

HENRYK FIDOS
JAROSŁAW SOWIŃSKI
RAFAŁ KROKOS
MAREK DZIUBIŃSKI

Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska, Politechnika Łódzka, Łódź

Badanie wypływów z otworów o złożonych kształtach usytuowanych na ściankach rurociągu ciśnieniowego

Wstęp

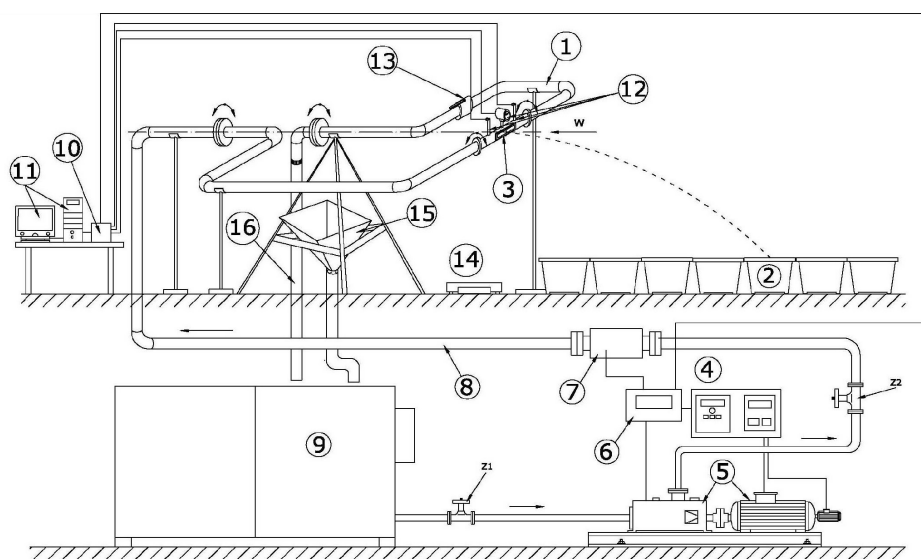
Znajomość parametrów wypływu może być bardzo przydatna do oceny ryzyka związanego z działaniem określonej instalacji przepływowej.

Prezentowana praca dotyczy badań wypływów cieczy z otworów usytuowanych na ściankach rurociągu ciśnieniowego. Badania przeprowadzono stosując różne kształty otworów wypływowych, które miały symulować uszkodzenia usytuowanych pod różnymi kątami odcinków rurociągu. Testowane otwory wypływowe miały postać szczelin liniowych i załamanych o kierunku zgodnym z osią symetrii przewodu. Zaprojektowana instalacja badawcza umożliwiała skierowanie wypływającego strumienia poziomo, jak też pod pewnymi kątami w stosunku do płaszczyzny poziomej. Badania, jakie przeprowadzono, miały przede wszystkim na celu określenie wartości współczynników wypływu.

Instalacja doświadczalna

Instalacja do badań wypływów cieczy z otworów usytuowanych na ściankach rurociągu ciśnieniowego przedstawiona jest na schemacie (Rys. 1). Zasadniczym elementem instalacji był rurociąg ciśnieniowy – 1 zbudowany z rur stalowych o średnicy nominalnej 3". Obrotowy segment pomiarowy rurociągu usytuowany był na specjalnych wspornikach i mógł być ustawiany pod wybranym kątem – co powodowało, że można było realizować wypływy z otworów w kształcie szczelin – ustawianych pod różnymi kątami w stosunku do osi pionowej. W środkowej części obrotowego segmentu rurociągu znajdował się kołnierz, służący do mocowania wymiennych wkładek wypływowych – 3, z otworami o różnych kształtach i przekrojach. Elementy te usytuowane były na krótkim wymiennym odcinku rurociągu, mocowanym kołnierzowo. Połączenie to umożliwiała badanie wypływów ukośnych – skierowanych pod pewnym kątem w stosunku do płaszczyzny poziomej.

Zasilanie rurociągu cieczą zapewniała pompa śrubowa – 5, napędzana silnikiem elektrycznym o regulowanych obrotach.



Rys. 1. Schemat instalacji do badań wypływu cieczy z rurociągu. 1 – rurociąg ciśnieniowy, 2 – pojemniki pomiarowe, 3 – wkładka z badanym otworem wypływowym, 4 – tablica kontrolna, 5 – pompa cyrkulacyjna z silnikiem elektrycznym, 6 – przepływomierz, 7 – czujnik przepływomierza, 8 – rurociąg transportujący badaną ciecz, 9 – zbiornik magazynujący badaną ciecz, 10 – system akwizycji danych, 11 – komputer, 12 – manometry elektroniczne, 13 – zawór regulacyjny, 14 – waga pomiarowa, 15 – lej spustowy, 16 – rurociąg odpływowy, Z – zawory

Zbiornik magazynowy miał pojemność ok. 1 m³ i wyposażony był w mieszadło łopowe z dwoma rzędami łopat, napędzane za pomocą silnika o zmiennych obrotach. Strumień objętości przepływającej cieczy mierzono za pomocą przepływomierza elektromagnetycznego – 7, a do pomiaru ciśnienia panującego w przekroju otworu wypływowego wykorzystywano manometr z przetwornikiem elektronicznym (12).

Budowę i sposób mocowania wkładki wypływowej przedstawiono na (Rys. 2). W tablicy 1 zestawiono wymiary wkładek wypływowych stosowanych podczas badań.

Jako ciecz badawczą stosowano wodę wodociągową. Masę wypływającej cieczy określano metodą wagową.

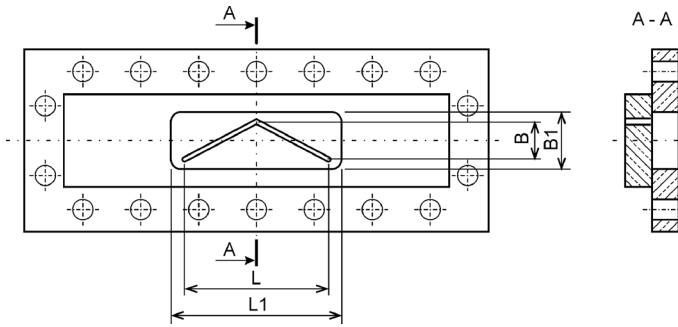
Opracowanie wyników

Współczynnik wypływu ϕ pozwala oszacować rzeczywistą wartość strumienia objętości Q_{vr} cieczy wypływającej z otworu w dnie, bądź w ścianie zbiornika [1, 2]

$$Q_{vr} = v_r S_r = \alpha \beta S_0 \sqrt{2gH} = \phi S_0 \sqrt{2gH} \quad (1)$$

gdzie:

v_r – rzeczywista prędkość wypływu,



Rys. 2. Sposób budowy i wymiarowanie stosowanych wkładek wypływowych

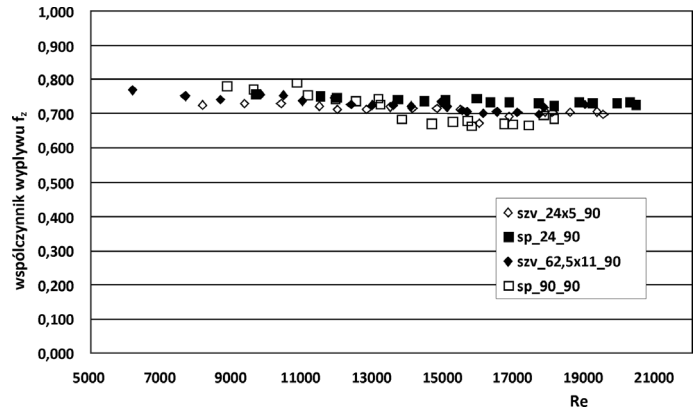
Tablica 1
Podstawowe wymiary wkładek wypływowych stosowanych podczas badań wypływów cieczy z otworów usytuowanych na ściankach rurociągu

Nr	Rodzaj wkładki wypływowej	Wymiar L [mm]	Wymiar B [mm]	Wymiar L1 [mm]	Wymiar B1 [mm]
1	Szczelina załamana pod kątem 145°, typu V (szv_24x5_90)	24	5	38	15
2	Szczelina załamana pod kątem 145°, typu V (szv_62,5x11_90)	62,5	11	76	21
3	Szczelina prosta (sp_24_90)	24	1	36	11
4	Szczelina prosta (sp_90_90)	90	1	101	11

- S_0 – przekrój otworu wypływowego,
- S_r – rzeczywisty przekrój poprzeczny strumienia cieczy,
- α – współczynnik wypływu,
- β – współczynnik kontrakcji strumienia,
- g – przyspieszenie ziemskie,
- H – wysokość zwierciadła cieczy nad poziomem otworu (napór hydrauliczny).

W celu scharakteryzowania wypływów z otworów usytuowanych na ściankach rurociągu ciśnieniowego stosowano współczynnik wypływu φ_r , który był obliczany w oparciu o następującą zależność:

$$\varphi_r = v_r \sqrt{\frac{\rho}{2p_z}} \quad (2)$$



Rys. 3. Zależność współczynnika wypływu od liczby *Reynoldsa* Re określonej dla wypływu wody z otworów usytuowanych na ściance rurociągu

gdzie:

- ρ – gęstość cieczy,
- v_r – prędkość wypływu cieczy w otworze wypływowym,
- p_z – nadciśnienie w rurociągu w przekroju otworu wypływowego.

Wartości współczynników wypływu obliczonych na podstawie danych eksperymentalnych uzyskanych podczas badań z zastosowaniem wszystkich testowanych wkładek pomiarowych przedstawiono na wykresie (Rys. 1), w funkcji liczby *Reynoldsa* Re określonej dla przekroju otworu wypływowego.

Wnioski

Jak widać na rys. 3, wartości obliczonych współczynników wypływu mieszczą się w zakresie od 0,65 do około 0,79 (dla szczeliny prostej usytuowanej pionowo). Obserwując wykres można odnieść wrażenie, że średnia wartość współczynników wypływu z większości badanych otworów o kształcie szczelin usytuowanych na ściance rurociągu, wynosi nieco ponad 0,7 – przy czym zależność współczynnika wypływu φ_r od liczby *Reynoldsa* dla wypływu z konkretnej szczeliny, cechuje stosunkowo mała zmienność w funkcji zmian liczby *Reynoldsa*.

LITERATURA

1. T.K. Fannelöp: Fluid Mechanics for Industrial Safety and Environmental Protection, Amsterdam, ELSEVIER (1994).
2. M. Mitosek: Mechanika płynów w inżynierii i ochronie środowiska, Warszawa, PWN (2001).