – rysunek 2. Przeniesienie ruchu z bębna realizowane jest przez niewielki wypust (ząb) umieszczony z jego jednej strony. Niektórzy z producentów dodatkowo zabezpieczyli wskazanie liczydła przed możliwością jego cofania. Jedyną możliwością jaka istnieje to niepełny obrót wsteczny bębna kontrolnego, co nie ma większego wpływu na stan końcowy wskazania liczydła, gdyż do rozliczeń gazowych stosuje się pełne  $m^3$ .



**Rysunek 2.** Bębniaki liczydła wraz z przerzutnikami dekadowymi

**Figure 2.** Index drums with decade triggers

### Testy laboratoryjne

Ze względu na ograniczony czas trwania projektu badawczego podjęto decyzję o zasymulowaniu wyłącznie poboru gazu z okresu zimowego, jako najbardziej obciążającego pracę gazomierza miechowego pod względem występujących strumieni objętości przepływającego gazu.

W Instytucie Nafty i Gazu – Państwowym Instytucie Badawczym przeprowadzono testy na liczydłach mechanicznych gazomierzy o wielkości G4 (zakres pomiarowy  $0,04\text{--}6,0\text{ m}^3/\text{h}$ ), najczęściej stosowanych w gospodarstwach domowych w celu sprawdzenia, czy w zebranej puli obiektów narażanych wystąpi

niekontrolowany przeskok liczydła. Do tego celu zbudowano trzy moduły badawcze (dla trzech producentów) z panelem przednim, do którego zamocowano liczydła, zachowując przy tym wszystkie oryginalne elementy mocowania. W części tylnej zamiast sprzęgła magnetycznego zastosowano osie napędowe z kołami zębatymi GT2, napędzanymi przez silniki DC poprzez pasek klinowy GT2. Zastosowanie sterownika do silników DC pozwoliło na sterowanie ich prędkościami oraz na skonfigurowanie cykli badawczych. Wykorzystano ten fakt do zasymulowania rzeczywistej pracy gazomierza miechowego w typowym domu jednorodzinym ogrzewanym kotłem gazowym wraz z kuchenką gazową służącą do przygotowywania posiłków oraz podgrzewania zasobnika CWU.

Analizując pracę gazomierza w takich warunkach stwierdzono, że pobór gazu jest zróżnicowany. Podczas odpalania kotła gazowego następuje nagły pobór gazu, co powoduje nagłą pracę liczydła mechanicznego gazomierza, a w późniejszym czasie następuje przejście do pracy modulowanej, w zależności od zapotrzebowania na gaz. Sytuacja odwrotna występuje w przypadku wyłączania się kotła gazowego – dochodzi wtedy do zatrzymania liczydła gazomierza. Nieco inaczej jest w przypadku płyty gazowej. Standardowa płyta pobiera około 1 m<sup>3</sup>/h, przy założeniu pracy na wszystkich czterech palnikach jednocześnie (PGNiG Poradnik). W porównaniu z typowym kotłem (2,5 m<sup>3</sup>/h) jest to zdecydowanie mniejszy pobór (Budujemy Dom, 2021). Również charakterystyka pracy będzie nieco inna. Trudno sobie wyobrazić sytuację, aby podczas przygotowywania posiłków korzystać ze stałej mocy płyty gazowej. Zwykle w początkowej fazie (np. gotowanie wody) ustawia się nieco większy ogień (większa moc – większy pobór – wyższa prędkość liczydła), a później zapotrzebowanie na moc ulega zmniejszeniu.

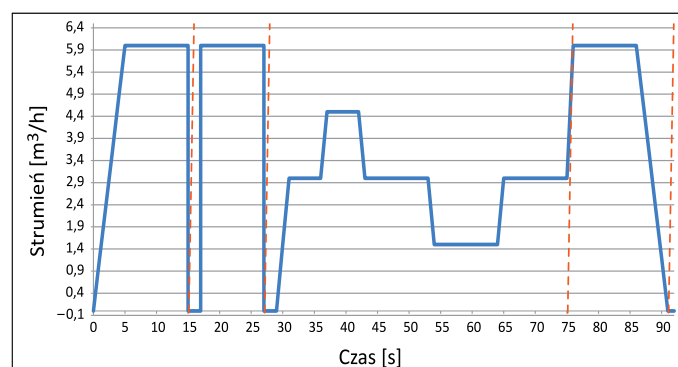
W artykule Dziedzica (2010) zawarto porównanie kosztów eksploatacji kotłów grzewczych kondensacyjnych, kotłów gazowych niskotemperaturowych oraz kotłów opalanych paliwami stałymi. Biorąc pod uwagę powyższe rozważania oraz informacje zawarte publikacjach: Wojtowicza (2013, 2016, 2019), Głównego Urzędu Statystycznego (2014), Siudy i Wojtowicza (2016) oraz Matusika i Jaworskiego (2017), tak przygotowano cykle pracy silników, aby jak najbardziej zasymulować rzeczywiste warunki pracy liczydła gazomierza w okresie zimowym:

- w pierwszym cyklu następuje rozpędzanie silników aż do osiągnięcia żądanej maksymalnej prędkości obrotowej równej maksymalnemu strumieniowi dla gazomierzy G4 (6 m<sup>3</sup>/h). Po około 10 sekundach pracy z maksymalną prędkością następuje zahamowanie silników;
- w drugim cyklu silniki pracują przy założonym maksymalnym strumieniu przez około 10 sekund po czym są zatrzymywane. Aby zminimalizować ryzyko przeska-

kiwania paska klinowego postanowiono, że rozpędzanie i hamowanie nie będzie następowało poprzez cykle ON/OFF. Wykonano do tego procedurę zwiększania prędkości obrotowej silnika tak, aby osiągnął on zadaną prędkość w czasie mniejszym niż 0,5 sekundy;

- w trzecim cyklu silniki rozpędzane są do wartości 3 m<sup>3</sup>/h, po czym oscylują pomiędzy 1,5 m<sup>3</sup>/h a 4,5 m<sup>3</sup>/h. Proces ten trwa przez około 45 sekund;
- w czwartym cyklu, który jest poniekąd kontynuacją trzeciego, następuje zwiększenie prędkości z 3 m<sup>3</sup>/h do maksymalnej wartości 6 m<sup>3</sup>/h. Po 10 sekundach silniki są powoli hamowane, aż do ich całkowitego zatrzymania.

Schemat pracy układów pomiarowych przedstawiono na rysunku 3. Testy wykonano w temperaturze pokojowej z zakresu 25°C (±5°C).

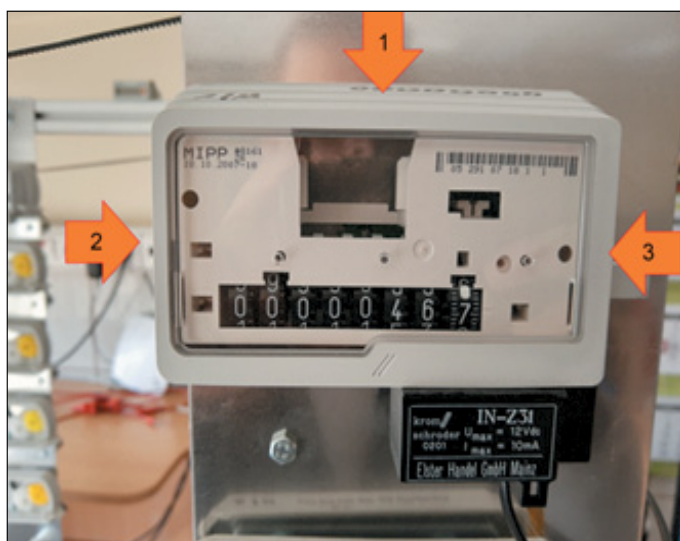


Rysunek 3. Schemat pracy układów pomiarowych

Figure 3. Scheme of operation of measuring systems

Dodatkowo, poza napędzaniem liczydeł zmienną prędkością obrotową, symulowano uderzenia w liczydła różnymi przedmiotami, po to aby sprawdzić czy jest możliwość wystąpienia przeskoku w momencie bezpośredniego oddziaływania na liczydło z zewnątrz. Uderzenia były wykonywane tylko na jednej sztuce dla danego typu liczydła w miejscach oznaczonych na rysunku 4. Do generowania uderzeń losowych wykorzystywano drewniany kołek oraz stalowy śrubokręt. Siła uderzeń była tak dobierana, aby nie uszkodzić obudowy liczydła, a jednocześnie zasymulować rzeczywiste warunki, na jakie może być wystawiony gazomierz zamontowany w miejscu niezabezpieczonym przed możliwością wystąpienia takich zdarzeń.

Ponadto wykonywano uderzenia kontrolowane z wykorzystaniem elementów ze stanowiska laboratoryjnego będącego na wyposażeniu Laboratorium Metrologii Przepływów, służącego do badania odporności na uderzenie okienka i obudowy liczydła i metody badawczej bazującej na normie PN-EN 1359:2017. Podstawowym elementem wyposażenia była kulka stalowa o średnicy 25 mm i masie 63 gram. Uderzenie w punkt 1 (zgodnie z rysunkiem 4) wykonywano przedmiotową kulka z wysokości 350 mm, generując siłę uderzenia równą 0,62 N.



**Rysunek 4.** Miejsca wykonywania uderzeń

**Figure 4.** Area of the impact test

Uderzenia w sekcje boczne osłony liczydła oznaczone jako punkty 2 i 3 przeprowadzano również tą samą kulką posługując się zasadą działania wahadła matematycznego z kątem wychylenia  $\theta = 45^\circ$  i ramieniem o długości  $L = 350$  mm, co generowało siłę uderzenia równą  $0,44$  N.

### Analiza otrzymanych rezultatów

Badaniu poddano liczydła trzech najbardziej popularnych producentów gazomierzy miechowych montowanych u odbiorców w Polsce o wielkości G4 (zakres pomiarowy  $0,04$ – $6,0$  m<sup>3</sup>/h). Dla każdego z producentów wytypowano po 10 liczydeł, co dało łącznie 30 próbek do badań. W zdecydowanej większości były to liczydła zdemontowane z nowych gazomierzy miechowych ze wskazaniem początkowym równym lub bliskim  $0$  m<sup>3</sup>. Testy rozpoczęto w marcu 2021 roku od zapisania wskazań początkowych, wyzerowania liczników kontrolnych oraz uruchomienia układów napędowych, a zakończono końcem października 2021 roku. Nie wszystkie moduły wystartowane były w tym samym czasie, stąd występują różnice we wskazaniach końcowych. Na jednym module badawczym umieszczono liczydła tylko jednego producenta, po 10 sztuk, z tym że po pięć sztuk liczydeł posiadało takie same koła justujące odpowiedzialne za przełożenie.

Ocena polegała na porównaniu przyrostu liczydeł badanych z przyrostem na wskaźnikach kontrolnych. W przypadku wystąpienia przeskoku obydwie te wartości powinny od siebie odbiegać. Zestawienie odczytanych wskazań z badanych liczydeł zamieszczono w tabelach 1–3.

W przypadku producenta A badania rozpoczęto ze wskazaniami początkowymi z równymi  $0$  m<sup>3</sup>. Dla liczydeł 1–5

przyrost wskazania wyniósł  $20\,045,88$  m<sup>3</sup>, ze średnią prędkością  $3,99$  m<sup>3</sup>/h. Nieco większy przyrost zarejestrowano na liczydłach 6–10, dla których wskazania zwiększyły się o  $20\,353,90$  m<sup>3</sup>, ze średnim strumieniem wynoszącym  $4,057$  m<sup>3</sup>/h.

**Tabela 1.** Stany liczydeł dla producenta A [m<sup>3</sup>]

**Table 1.** Indication of index for manufacturer A [m<sup>3</sup>]

Lp.	Stan początkowy	Stan końcowy	Przyrost	Przyrost licznika kontrolnego
1.	00 000,00	20 045,88	20 045,88	20 045,88
2.	00 000,00	20 045,88	20 045,88	
3.	00 000,00	20 045,88	20 045,88	
4.	00 000,00	20 045,88	20 045,88	
5.	00 000,00	20 045,88	20 045,88	
6.	00 000,00	20 353,90	20 353,90	20 353,90
7.	00 000,00	20 353,90	20 353,90	
8.	00 000,00	20 353,90	20 353,90	
9.	00 000,00	20 353,90	20 353,90	
10.	00 000,00	20 353,90	20 353,90	

W przypadku producenta B badania rozpoczęto ze wskazaniami początkowymi bliskimi  $0$  m<sup>3</sup> oraz z jednym liczydłem pochodzącym z eksploatacji ze stanem początkowym  $12\,242,19$  m<sup>3</sup>. Dla liczydeł 1–5 przyrost wskazania wyniósł  $15\,238,08$  m<sup>3</sup>, ze średnią prędkością  $2,860$  m<sup>3</sup>/h. Zdecydowanie większy przyrost zarejestrowano na liczydłach 6–10, dla których wskazania zwiększyły się o  $20\,322,72$  m<sup>3</sup>, ze średnim strumieniem wynoszącym  $3,815$  m<sup>3</sup>/h.

**Tabela 2.** Stany liczydeł dla producenta B [m<sup>3</sup>]

**Table 2.** Indication of index for manufacturer B [m<sup>3</sup>]

Lp.	Stan początkowy	Stan końcowy	Przyrost	Przyrost licznika kontrolnego
1.	12 242,19	27 480,27	15 238,08	15 238,08
2.	00 014,69	15 252,77	15 238,08	
3.	00 010,60	15 248,68	15 238,08	
4.	00 010,60	15 248,68	15 238,08	
5.	00 010,60	15 248,68	15 238,08	
6.	00 006,54	20 329,26	20 322,72	20 322,72
7.	00 006,54	20 329,26	20 322,72	
8.	00 006,54	20 329,26	20 322,72	
9.	00 006,54	20 329,26	20 322,72	
10.	00 006,54	20 329,26	20 322,72	

W przypadku producenta C badania rozpoczęto ze wskazaniami początkowymi równymi lub bliskimi  $0$  m<sup>3</sup>. Dla liczydeł 1–5 przyrost wskazania wyniósł  $21\,370,90$  m<sup>3</sup>, ze średnią prędkością  $4,029$  m<sup>3</sup>/h. Nieco mniejszy przyrost zarejestro-

wano na liczydłach 6–10, dla których wskazania zwiększyły się o 20 246,11 m<sup>3</sup> ze średnim strumieniem wynoszącym 3,817 m<sup>3</sup>/h.

**Tabela 3.** Stany liczydeł dla producenta C [m<sup>3</sup>]

**Table 3.** Indication of index for manufacturer C [m<sup>3</sup>]

Lp.	Stan początkowy	Stan końcowy	Przyrost	Przyrost licznika kontrolnego
1.	00 002,25	21 373,15	21 370,90	21 370,90
2.	00 002,25	21 373,15	21 370,90	
3.	00 002,25	21 373,15	21 370,90	
4.	00 002,25	21 373,15	21 370,90	
5.	00 022,25	21 393,15	21 370,90	20 246,11
6.	00 000,00	20 246,11	20 246,11	
7.	00 000,00	20 246,11	20 246,11	
8.	00 000,00	20 246,11	20 246,11	
9.	00 000,00	20 246,11	20 246,11	
10.	00 000,00	20 246,11	20 246,11	

Różnice w sumarycznych przyrostach na badanych liczydłach wynikają z różnych oporów stawianych przez poszczególne moduły badawcze. Nastawy regulatorów silników dobierano tak, aby praca liczydeł była płynna, bez nadmiernego przeciążania układów napędowych. Podczas programowania sterowników silników DC, prędkości obrotowe ustawiono tak, aby osiągnąć maksymalny strumień 6 m<sup>3</sup>/h dla liczydeł z szybszym przełożeniem. Niemożliwe było ustawienie identycznych nastaw dla wszystkich 10 sztuk liczydeł w jednym module badawczym. Wiązałoby się to z koniecznością zastosowania osobnych silników napędowych dla każdego liczydła co pociągałoby za sobą znaczne koszty realizacji realizowanego eksperymentu. Nieco zróżnicowana charakterystyka pracy silnika DC oraz rozbieżności czasów sterowania (nawet w mikrosekundach) przy długim czasie narażania zapewne i tak by spowodowały rozbieżności w stanach końcowych wskazywanych przez liczydła.

### Wnioski

Na badanych próbkach nie stwierdzono niekontrolowanego przeskoku liczydła. Być może jest to spowodowane zbyt małą liczbą badanych liczydeł (im większa liczba badanych obiektów, tym większe prawdopodobieństwo wystąpienia odstępstwa od przewidywań) lub też jest to w ogóle niemożliwe.

Po analizie budowy liczydła można wywnioskować, że oryginalnie złożone liczydło jest tak spasowane, że możliwość samoczynnego przeskoku jego wskazania jest niezwykle trudna do zaistnienia. Takie zdarzenie może się najprawdopodobniej

pojawić w gazomierzach po ponownej legalizacji lub serwisie, gdy nastąpiła ingerencja w liczydło poprzez cofanie jego wskazania lub zerowanie. Każdy gazomierz po powyższych czynnościach przechodzi weryfikację poprawności wskazań, niemniej jednak objętość przepływającego medium podczas tego testu jest zbyt mała do wykrycia tej aberracji. Nie znaleziono żadnych przepisów, procedur ani zapisów postępowania, w jaki sposób ma przebiegać proces zerowania gazomierza podlegającego ponownej legalizacji. Przeskok wskazań liczydła mógłby wystąpić również w przypadku wady fabrycznej liczydła gazomierza, lecz w takiej sytuacji podczas ekspertyzy mechanicznej taki fakt wyszedłby na jaw.

Autorzy na podstawie doświadczenia zdobytego podczas wykonywania opisywanego testu oraz regularnego wykonywania ekspertyz przypuszczają, że zgłoszenia przeskoku liczydła w zdecydowanej większości wynikają tylko i wyłącznie z chęci uniknięcia odpowiedzialności finansowej przez odbiorców. Po zbadaniu wytypowanej puli liczydeł gazomierzy opisanych w niniejszym artykule nie można potwierdzić możliwości nieprawidłowego przeskoku wskazań liczydła gazomierza mechanicznego. Planowane jest przeprowadzenie dalszych badań z wykorzystaniem wyników otrzymanych w teście przedstawionym w niniejszej publikacji.

Artykuł powstał na podstawie pracy statutowej pt.: *Analiza możliwości przeskoku wskazania liczydła mechanicznego gazomierza mechanicznego*, praca INiG – PIB; nr zlecenia: 0018/GM/2021/01, nr archiwalny: DK-4100-0006/2021.

### Literatura

- Botev L., Johnson P., 2020. Applications of statistical process control in the management of unaccounted for gas. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 76: 103194. DOI: 10.1016/j.jngse.2020.103194.
- Budujemy Dom, 2021. <<https://budujemydom.pl/instalacje/ogrzewanie-podlogowe-i-grzejniki/porady/6083-jakie-jest-zuzycie-gazu-h-przez-kociol/>> (dostęp: 29.10.2021).
- Costello K.W., 2014. Lost and unaccounted-for gas: Challenges for public utility regulators. *Utilities Policy*, 29: 17–24. DOI:10.1016/j.jup.2014.04.003.
- Dobó Z., Kovács H., Tóth P., Palotás A.B., 2014. Investigation of natural gas theft by magnetic remanence mapping. *Forensic Science International*, 245: 1–6. DOI: 10.1016/j.forsciint.2014.09.020.
- Dudek A., 2020. Wpływ warunków środowiskowych i instalacyjnych na proces wymiany ciepła w wybranych przemysłowych gazomierzach mechanicznych. *Nafta-Gaz*, 76(11): 828–836. DOI: 10.18668/NG.2020.11.08.
- Dudek A., Jaworski J., 2017. Wpływ warunków temperaturowych otoczenia na wymianę ciepła w przemysłowych gazomierzach mechanicznych. *Nafta-Gaz*, 73(5): 321–331. DOI: 10.18668/NG.2017.05.04.
- Dziedzic T., 2010. Koszty stosowania gazowych kotłów grzewczych kondensacyjnych, w stosunku do kotłów gazowych niskotemperaturowych i kotłów opalanych paliwami stałymi. *Nafta-Gaz*, 66(8): 695–703.

- Gacek Z., 2021. Wpływ magnezów neodymowych na pomiar paliwa gazowego gazomierzami miechowymi. *Nafta-Gaz*, 77(1): 48–56. DOI: 10.18668/NG.2021.01.06.
- Gacek Z., Jaworski J., 2020. Optimisation of measuring system construction in the context of high flow variability. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 81: 103447. DOI: 10.1016/j.jngse.2020.103447.
- Główny Urząd Statystyczny, 2014. Zużycie energii w gospodarstwach domowych w 2014 r. *Warszawa*.
- Jaworski J., Gacek Z., 2016. Badania wpływu magnezów neodymowych na dokładność pomiaru gazomierzy miechowych. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, 12: 438–444. DOI: 10.15199/17.2016.12.1.
- Kułaga P., 2021. Nielegalny pobór gazu – ogólna charakterystyka. *Nafta-Gaz*, 77(4): 270–278. DOI: 10.18668/NG.2021.04.07.
- Kumar V.S., Prasad J., Samikannu R., 2017. Overview, issues and prevention of energy theft in smart grids and virtual power plants in Indian context. *Energy Policy*, 110: 365–374. DOI: 10.1016/j.enpol.2017.08.032.
- Lipka T., 2020. Internet of Things (IoT) – LoRaWAN w praktyce. *Nafta-Gaz*, 76(2): 119–124. DOI: 10.18668/NG.2020.02.06.
- Masood A., 2013. Pakistan's Gas Crisis due to Gas Theft ... & Unaccounted for Gas (UFG). *International Journal of Renewable Energy Technology Research*, 2(2): 53–58.
- Matusik J., Jaworski J., 2017. Optymalny dobór gazomierzy miechowych przez operatora systemu gazowniczego. *Nafta-Gaz*, 73(4): 274–286. DOI: 10.18668/NG.2017.04.08.
- PGNiG, Poradnik. <<https://pgnig.pl/dla-domu/poradnik/odbiorniki-gazowe-w-twoim-domu#830215-3/>> (dostęp: 29.10.2021).
- Ponce-Jara M.A., Ruiz E., Gil R., Sancristóbal E., Pérez-Molina C., Castro M., 2017. Smart Grid: Assessment of the past and present in developed and developing countries. *Energy Strategy Reviews*, 18: 38–52. DOI: 10.1016/j.esr.2017.09.011.
- Siuda T., Wojtowicz R., 2016. Badania możliwości współspalania biogazu rolniczego i LNG lub LPG w urządzeniach użytku domowego oraz w urządzeniach do zastosowań przemysłowych. *Nafta-Gaz*, 72(9): 747–754. DOI: 10.18668/NG.2016.09.10.
- Touhidi S., Davoudi I., 2018. Spatial Analysis Applied for Gas Theft Modelling in Tabriz City, Iran. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 6(2): 1–19. DOI: 10.4236/gep.2018.62001.
- Wallace A., 2011. Tackling gas theft. <<https://www.ofgem.gov.uk/ofgem-publications/39192/gas-theft-consultation-112-11.pdf>> (dostęp: 03.11.2021).
- Wang J., Zhang W.Y., 2013. A New Method to Prevent Stealing Gas in a Natural Gas Supply System. *Petroleum Science and Technology*, 31(20): 2065–2073. DOI: 10.1080/10916466.2011.561263.
- Wojtowicz R., 2013. Ocena gazu granicznego G21 pod kątem jego przydatności do określenia jakości spalania gazów ziemnych wysokometanowych pochodzących z regazyfikacji LNG w urządzeniach użytku domowego. *Nafta-Gaz*, 69(8): 599–612.
- Wojtowicz R., 2016. Analiza przyczyn rozbieżności określania wymienności paliw gazowych za pomocą metod teoretycznych oraz na drodze eksperymentalnej. *Nafta-Gaz*, 72(6): 422–430. DOI: 10.18668/NG.2016.06.05.
- Wojtowicz R., 2019. An analysis of the effects of hydrogen addition to natural gas on the work of gas appliances. *Nafta-Gaz*, 75(8): 465–473. DOI: 10.18668/NG.2019.08.03.

### Akty prawne i dokumenty normatywne

PN-EN 1359:2017 Gazomierze. Gazomierze miechowe.

Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r – Prawo energetyczne (tj. Dz.U. z 2021 r., poz. 716 z późn. zm.).



Mgr inż. Tomasz LIPKA  
Specjalista inżynierijno-techniczny w Zakładzie Metrologii Przepływów  
Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy  
ul. Lubicz 25 A  
31-503 Kraków  
E-mail: [tomasz.lipka@inig.pl](mailto:tomasz.lipka@inig.pl)



Mgr inż. Adrian DUDEK  
Asystent w Zakładzie Metrologii Przepływów  
Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy  
ul. Lubicz 25 A  
31-503 Kraków  
E-mail: [adrian.dudek@inig.pl](mailto:adrian.dudek@inig.pl)