

Andrzej Wartalski

POMIAR NATĘŻENIA PRZEPŁYWU ŚCIEKÓW W KANALIZACJI BYTOWO-GOSPODARCZEJ

Do podstawowych zagadnień w kanalizacji należy określenie tzw. miarodajnego natężenia odpływu ścieków, stanowiącego podstawę do wymiarowania sieci oraz innych elementów systemu. Miarodajne natężenie odpływu ścieków w odniesieniu do sieci kanalizacyjnych, przyjmowane jest jako odpowiadające natężeniu maksymalnemu. Aby zatem określić rzeczywiście, miarodajne natężenie odpływu ścieków, należy prowadzić odpowiednie badania na czynnej sieci kanalizacyjnej za pomocą odpowiednich metod i urządzeń.

Metody pomiaru natężenia przepływu ścieków

Pomiary natężenia przepływu cieczy mogą być wykonywane metodami bezpośrednimi lub pośrednimi. Pomiar bezpośredni polega na wyznaczaniu wartości liczbowej wielkości fizycznej, która podlega mierzeniu (w tym przypadku natężeniu przepływu). Pomiar pośredni natomiast polega na określeniu wartości wielkości mierzonej, a następnie wprowadzenie do wzoru, określającego zależności między wielkością szukaną a wielkością bezpośrednio mierzoną.

W przypadku pomiaru grawitacyjnego natężenia przepływu ścieków, mamy najczęściej do czynienia z pomiarem pośrednim, ze względu na trudności w bezpośrednim określeniu tego natężenia. Stąd też na czynnej grawitacyjnej sieci kanalizacyjnej najczęściej stosuje się metody pośredniego pomiaru natężenia przepływu ścieków bytowo-gospodarczych.

Metody spiętrzeniowe

Metody te polegają na pomiarze powierzchni (F) swobodnego przekroju przepływu cieczy i wysokości jej spiętrzenia (h), wywołanego wstawieniem w przewód elementu piętrzącego (przegrody przelewowej, itp.) [1, 3—5]. Natężenie przepływu, przy ustalonym spadku dna kanału, jest funkcją dwu zmiennych: swobodnego przekroju przepływu ścieków (F) i wysokości spiętrzenia (h). Ponieważ przekrój przepływowy zależy od wysokości spiętrzenia, przeto natężenie przepływu wyraża się następującą funkcją:

$$Q = f(h) \quad (1)$$

gdzie: h — wysokość spiętrzenia

Metody zwężkowe

Metody te polegają na wstawieniu w przewód zwężki mierniczej i pomiarze za pomocą manometru różnicowego spadku ciśnienia powstającego przy przepływie cieczy [2, 5]. Natężenie przepływu przez zwężkę określa funkcja:

$$Q = f(F, \Delta h) \quad (2)$$

gdzie:

F — przekrój przewężenia

Δh — różnica ciśnień

Metoda pomiaru spadku niwelacyjnego powierzchni swobodnej zwierciadła ścieków

Metoda ta polega na pomiarze powierzchni (F) swobodnego przekroju przepływu ścieków i spadku niwelacyjnego w prostoosiowym kanale o niezmiennym przekroju poprzecznym [5]. Natężenie przepływu określa wówczas funkcja:

$$Q = f(F, R_h, i, k) \quad (3)$$

gdzie:

F — przekrój przepływu ścieków

R_h — promień hydrauliczny

i — spadek hydrauliczny

k — współczynnik oporu.

Metoda pływakowa

Metoda ta opiera się na stwierdzonym doświadczalnie fakcie, iż stosunek prędkości średniej w całym przekroju przepływowym ($v_{\text{śr}}$) do prędkości maksymalnej (v_{max}) z jaką porusza się pławak powierzchniowy unoszony przez nurt cieczy, jest w przybliżeniu stały i wynosi: $v_{\text{śr}}/v_{\text{max}} \approx 0,84$ [5]. Stąd natężenie przepływu określa wzór:

$$Q = 0,84 \cdot F \cdot v_{\text{max}} \quad (4)$$

gdzie:

F — przekrój przepływu ścieków

v_{max} — max. prędkość pływaka powierzchniowego.

Urządzenia do pomiaru natężenia przepływu ścieków

Można wyróżnić następujące, najczęściej stosowane w praktyce, urządzenia do pomiaru natężenia grawitacyjnego przepływu ścieków [2, 4, 5, 7]:

- przelewy miernicze
- palisady miernicze
- zwężkowe kanały miernicze
- wstawki pomiarowe
- przepływomierze elektroniczne

Nie wszystkie wyżej wymienione urządzenia do pomiaru natężenia przepływu ścieków mogą znaleźć zastosowanie w czynnej sieci kanalizacyjnej. Niektóre z tych urządzeń należy odrzucić, ze względu na małą ich przydatność do pomiaru natężenia przepływu ścieków zanieczyszczonych częściami stałymi. Urządzenie do pomiaru natężenia grawitacyjnego przepływu ścieków powinno spełniać następujące warunki:

- musi być proste w konstrukcji,
- powinno dawać się zamontować w istniejącej sieci kanalizacyjnej,
- musi być praktyczne, niezawodne oraz nie wymagać stałego nadzoru,
- powinno zachowywać dokładność wskazań w krańcowo różnych warunkach.

W celu określenia najodpowiedniejszej metody i właściwego urządzenia pomiarowego, omówione uprzednio metody i urządzenia poddano analizie, pod względem ich przydatności do pomiaru natężenia odpływu ścieków z budynków mieszkalnych na istniejącej grawitacyjnej sieci kanalizacyjnej. Z metod hydraulicznych, stosowanych do pomiaru natężenia grawitacyjnie przepływających ścieków, szerokie zastosowanie znalazły urządzenia typu zwężkowego. Do ich zalet należy zaliczyć:

- prostotę konstrukcji elementu deprymogenicznego pozbawionego jakichkolwiek elementów ruchomych w obszarze płynącej cieczy,
- znaczną dokładność wskazań $\pm 0,5 \div 2,0\%$,
- możliwość ciągłego rejestru zmian natężenia przepływu.

Do pomiaru natężenia przepływu ścieków stosowane są różne urządzenia zwężkowe.

Zwężki pomiarowe w kształcie litery U nadają się do pomiaru w kanałach niedociążonych (wypełnienie kanału cieczą nie powinno przekraczać 0,6 d), gdyż inaczej występuje konieczność montowania odcinków przejściowych. Wadą zwężki jest wysoki koszt urządzenia oraz stosunkowo duże błędy pomiaru, przy występowaniu znacznych wahań przepływu i dużych napełnień kanałów [5].

Koryta miernicze mogą służyć do pomiaru natężenia przepływu zanieczyszczonych ścieków, ze względu na zachowanie swobodnego przekroju przepływowego. Spiętrzenie ścieków wywołane wybudowaniem kanału mierniczego jest nieznaczne. Nie ma niebezpieczeństwa osadzenia się zanieczyszczeń. Wadą urządzenia jest konieczność przejścia z kanału o przekroju kołowym w koryto o przekroju prostokątnym, co wymaga długich odcinków przejściowych i uniemożliwia zamontowanie urządzenia w istniejącej sieci kanalizacyjnej [2, 5].

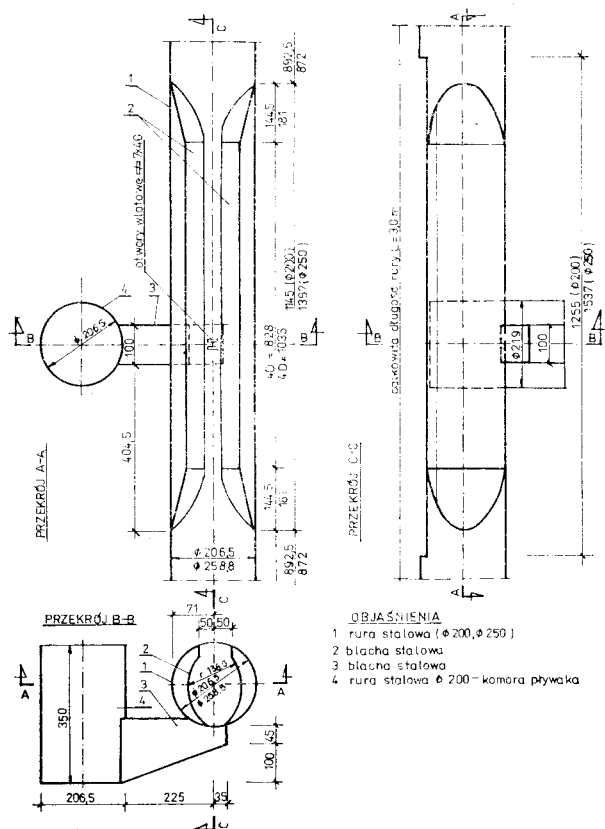
Wstawka pomiarowa charakteryzuje się prostą konstrukcją, małymi stratami hydraulicznymi i stosownością w całym zakresie napełnień kanału. Wadą jej jest natomiast możliwość zanieczyszczenia urządzenia przez osadzające się ciała stałe (sznurki, szmaty itp), co może prowadzić do błędów pomiaru. Zatem wstawki pomiarowe nie nadają się zbyt do pomiaru natężenia przepływu ścieków bytowo-gospodarczych [5].

Urządzenia przelewowe (szczególnie przelewy prostokątne i trójkątne) oparte na metodzie spiętrzeniowej. Zaletą stosowania tych urządzeń jest możliwość ciągłego zapisu zmian natężenia przepływu w czasie i dokładność pomiaru w szerokim zakresie wahań natężenia przepływu. Wadą ich jest natomiast konieczność wstawiania w przewód przegrody piętrzącej, zmieniającej przekrój przepływowy i powodującej straty energetyczne, co wymaga dużego spadku niwelacyjnego zwierciadła ścieków [1, 3—5].

W rezultacie przeprowadzonej analizy za najodpowiedniejsze urządzenie pomiarowe uznano urządzenie typu zwężkowego, z bocznym zwężeniem strugi ścieków płynących przewodem o przekroju kołowym. Podobne urządzenia stosowane były w USA [7] do pomiaru natężenia przepływu różnych cieczy.

Pomiar przepływu ścieków w kanałach o małych średnicach

Podstawowym urządzeniem pomiarowym, najodpowiedniejszym dla kanałów o małych średnicach (do $\Phi 300$ mm) jest zwężka dwustronnie symetryczna [6, 7], której konstrukcję przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1 Konstrukcja urządzenia do pomiaru natężenia przepływu ścieków

Urządzenie pomiarowe składa się z następujących elementów:

- rury stalowej o przekroju kołowym i średnicy wewnętrznej równej średnicy wewnętrznej przewodu kanalizacyjnego (d),

— dwóch naprzeciwległych odpowiednio wyprofilowanych przegród z blachy stalowej, zwężających przekrój poprzeczny rury na długości $4d$, umocowanych wewnątrz rury,

— komory pływakowej przymocowanej na zewnątrz rury i połączonej z jej wnętrzem poprzez szczeliny wykonane w dnie rury,

— limnigrafu zamontowanego nad komorą pływakową, rejestrującego zmiany poziomu ścieków w tej komorze.

Aparaturę pomiarową dobrano i wykonano w ten sposób, by zapewnić ciągły pomiar natężenia przepływu ścieków w zakresie od przepływów minimalnych do maksymalnych. Stanowiska pomiarowe zaprojektowano i wykonano z myślą o zapewnieniu jak najdokładniejszego pomiaru natężenia przepływu ścieków. Urządzenie pomiarowe charakteryzuje się następującymi zaletami:

- prostotą konstrukcji i małymi wymiarami (długość około 3,0 m),
- niewielkim piętrzeniem ścieków,
- ułatwionym przepływem części stałych spławianych przy pomocy ścieków,
- ciągłą rejestracją wyników pomiarów,
- wystarczającą dokładnością wyników pomiarów,
- możliwością nadania mu określonego spadku podłużnego,
- łatwą obsługą.

Kanały, na których zainstalowano urządzenia pomiarowe, wykonane były z rur kamionkowych o średnicy wewn. $\Phi 200$ mm i $\Phi 250$ mm. Z tego względu wykonano dwa typy urządzeń zwężkowych. Obydwa typy są geometrycznie podobne, gdyż wszystkie wymiary odniesione są do wewnętrznej średnicy rury. Dla ułatwienia montażu, konserwacji i eksploatacji urządzeń, w górnej części rury wykonano szczeli-

ny szerokości 100 mm i długości 1600 mm. Dla określania charakterystyk hydraulicznych (krzywych sprawności) urządzeń zwężkowych przeprowadzono ich wzorcowanie. W tym celu wykonano specjalne stanowisko badawcze przedstawione na rys. 2.

Wzorcowanie wykonano przy spadkach dna urządzenia zwężkowego, odpowiadających spadkom dna kanałów, na których miały być zbudowane zwężki, a mianowicie: 2,5; 5,6; 8; 24 i 27‰. Z uzyskanych wyników wzorcowania skonstruowano krzywe zależności $Q=f(h)$, stanowiące charakterystyki hydrauliczne (przepływu) urządzeń zwężkowych [6].

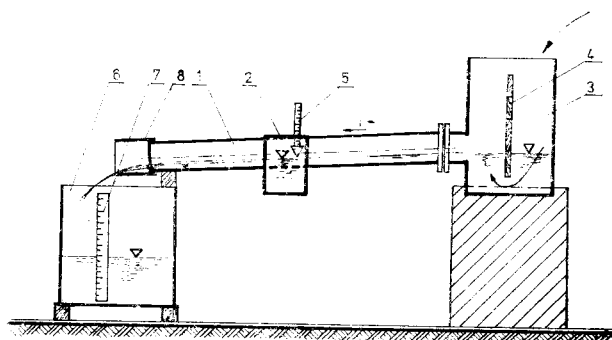
Wnioski

Na podstawie danych literaturowych oraz bezpośrednich doświadczeń, związanych 3-letnim okresem badań natężenia przepływu ścieków na czynnej grawitacyjnej sieci kanalizacyjnej (sanitarnej) osiedla Nowy Dwór we Wrocławiu, wyciągnięto następujące wnioski:

1. Do pomiaru natężenia przepływu ścieków najlepiej nadaje się metoda pośrednia, przy użyciu urządzeń zwężkowych.
2. Najodpowiedniejszym urządzeniem zwężkowym do prowadzenia ciągłych badań natężenia przepływu ścieków bytowo-gospodarczych, na czynnej sieci kanalizacyjnej o przekrojach kołowych (do średnicy $\Phi 300$ mm), jest zwężka dwustronnie symetryczna.
3. Urządzenie to jest proste w konstrukcji i montażu na czynnej sieci kanalizacyjnej oraz łatwe w obsłudze. Występujące bardzo nieznaczne piętrzenie ścieków przed tym urządzeniem nie zniekształcało w istotny sposób wyników pomiarów.
4. Uzyskano ciągłą rejestrację wyników pomiarów w ciągu całej doby (od przepływów minimalnych do maksymalnych), a wyniki pomiarów charakteryzowały się dostateczną dokładnością.

LITERATURA

1. L. GASTEX: Hydraulique. Toulouse 1969.
2. Katalog projektów typowych: Koryta pomiarowe ze zwężką typu Venturiego. Centrum Techniki Komunalnej, Warszawa 1977.
3. C. E. KINDSVATER, R. W. CARTER: Discharge Characteristics of Rectangular Thin-Plate Weirs. Proc. ASCE, Journal of Hydr. Div., Vol. 83, NO HY 6, 1957, Part I, Paper 1453.
4. Prace Naukowe Inst. Inż. Sanit. i Wodnej nr 5: Pomiary Wodne Wrocław 1970.
5. A. T. TROSKOŁAŃSKI: Hydromechanika techniczna, tom 2, PWT, Warszawa 1973.
6. A. WARTALSKI: Probabilistyczny model maksymalnego w dobie natężenia odpływu ścieków z budynków wielorodzinnych i osiedla mieszkaniowego. Rozprawa doktorska, Wrocław 1985.
7. H. WENZEL: Meter for sewer flow measurement. Journal of the Hydraulic Division, No 1, 1975.



OBJAŚNIENIE

- 1 urządzenie pomiarowe ($\Phi 200$, $\Phi 250$ mm)
- 2 komora pływakowa - rura stalowa $\Phi 200$ mm
- 3 zbiornik stalowy, 4 przegroda z desek
- 5 wodowskaz kołowy, 6 zbiornik mierzniacy
- 7 skala mierzniacza
- 8 przedłużka użyta przy wzorcowaniu

Rys. 2 Schemat stanowiska do wzorcowania urządzenia pomiarowego

A. Wartalski

MEASURING THE RATE OF SEWAGE FLOW IN SANITARY SEWERS

A critical account of available measuring methods and devices is given, and a new reducer system is descri-

bed. The system proposed makes it possible to measure the rate of domestic sewage discharge under conditions of a working sewerage. The data reported here have been obtained for an actual sewer system working in the city of Wrocław. The interpretation of results is also given.