

DOŚWIADCZALNA ANALIZA WSPÓŁCZYNNIKÓW OPORÓW LOKALNYCH NA KOLANKACH W SYSTEMACH PRZEWODÓW WIELOWARSTWOWYCH

Natalia Krystyna Gietka

Politechnika Gdańska

Streszczenie. Zastosowanie tworzyw sztucznych jako materiału do budowy instalacji wymusiło konieczność weryfikacji dostępnych obecnie informacji dotyczących wartości współczynników oporów lokalnych, które stanowią niezbędną wiedzę potrzebną do obliczania wartości strat energii mechanicznej, jakie powstają w trakcie przepływu. Współczynniki te mają duże znaczenie w obliczeniach hydraulicznych wymiarowanej instalacji. Wpływają one na końcowy wynik w istotny sposób, dlatego nieprawidłowe ich przyjęcie może prowadzić do poważnych w skutkach błędów. Niestety wartości podawane przez producentów, normy czy też literaturę są inne w porównaniu z wartościami uzyskiwanymi metodą doświadczalnych badań. W artykule zaprezentowane zostały wyniki badań doświadczalnych, mających na celu wyznaczenie wartości współczynników oporów lokalnych na kolankach 90° trzech określonych średnic, pochodzących od czterech wybranych producentów systemów instalacyjnych. Otrzymane wartości współczynników oporów lokalnych porównano z wartościami, jakie podawane są przez producenta złączek, wyznaczonymi według normy PN-76/M-34034: 1976 oraz dostępnymi w literaturze przedmiotu.

Słowa kluczowe: opory przepływu, współczynniki oporów miejscowych, kolanka, systemy przewodów wielowarstwowych, tworzywa sztuczne

WSTĘP

Wraz z intensywnym rozwojem nauki w XIX w. zaczęto prowadzić badania nad związkami wielkocząsteczkowymi, przyczyniając się do odkrycia nowych materiałów, np. PVC – polichlorku winylu. Początkowo tworzywa sztuczne traktowane były jedynie jako substytut rzadkich, wartościowych materiałów tradycyjnych. Jednakże powoli

Adres do korespondencji – Corresponding author: mgr inż. Natalia Krystyna Gietka, Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska Katedra Hydrotechniki, ul. G. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk, e-mail: natalia.gietka@pg.gda.pl.

© Copyright by Wydawnictwo Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie, Kraków 2014

ze względu na swoje cechy (np. niewielką masę, trwałość, odporność na mechaniczne i chemiczne działanie wody, możliwość łączenia z innymi materiałami itd.) zaczęły one wypierać surowce tradycyjne. Sprawilo to, że obecnie tworzywa można spotkać zarówno w życiu codziennym, jak i w gospodarce czy technice. Jednym z obszarów ich zastosowań stała się technika instalacyjna, gdzie wykorzystuje się takie tworzywa sztuczne, jak polichlorek winylu (PVC), polietylen (PE), polibutylen (PB), polipropylen (PP) oraz rury wielowarstwowe powstałe z połączenia różnych materiałów. Wprowadzanie nowych budulców instalacji spowodowało, iż niezbędna stała się weryfikacja znanych dotychczas wartości współczynników oporów, potrzebnych do szacowania strat energii mechanicznej, powstałych w instalacji w trakcie przepływu. Współczynniki oporów mają bowiem zasadnicze znaczenie w czasie wymiarowania instalacji, wpływają w istotny sposób na końcowy wynik obliczeń, dlatego też ich nieprawidłowe dobranie prowadzi do poważnych w skutkach błędów. Niestety, zarówno wartości podawane przez producentów złączek, jak i normy oraz literaturę przedmiotu są inne w stosunku do wartości, jakie uzyskiwane są w wyniku badań doświadczalnych. Dlatego też konieczne staje się wykonywanie eksperymentów, pozwalających sprawdzić znane już wartości współczynników i dokonać ich ewentualnej weryfikacji.

Celem artykułu jest przedstawienie wyników badań współczynników oporów miejscowych dla kolanek o kącie załamania 90° w systemach przewodów wielowarstwowych i porównanie ich z wartościami otrzymanymi z obliczeń wykonanych według PN-76/M-34034: 1976 oraz podanymi przez producenta złączek. Artykuł obejmuje swoim zakresem badania dotyczące złączek wykonanych z PPSU (polisulfonu fenylu) oraz mosiądzu pochodzących od czterech wybranych producentów systemów wielowarstwowych o średnicach nominalnych DN16, DN20, DN25.

INFORMACJE ZAWARTE W LITERATURZE

Od 1 stycznia 2003 r. w Polsce, zgodnie z obowiązującymi przepisami, normy wydawane przez Polski Komitet Normalizacyjny nie tworzą już obowiązującego prawa, a są tylko dokumentami mającymi charakter zaleceń, które stanowią jedynie pomoc dla projektantów w procesie projektowania instalacji. Wynika z tego, że projektant wykonujący projekt instalacji ma poniekąd dowolność, co do tego, w jaki sposób wykonywać będzie obliczenia hydrauliczne projektowanej przez siebie instalacji. Wyjątkiem są jedynie projekty finansowane ze środków państwowych lub takie, dla których wydane zostało rozporządzenie odpowiedniego ministra, zobowiązujące do zastosowania podanej w tym rozporządzeniu normy do obliczeń hydraulicznych instalacji.

Pierwszą z norm, z której można korzystać podczas wykonywania obliczeń hydraulicznych, jest norma PN-76/M-34034. Rurociągi. Zasady obliczeń strat ciśnienia. Zawiera ona opis zasad przeprowadzania obliczeń strat ciśnienia podczas przepływu ustalonego w rurociągach o przekroju kołowym, całkowicie wypełnionych czynnikiem. Informacje na temat wartości współczynników oporów miejscowych podawane w niniejszej normie są, niestety, nieaktualne i odnoszą się głównie do materiałów tradycyjnych, nie uwzględniając złączek z tworzyw sztucznych, występujących zarówno w systemach jedno-, jak i wielowarstwowych.

Inną normą, w której można znaleźć informacje odnoszące się do oporów przepływu jest norma PN-EN 1267: 2002. Armatura przemysłowa. Badania oporów przepływu wodą. Opisuje ona metodykę wyznaczania strat ciśnienia i strumienia przepływu cieczy płynącej przez kształtki i armaturę znajdującą się na rurociągu. Norma ta pokazuje, w jakich warunkach należy prowadzić badania oraz ile wynoszą dopuszczalne wielkości niepewności pomiarowych. Podaje również definicje warunków ustalonych, które należy zachować podczas wykonywania pomiarów.

Ponadto, oprócz norm, informacje na temat wartości współczynników miejscowych można uzyskać z literatury przedmiotu oraz od producentów systemów dostępnych na rynku polskim i zagranicznym. W zależności od źródła, z jakiego pochodzą informacje, współczynnik oporów miejscowych może przyjmować wartości od 0,21 do 0,91 dla kolanek giętych gładkich oraz 0,18 do 0,51 dla kolanek giętych chropowatych lub też wartość 0,25 dla kolanek segmentowych albo 0,40 dla kolanek półfalistych [Weinerowska (red.) 2004]. Wartości ζ mogą być podane także w zależności od kształtu kolanka i wtedy ich wartość znajduje się w przedziale od 0,2 do 1,8 [Przepływ...]. Są także źródła, gdzie uwzględniany jest sposób łączenia: dla kolanek regularnych łączonych kołnierzowo $\zeta = 0,3$, a dla łączonych gwintowo 1,5 [Kudela b.d.]. W literaturze przedmiotu [Weinerowska (red.) 2004, Sawicki 2009] można znaleźć również tabelaryczne zestawienia wartości współczynników oporów określonych poprzez geometryczną charakterystykę oporu lokalnego, które wykonane są na podstawie studiów literaturowych. Jednak często w oparciu o takie właśnie zestawienia trudno jest określić miarodajną wartość współczynnika oporów miejscowych złązek z tworzywa sztucznych, np. dla kolanek problemem jest określenie potrzebnych parametrów geometrycznych kolanka, takich jak choćby promień gięcia. Można zauważyć, iż, niestety, żadne ze źródeł literaturowych nie zawiera informacji dotyczących współczynników oporów lokalnych dla kolanek w systemach przewodów wielowarstwowych. Informacje te można uzyskać tylko od producentów tych systemów. Podają oni wartości współczynnika oporów lokalnych jako pojedynczą wartość (np. – system KISAN kolanko z PPSU $\zeta = 2,0$ [Kisan]) lub też nie podają żadnej wartości (np. system USMetrix®PEX kolanka mosiężne [USMetrix], system Pexfit Pro kolanka z PPSU [Viega]). Jednak są także producenci uwzględniający zmienność współczynnika oporów miejscowych wraz ze średnicą, co jak powszechnie wiadomo i co potwierdzono także w niniejszych badaniach, jest poprawne. Dla analizowanych średnic DN16, DN20, DN25 podawane są wartości odpowiednio: system KAN-therm Press kolanka z PPSU: $\zeta = 3,5; 3,0; 2,0$ [KAN-therm]; system Tweetop kolanka mosiężne oraz system MLC kolanka z PPSU: $\zeta = 3,4; 3,6; 2,4$ [Tweetop, Uponor]. Jak widać, wartości te w przypadku analizowanych firm różnią się od siebie nieznacznie lub też przyjmują taką samą wartość, pomimo że materiał, z jakiego zbudowane jest kolanko, nie jest taki sam.

Widać zatem, że wartość współczynnika oporów miejscowych zależy nie tylko od średnicy, lecz także np. od kształtu złązki i parametrów związanych z tym kształtem, np. od promienia gięcia, od sposobu łączenia oraz od materiału, z jakiego zostało wykonane kolanko. Sprawia to, że trudne staje się wyznaczenie jednoznacznej wartości ζ dla danej złązki.

Analizując dostępną literaturę, można także odnaleźć badania doświadczalne dotyczące określania współczynników oporów miejscowych w instalacjach wodnych, prze-

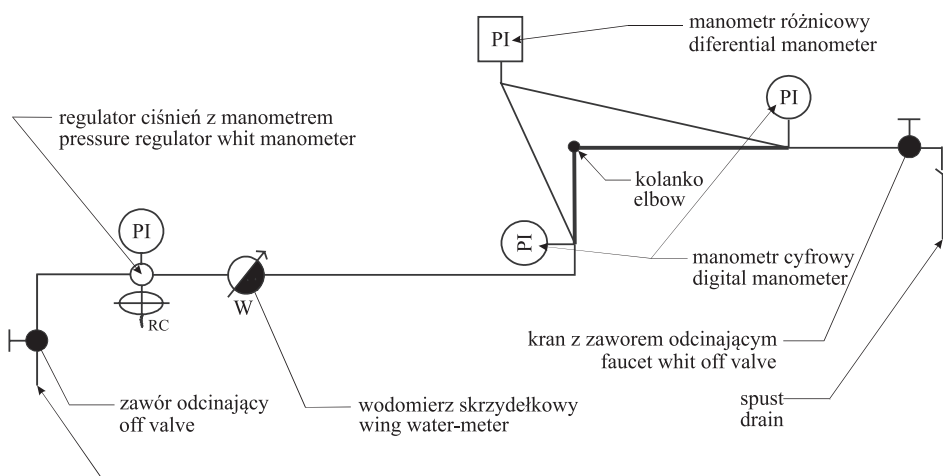


prowadzone na razie jedynie dla instalacji z tworzyw sztucznych jednowarstwowych, takich jak PP [Cisowska i Kotowski 2003a i 2003b] i PVC [Kalenik i Witowska 2007]. Dotychczas nie ukazały się jeszcze żadne publikacje, które zawierałyby wyniki badań dla instalacji z rur wielowarstwowych.

Podsumowując, można stwierdzić, iż, niestety, w literaturze nie ma ani wartości, ani wzorów, które pozwoliłyby określić współczynniki oporów lokalnych dla kolanek w systemach przewodów wielowarstwowych. Dodatkowo widoczne są duże różnice, jakie występują pomiędzy wartościami określonymi w literaturze oraz podanymi przez producentów. Dlatego coraz bardziej dostrzegalna staje się konieczność określenia sposobu wyznaczania jednoznacznej wartości współczynników oporów miejscowych dla systemów przewodów wielowarstwowych oraz weryfikacji dostępnych wartości w odniesieniu do rzeczywistych, odnotowanych podczas badań doświadczalnych oporów przepływu. Pozwoliłoby to na ujednoczenie dostępnej dotychczas wiedzy na temat oporów lokalnych, ułatwiając tym samym pracę inżynierów projektujących instalacje.

OPIS STANOWISKA POMIAROWEGO

Badania wykonane zostały na stanowisku pomiarowym w Laboratorium Hydraulicznym Wydziału Inżynierii Lądowej i Środowiska Politechniki Gdańskiej (ryc. 1).

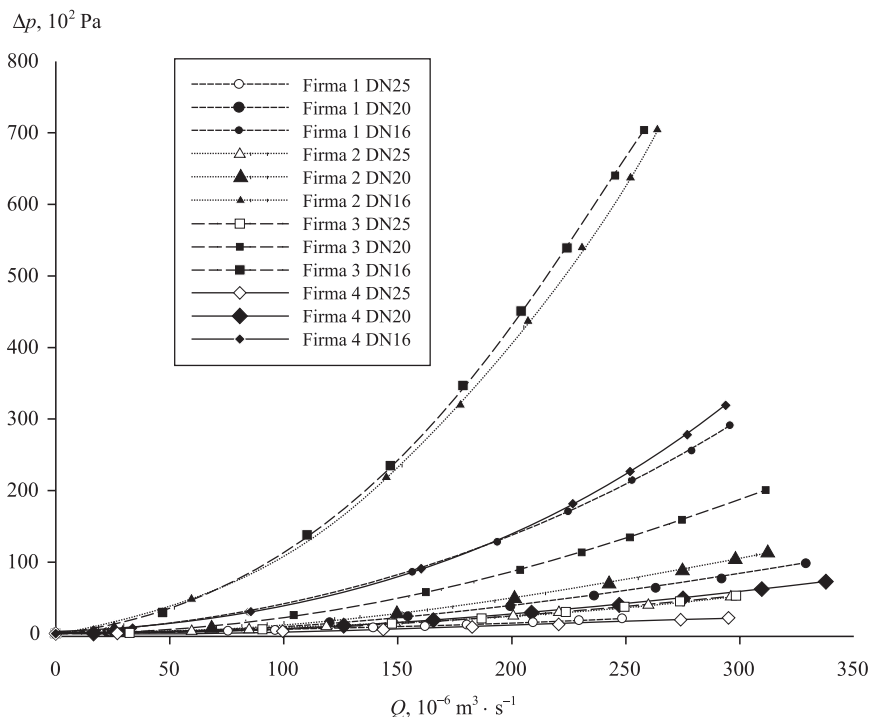


Ryc. 1. Schemat instalacji, na której zostały wykonane badania doświadczalne

Fig. 1. Schematic diagram of the facility where they were made experimental studies

Dokonano na nim pomiarów dla dwunastu kolanek 90°, a otrzymane wartości współczynników porównano z informacjami podawanymi przez producentów złączek oraz wartościami współczynników oporów miejscowych wyznaczonymi zgodnie z wytycznymi podawanymi w normie PN-76/M-34034: 1976 i dostępnymi danymi z literatury. Badania przeprowadzono zgodnie z wytycznymi z normy PN-EN 1267: 2002 dla czte-

rech wybranych producentów dla trzech średnic: DN16, DN20 i DN25. Instalacja pomiarowa znajdowała się na specjalnym stole o długości 7,0 m, do którego przymocowana była za pomocą odpowiednich uchwytów. Do instalacji wodę doprowadzano z istniejącej instalacji wodociągowej, a odprowadzano za pomocą metalowego zlewu do zbiornika na wodę położonego poniżej poziomu posadzki.



Ryc. 2. Zależność różnicy ciśnień Δp od natężenia przepływu Q dla wszystkich firm i średnic
Fig. 2. The dependence of the pressure difference Δp flow rate Q services to all companies and diameters

Tak zbudowane stanowisko pozwalało na wykonywanie pomiarów czterech potrzebnych do obliczeń parametrów, takich jak: ciśnienie (p), różnica ciśnień (Δp), natężenie przepływu (Q) oraz temperatura (t). W dwóch punktach pomiarowych, odpowiednio przed (1) i za (2) przeszkodą w postaci kolanka, wykonywano pomiar ciśnienia za pomocą manometrów cyfrowych. Pozwalało to na określenie w sposób pośredni różnicy ciśnień. W sposób bezpośredni była ona mierzona z użyciem cyfrowego manometru różnicowego. Za pomocą manometrów wykonywany był równocześnie pomiar ciśnienia i temperatury, której wartość niezbędna była do obliczeń. Wszystkie pomiary manometrami zapisywane były automatycznie dzięki możliwości podłączenia do sprzętu komputerowego ze specjalnym oprogramowaniem [Keller]. Wydatek mierzony był tylko za pomocą wodomierza skrzydełkowego (DN15 oraz DN20, $Q_3 = 1,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) i stopera. W ten sposób, dla każdego z analizowanych wariantów (kolanko danego producenta

o określonej średnicy) wykonane zostały trzykrotne pomiary natężenia przepływu dla każdej ze zmienianych kolejno wartości Q , co pozwalało na wykrycie ewentualnych błędów i przyjęcie do obliczeń wartości średniej. Wszystkie te pomiary ostatecznie umożliwiły określenie zależności pomiędzy $\Delta p(Q)$ (ryc. 2). Z tego powodu, że nie wszyscy producenci wyrazili zgodę na publikowanie nazwy swojej firmy, zostali oni ponumerowani odpowiednio od 1 do 4.

WYNIKI

Do określenia współczynnika oporów miejscowych dla każdego z badanych kolanek, wykorzystane zostało równanie Bernoulliego:

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho \cdot g} + \frac{\alpha_1 u_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho \cdot g} + \frac{\alpha_2 u_2^2}{2g} + \Delta h_{strat.1-2} \quad (1)$$

gdzie:

$$\Delta h_{strat.1-2} = \lambda \frac{L_1}{d} \frac{u_1^2}{2g} + \zeta \frac{u_1^2}{2g} + \lambda \frac{L_2}{d} \frac{u_2^2}{2g} \quad (2)$$

Założone zostało, że:

- poziom porównawczy znajduje się w osi przewodu, czyli $z_1 = z_2 = 0$ m, współczynniki de Saint Venanta wynoszą $\alpha_1 = \alpha_2 = 1$, tak jak dla ruchu burzliwego;
- przyspieszenie ziemskie przyjmuje wartość $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$;
- gęstość ρ , $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ (dla temperatury średniej t , °C, wyznaczonej na podstawie średnich wartości z pomiarów) wyliczona jest w każdym z wariantów ze wzoru*:

$$\rho = 1000 - \frac{(t - 4)^2 (t + 283)}{503,57 (t + 67,2)} \quad (3)$$

- prędkość średnia u , $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ wyznaczona jest z formuły:

$$u = \frac{Q}{0,785 \cdot d^2} \quad (4)$$

gdzie:

d – średnica wewnętrzna przewodu, mm;

- dynamiczny współczynnik lepkości μ , $\text{N} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-2}$ określony jest ze wzoru:

$$\mu = \frac{\mu_0}{1 + 0,0337 t + 0,000221 t^2} \quad (5)$$

* Wszystkie wzory zawarte w założeniach zaczerpnięte zostały z pracy Weinerowska (red.) 2004.



gdzie:

μ_0 – dynamiczny współczynnik lepkości dla temperatury $t = 0^\circ\text{C}$,
 $\mu_0 = 0,00179 \text{ N s} \cdot \text{m}^{-2}$,

- liczba Reynoldsa Re obliczona jest na podstawie wzoru:

$$Re = \frac{\rho u d}{\mu} \quad (6)$$

- współczynnik oporów na długości λ wyliczony jest jak dla przewodów hydraulicznie gładkich z wzoru Blasiusa, który został zastosowany, ponieważ wcześniejsze badania wykazały, że uzyskane na jego podstawie wartości λ są zgodne z wartościami uzyskanymi z badań doświadczalnych:

$$\lambda = \frac{0.3164}{Re^{0.25}} \quad \text{dla} \quad 2300 < Re < 100\,000 \quad (7)$$

Zatem:

$$\frac{p_1 - p_2}{\rho \cdot g} = \frac{u_2^2 - u_1^2}{2g} + \Delta h_{strat.1-2} \quad (8)$$

W analizowanych wariantach obliczeniowych średnia prędkość w obu odcinkach przewodu była stała $u_1 = u_2 = u$, ponieważ oba manometry zawsze znajdowały się na przewodzie o tej samej średnicy DN16, DN20 lub DN25 w zależności od wariantu. Uwzględniając ten fakt w równaniu 8 oraz zapisując, że różnica ciśnień to Δp , Pa, można na podstawie pomierzonej różnicy ciśnień określić wysokość strat energii mechanicznej $\Delta h_{strat.1-2}$, m:

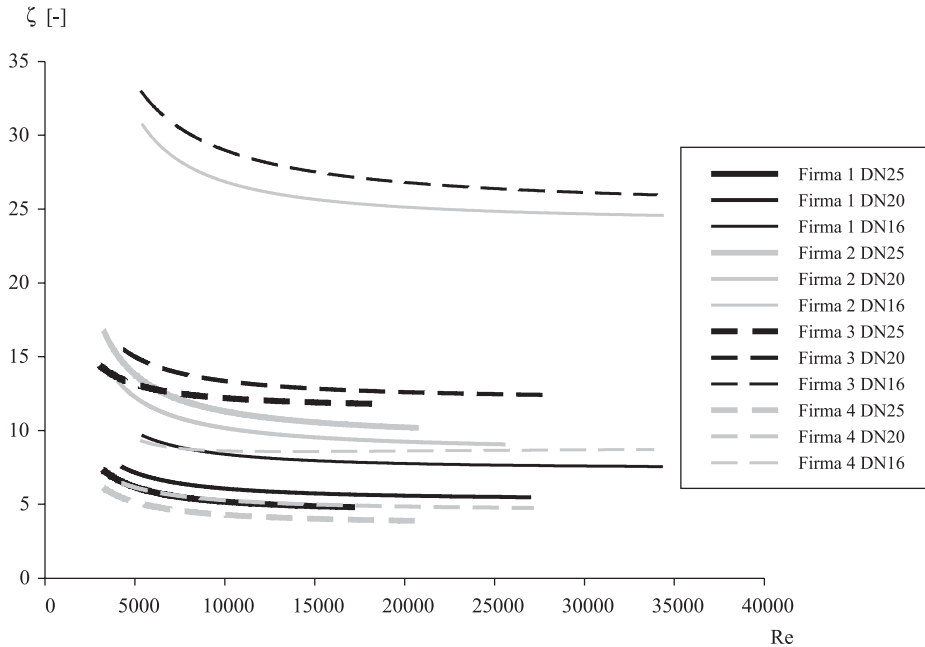
$$\Delta h_{strat.1-2} = \frac{\Delta p}{\rho \cdot g} \quad (9)$$

Po uwzględnieniu wszystkich znanych wartości w równaniu Bernoulliego oraz odpowiednim jego przekształceniu, otrzymano ostatecznie wzór pozwalający wyliczyć wartości współczynnika oporów lokalnych dla każdego z wariantów:

$$\zeta = \left(\frac{2g \cdot \Delta h_{strat.1-2}}{u^2} \right) - \left(\lambda \cdot \frac{L_1 + L_2}{d} \right) \quad [-] \quad (10)$$

gdzie: L_1 i L_2 są odpowiednio długością przewodu przed i za kolankiem. Końcowy efekt obliczeń stanowi zależność ζ (Re) (ryc. 3).





Ryc. 3. Zależność współczynnika ζ od liczby Reynoldsa Re dla kolanek analizowanych firm i średnic

Fig. 3. The dependence coefficient ζ of the Reynolds number Re for analyzed companies and diameters

WNIOSKI

Wyniki wykonanych badań doświadczalnych pokazują jednoznacznie, że wartości współczynnika oporów miejscowych są diametralnie różne od wartości podawanych przez producentów czy też normę, co przedstawiono w tab. 1. Największe oraz najmniejsze różnice pomiędzy wartościami współczynników z obliczeń a podanymi przez producenta bądź określonymi na podstawie normy zostały pogrubione. Widać zatem dobrze, że różnice pomiędzy wartościami podanymi przez producentów, uzyskanymi z normy oraz tymi wyznaczonymi doświadczalnie są olbrzymie, co potwierdzają także badania dla systemów jednowarstwowych [Kalenik i Witowska 2007]. Takie różnice sprawiają, że w przełożeniu na wartości wysokości strat ciśnienia, różnica w wynikach obliczeń hydraulicznych instalacji jest znacząca. Dlatego też, konieczne staje się dalsze wykonywanie badań doświadczalnych, mających na celu określenie wartości współczynników oporów miejscowych dla złączy w systemach zarówno jedno-, jak i wielowarstwowych. Mogłoby to doprowadzić do uściślenia dotychczasowej metodyki obliczeń oporów lokalnych oraz wymusić na producentach, podawanie poprawnych wartości współczynników oporów miejscowych dla swoich produktów. Widać bowiem także, że różnice pomiędzy wartościami współczynników ζ dla produktów poszczególnych firm są spore, co nie ma potwierdzenia w podawanych przez nich informacjach.



Tabela 1. Zestawienie średniej wartości ζ wyznaczonej z obliczeń, na podstawie normy oraz podanej przez producenta, a także różnic pomiędzy tymi wartościamiTable 1. Summary of the average value of ζ determined from calculations based on standards and specified by the manufacturer, as well as the differences between these values

Firma Firm	$\zeta_{\text{prod.}}$	ζ_{norma}	$\zeta_{\text{śr. z obl.}}$	$\Delta\zeta_1 = \zeta_{\text{śr. z obl.}} - \zeta_{\text{prod.}}$		$\Delta\zeta_2 = \zeta_{\text{śr. z obl.}} - \zeta_{\text{norma}}$	
				–	%	–	%
DN16							
1	–	0,153	7,98	–	–	7,82	5116
2	3,50	0,153	25,73	22,23	635,00	25,57	16722
3	3,40	0,153	27,50	24,10	708,81	27,35	17882
4	3,40	0,153	8,68	5,28	155,23	8,52	5574
DN20							
1	–	0,166	5,92	–	–	5,75	3454
2	3,00	0,166	9,97	6,97	232,19	9,80	5886
3	3,60	0,166	13,07	9,47	263,14	12,91	7752
4	3,60	0,166	5,13	1,53	42,54	4,96	2982
DN25							
1	–	0,172	5,41	–	–	5,24	3038
2	2,00	0,172	11,55	9,55	477,39	11,38	6601
3	2,40	0,172	12,35	9,95	414,56	12,18	7066
4	2,40	0,172	4,37	1,97	82,21	4,20	2438

PIŚMIENNICTWO

- Cisowska, I., Kotowski, A. (2003a). Straty ciśnienia w układach kształtek z polipropylen. *Gaz Woda Techn. Sanit.*, 10, 340–345.
- Cisowska, I., Kotowski, A. (2003b). Wstępne wyniki badań oporów przepływu cieczy w rurociągach i kształtkach z polipropylenu. *Gaz Woda Techn. Sanit.*, 11, 368–393.
- Kalenik, M., Witowska, B. (2007). Badania miejscowych oporów hydraulicznych w kształtkach z PVC. *Acta Sci. Pol., Architektura*, 6(3).
- Kan-therm, www.kan.com.pl (6.10.2012).
- Keller, www.keller-druck.com (6.10.2012).
- Kisan, www.kisan.pl (6.10.2012).
- Kudela, H., b.d. Hydraulic losses in pipes, <http://fluid.itcmp.pwr.wroc.pl/~znmp> (6.10.2012).
- PN-EN 1267:2002. Armatura przemysłowa. Badania oporów przepływu wodą. Wydawnictwo Normalizacyjne Alfa.
- PN-76/M-34034:1967. Rurociągi. Zasady obliczeń strat ciśnienia. Wydawnictwo Normalizacyjne Alfa.
- Przepływ przez układ hydrauliczny, www.pomocdydaktyczna.tce.put.poznan.pl (6.10.2012).
- Sawicki, J.M. (2009). *Mechanika przepływów*. Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk.
- Tweetop, www.tweetop.com (6.10.2012).
- Uponor, www.uponor.pl (6.10.2012).
- USMetrix, www.usmetrix.pl (6.10.2012).



Viega, www.viega.pl (6.10.2012).

Weinerowska, K. (red) (2004). Laboratorium z mechaniki płynów i hydrauliki. Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk.

EXPERIMENTAL ANALYSIS OF COEFFICIENTS OF LOCAL RESISTANCE ON ELBOWS IN MULTILAYER PIPE SYSTEMS

Abstract. The use of Plastics as a material for the construction of a plant has forced the need to verify currently available information regarding the value of the resistance coefficients. They are the necessary knowledge needed for calculating the mechanical energy losses that arise in the flow. These coefficients are important in the calculation of hydraulic dimensioned of installation. They affect the final result in a significant manner, because their incorrect chosen can lead to serious consequences of errors. Unfortunately, the values supplied by the manufacturers, standards or other literature are compared with the values obtained by experimental tests. The article presents the results of experimental studies designed to determine the values of coefficients these in elbows 90° in three specific diameters derived from the four selected systems manufacturers. The resulting was compared with the values that are given by the manufacturer, designated according to PN-76-M-34034 norm and available in the literature.

Keywords: flow resistance, coefficients of local resistance, elbows, multilayer pipe systems, plastics

XXXIII OGÓLNOPOLSKA SZKOŁA HYDRAULIKI – Zakopane 2014

Zorganizowana pod patronatem

Komitetu Gospodarki Wodnej Polskiej Akademii Nauk

przez

Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

Dofinansowanie:

Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej w Krakowie

Wydanie publikacji zostało dofinansowane przez MGGP S.A.



Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 4.02.2015

Do cytowań – For citation: Gietka, N.K., (2015). Doświadczalna Analiza współczynników oporów lokalnych na kolankach w systemach przewodów wielowarstwowych. Acta Sci. Pol., Formatio Circumietus, 14(1), 47–56.

