

Tomasz Nowak
Tomasz Czapliński

PMIARY PRZEPŁYWU ŚCIEKÓW W KANAŁACH METODĄ HYDROSTATYCZNO-PNEUMATYCZNĄ

Brak na rynku krajowym seryjnie produkowanych urządzeń i układów do pomiaru przepływu ścieków w kanałach miejskich sieci kanalizacyjnych powoduje występowanie szeregu nieprawidłowości, z których najczęściej spotykane, to:

- stosowanie szacunkowej oceny ilości odprowadzanych ścieków przez jednostki gospodarcze (na podstawie objętości pobranej wody), pomimo że obowiązujące przepisy prawne wymagają realizacji pomiaru przepływu ścieków, będącego jednym z warunków uzyskania pozwolenia wodno-prawnego,
- wyrwykowa kontrola warunków pracy kanałów, przeprowadzana przez służby eksploatujące sieć kanalizacyjną najczęściej jedynie w przypadkach wystąpienia stanów awaryjnych,
- przyjmowanie, jako podstawy projektowania rozbudowy i modernizacji istniejącej sieci kanalizacyjnej, szacunkowych wartości obciążenia hydraulicznego kanałów.

Konsekwencją tej sytuacji jest najczęściej całkowity brak rozeznania co do rzeczywistych warunków pracy systemu kanalizacyjnego, aktualnych obciążeń hydraulicznych poszczególnych jego rejonów, występujących przeciążeń czy rezerw przepustowości. W tych warunkach racjonalna eksploatacja sieci jest znacznie utrudniona i ogranicza się zazwyczaj do usuwania skutków zaistniałych nieprawidłowości. Uwidacznia to jak ważną i pilną jest potrzeba opracowania uniwersalnego i niezawodnego systemu pomiarowego przepływu ścieków w kanałach o przekrojach zamkniętych, pracujących w warunkach przepływów grawitacyjnych.

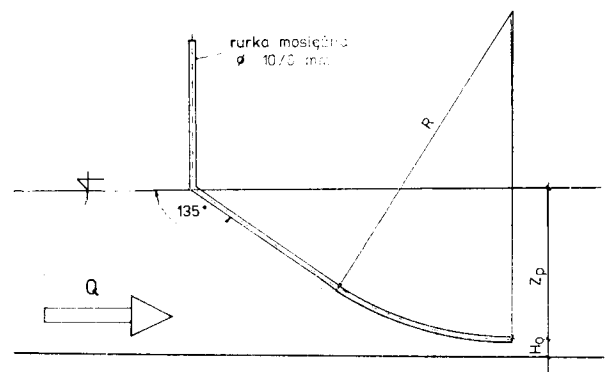
Prace, prowadzone od kilku lat w tym kierunku przez Instytut Gospodarki Przestrzennej i Komunalnej w Krakowie, pozwoliły na zebranie bogatych doświadczeń w realizacji tego typu pomiarów [1, 2]. Obecnie prowadzone badania w ramach CPBR nr 13.1. „Poprawa funkcjonowania gospodarki miejskiej” mają na celu opracowanie zunifikowanych i dostosowanych do występujących w tej dziedzinie potrzeb, układów pomiarowych przepływów ścieków w kanałach. Efektem końcowym prac będzie przygotowanie i podjęcie produkcji doświad-

czalnej układów pomiarowych, po ich wszechstronnym przebadaniu i ocenie w warunkach technicznej eksploatacji.

Prace prowadzone są w trzech zasadniczych kierunkach:

- Ciągły pomiar natężenia i objętości przepływu ścieków w kanałach o przekroju kołowym dla średnic od 0,15 do 0,25 m, z rejestracją stanów chwilowych i sumowaniem objętości przepływu, przy współpracy z elementem piętrzącym o znanej charakterystyce przepływowej — rozwiązanie stacjonarne,
- Ciągły pomiar poziomu wypełnienia kanałów o dowolnym kształcie i wymiarach przekroju poprzecznego, z rejestracją stanów chwilowych — rozwiązanie stacjonarne.
- Ciągły, okresowy pomiar poziomu wypełnienia kanałów jak wyżej — rozwiązanie przenośne, przeznaczone zasadniczo dla celów badawczych i okresowej identyfikacji parametrów pracy kanałów.

Pomiary powyższe realizowane są metodą hydrostatyczno-pneumatyczną przy współpracy z sondą pomiarową w kształcie wg patentu PRL nr 136067. W rozwiązaniu konstrukcyjnym sondy pomiarowej zastosowano kształt umożliwiający jej samooczyszczanie z zawieszających się elementów stałych, pływających w ściekach (rys. 1). Umożliwia to instalowanie sondy bezpośrednio w nurcie płynących ścieków. W ten sposób wyeliminowano konieczność



Rys. 1. Schemat sondy pomiarowej (Z_p — zakres pomiarowy, H_o — wysokość zamocowania sondy nad dnem kanału).

budowy bocznej studzienki w przekroju pomiarowym kanału. Pełne właściwości pomiarowe sondy, łącznie z oceną wpływu prędkości przepływających ścieków na dokładność pomiaru, są przedmiotem badań prowadzonych w laboratorium hydrotechnicznym przy współpracy z Akademią Rolniczą w Krakowie.

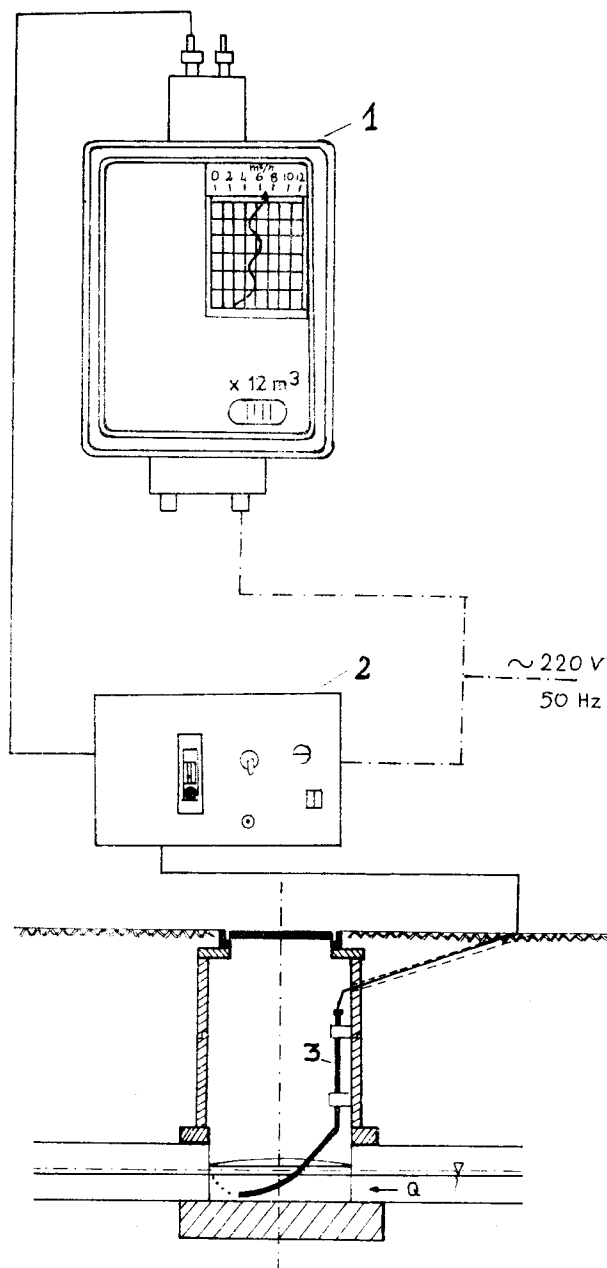
Zasada pomiaru poziomu cieczy metodą hydrostatyczno-pneumatyczną jest następująca: ciśnienie powietrza wydmuchiwanego w niewielkiej ilości przez wylot sondy pomiarowej umocowanej na stałej wysokości nad dnem kanału równoważy ciśnienie hydrostatyczne słupa cieczy ponad wylotem sondy; tak więc ciśnienie powietrza w obwodzie zasilania pneumatycznego jest miarą poziomu wypełnienia kanału. Z powyższych stwierdzeń wynika, że pomiar poziomu wypełnienia kanałów może być realizowany w sposób bezpośredni przy zastosowaniu mierników lub przetworników ciśnienia i różnicy ciśnień, o odpowiednio dobranych zakresach pomiarowych. Przy zastosowaniu w obwodzie pomiarowym mierników różnicy ciśnień uzyskuje się uniezależnienie pomiaru od zmian ciśnienia atmosferycznego.

Pomiar przepływu ścieków tą metodą jest możliwy pod warunkiem dysponowania wiarygodną charakterystyką przepływową, tj. zależnością funkcyjną pomiędzy poziomem wypełnienia a przepływem cieczy. W takim przypadku żądane funkcje pomiarowe, tj. wskazanie, rejestracja i sumowanie objętości przepływu mogą być realizowane przy zastosowaniu odpowiednio adaptowanych do warunków pomiaru wag pierścieniowych typu Junkalor VSB. Mierniki te mogą być wyposażone w układy do zdalnego przekazywania wskazań (rys. 2). Są one dostępne na rynku krajowym.

Z przedstawionych dotychczas rozważań wynika, że zasadniczym problemem, występującym przy realizacji pomiaru przepływu ścieków w kanałach, jest uzyskanie wiarygodnej charakterystyki przepływowej ścieków w przekroju pomiarowym poziomu wypełnienia. Zastosowanie w tym celu przelewów lub typowych zwężek pomiarowych (pomiarowych elementów piętrzących) powinno być poprzedzone wnikliwą analizą wpływu tych elementów na warunki hydrauliczne pracy kanału i systemu kanałów współpracujących. Analizując kilka typowych układów kanalizacyjnych pod kątem możliwości ich wyposażenia w pomiarowe elementy piętrzące stwierdzono, że w zdecydowanej większości przypadków spowodowałoby to nadmierne obniżenie przepustowości sieci i niedopuszczalne podtapianie kanałów bocznych. W takich przypadkach należy zalecić realizację pomiaru przepływu według tzw. krzywej konsumcyjnej kanału, tj. jego charakterystyki przepływowej. Teoretycznie wyznaczona krzywa tego typu, powinna zostać zweryfikowana poprzez bezpośrednie pomiary wzorujące na obiekcie. Metodyka prowadzenia pomiarów tego typu, zmierzająca również do ustalenia czy wytypowany przekrój pomiarowy nie pracuje w

warunkach podtopienia, jest przedmiotem jednego z zadań realizowanych w ramach CPBR 13.1.

W efekcie końcowym opracowany układ pomiarowy przepływu, pracujący w oparciu o krzywą konsumcyjną kanału, może realizować pomiar z dokładnością nie większą niż 5% do 8%. Taka klasa dokładności pomiaru jest zbyt niska w przypadku konieczności zliczania objętości ścieków odprowadzanych przez jednostki gospodarcze do kanalizacji miejskiej lub odbiornika. Z tej przyczyny, dla najczęściej spotykanych kanałów odpływowych, tj. o przekrojach kołowych $0,15 \div 0,25$ m, opracowano pomiarowe elementy piętrzące o specjal-

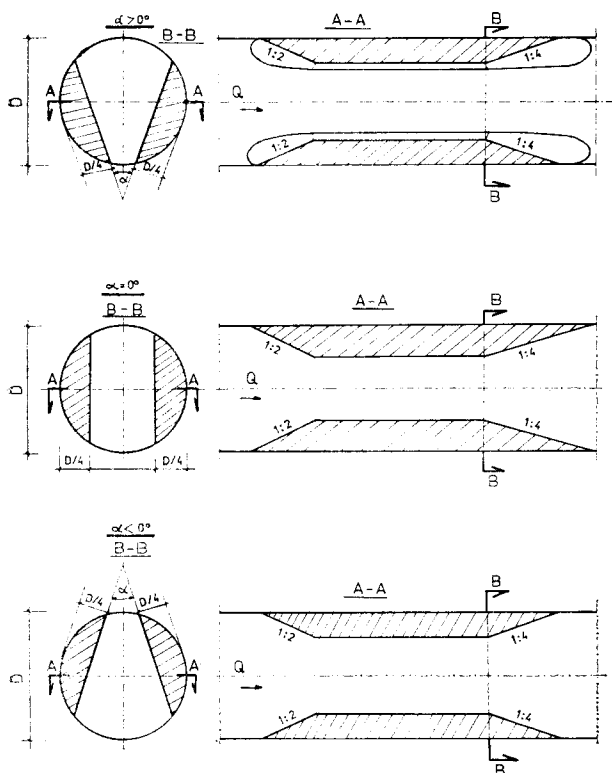


Rys. 2. Schemat ideowy układu pomiarowego przepływu ścieków w kanale (1 — waga pierścieniowa Junkalor, 2 — układ zasilania pneumatycznego, 3 — sonda pomiarowa).

nej konstrukcji. Kształt tych elementów zaproponowano tak, aby:

— mogły być montowane w kanale wypływowym z typowej rewizyjnej studzienki kanalizacyjnej, bez przebudowy kanału,

— w przypadku nadmiernych zaburzeń w pracy kanału, po zainstalowaniu zwężki, zmiana parametrów jej pracy nie wymagała wymiany, a jedynie korektę położenia elementów piętrzących.



Rys. 3 Schemat konstrukcyjny zwężki pomiarowej.

Wymagania te spełniono projektując zwężkę pomiarową typu Venturiego z możliwością zmiany wzajemnego położenia elementów piętrzących (rys. 3). Zwężka składa się z dwóch elementów ułożonych symetrycznie względem osi pionowej kanału. W przekroju poprzecznym każdy z tych elementów stanowi wycinek koła o średnicy równej średnicy wewnętrznej kanału (D) oraz długości strzałki wynoszącej $D/4$. Zmniejszenie przekroju czynnego kanału wynosi w tym rozwiązaniu 14,5%. Zmiana kąta położenia obu elementów względem siebie powoduje zmianę zakresu pracy zwężki oraz przepustowości wynikowej kanału. Kąt wzajemnego położenia (α) powinien być dobierany w zależności od lokalnych warunków hydraulicznych pracy kanału, a w szczególności w zależności od:

- wielkości spadku dna kanału,
- przewidywanych średnich wartości przepływu ścieków,

— przewidywanej rozpiętości współczynników nierównomierności przepływu ścieków.

W kanałach o niskiej wartości spadku dna kanału należy stosować ujemny kąt ułożenia elementów piętrzących, tj. tworzący bryłę przepływu rozszerzoną w dolnej części. Powoduje to zwiększenie strefy niskich przepływów niepodtapianych przez zwężkę, co zapewnia swobodny przepływ ścieków w tym przedziale, lecz nie jest objęte pomiarem. Dla średnich warunków pracy kanału stosuje się kąt $\alpha = 0^\circ$, co odpowiada równoległemu, pionowemu ustawieniu elementów piętrzących. Wybór wartości kąta α powinien być poprzedzony wnikliwą analizą przewidywanych warunków pracy kanału.

Charakterystyki przepływowe przyjętych elementów piętrzących, dla założonego przedziału średnic i zmian kąta α , wyznaczone zostały na drodze teoretycznej. W metodyce obliczeń przyjęto założenie występowania prędkości krytycznej w przewężeniu, odpowiadającej poszczególnym wartościom przepływu [3, 4]. Obliczenia te, obejmujące ustalenie wielkości spiętrzenia cieczy przed zwężką dla kolejnych wartości przepływu, wykonano przy zastosowaniu mikrokomputera ZX Spectrum +, stosując metodę kolejnych przybliżeń.

Obecnie, w kooperacji z Akademią Rolniczą w Krakowie, prowadzone są badania w pełnej skali technicznej, zmierzające do weryfikacji charakterystyk przepływowych zwężek, uzyskanych na drodze teoretycznej.

Równolegle sprawdzane są w warunkach ciągłej eksploatacji technicznej układy pomiarowe pracujące w funkcji wypełnienia kanału — bez przewężenia. Celem tych prac jest ocena techniczna zarówno sondy pomiarowej jak i układu zasilania pneumatycznego i mierników. Wstępny wynik oceny tych elementów układu pomiarowego jest pozytywny.

W tym kontekście konstrukcja układu pomiarowego w wersji przenośnej dla celów badawczej (okresowej) kontroli poziomu wypełnienia kanału, wymagała opracowania jedynie systemu zasilania pneumatycznego oraz zastosowania rejestratora poziomu o napędzie sprężynowym. Rozwiązanie takie zostało już opracowane i wszechstronnie sprawdzone. Układ zasilania pneumatycznego oparto na wykorzystaniu pompki powietrznej do pompowania kół samochodowych, pracującej w systemie automatycznego sterowania we współpracy ze zbiornikiem powietrznym — buforowym.

Na podstawie dotychczasowych rezultatów prac można mieć nadzieję, że pomimo wielu przeszkód i trudności prace te zostaną zakończone uruchomieniem produkcji doświadczalnej układów pomiarowych przepływu ścieków w kanałach.

LITERATURA

1. T. NOWAK: Badawcze wyposażenie pomiarowe sieci kanalizacyjnej. Ochrona Środowiska, nr 3—4 (20—21), Wrocław 1984.
2. T. NOWAK: Urządzenie do ciągłego pomiaru poziomu ścieków. Ochrona Środowiska, nr 1—2 (27—28), Wrocław 1986.
3. A. D. PARR, J. F. JUDKINS, T. E. JONES: Point-velocity discharge measurement method for sewers. J. Water Poll. Control Fed., T. 53, No 1, 1981.
4. H. G. WENZEL, Jr.: Meter for sewer flow measurement. Journal of The Hydraulic Division, Vol. 101, No. MY1, 1975.

CONTINUOUS MEASUREMENT OF SEWAGE FLOW BY THE HYDROSTATIC-PNEUMATIC METHOD

Systems for continuous flow measurement in municipal sewerage with gravitational flow are presented. Measurements (which may be varied according to the user's needs) are carried out by the hydrostatic-pneumatic method, using a probe which has been

placed in the main stream. The shape of the probe enables self-purification (patent claim). The measuring systems for sewers of a circular cross-section and a diameter between 0.15 m and 0.25 m are equipped with reducing pipes. The operating range and conditions of the reducing pipe are matched to the expected operating parameters of the sewer by changing the position angle of the damming-up elements.