

Dariusz Kowalski, Marian Kwietniewski, Anna Musz, Marcin K. Widomski

## Charakterystyka wybranych metod płukania i czyszczenia przewodów wodociągowych

Płukanie i czyszczenie przewodów wodociągowych są podstawowymi czynnościami eksploatacyjnymi [1]. Mogą być one realizowane zarówno w systemie planowym, jak i w sytuacjach wymagających doraźnej interwencji, a także w związku z remontami lub awariami [1–4]. Obok wymuszenia ukierunkowanego przepływu [5], stanowią podstawową metodę hydraulicznego przeciwdziałania skutkom wtórnego zanieczyszczenia wody wodociągowej. Wszystkie metody płukania i czyszczenia przewodów wodociągowych mają zarówno zalety, jak i wady. Niektóre przedsiębiorstwa wykonawcze i służby eksploatacyjne nadmiernie przywiązują się do jednych metod lub znają tylko niektóre z nich. Prowadzi to do sytuacji, w których nie zawsze wybierane są metody technicznie i ekonomicznie uzasadnione w danych warunkach. Warto zwrócić także uwagę na fakt, iż ciągle poszukiwane są nowe metody czyszczenia przewodów wodociągowych, ułatwiające zarówno realizację samego procesu, jak i zmniejszające jego koszty oraz ograniczające straty wody.

Celem artykułu było dokonanie krytycznego przeglądu metod płukania i czyszczenia przewodów wodociągowych, uwzględniającego ich zalety i wady. Oprócz prezentacji znanych metod przedstawiając także trzy metody własne, opracowane w ostatnim czasie, które znajdują się w fazie studialnej i nie zostały jeszcze wdrożone do praktyki eksploatacyjnej.

Zgodnie z przyjętą w literaturze nomenklaturą, procesy płukania i czyszczenia przewodów wodociągowych można podzielić na mechaniczne, hydrauliczne, hydrodynamiczne i chemiczne.

### Metody mechaniczne

W celu poprawy warunków hydraulicznych przesyłu wody, przedsiębiorstwa wodociągowe najwcześniej stosowały czyszczenie rurociągów metodami mechanicznymi [4]. Stosuje się je do usuwania osadów o zwartej konsystencji, przytwierdzonych do powierzchni rur, których usunięcie jest trudne lub nawet niemożliwe metodami hydraulicznymi. Rodzaj urządzenia czyszczącego i stosowanych narzędzi dobiera się z uwagi na wymiary przewodu, stopień jego zanieczyszczenia i rodzaj osadów [4,6]. Do czyszczenia przewodów z osadów luźnych stosowane są szczotki druciane, natomiast do usunięcia bardziej zwartych osadów zastosowanie znajdują skrobaki nożowe i sprężynowe, urządzenia frezujące, rotacyjne, przewiercające lub wycinające. Mają one zwykle napęd hydrauliczny, bywają zdalnie sterowane i sprężone z kamerą telewizyjną [7].

Do tej grupy metod czyszczenia rurociągów należą:

- metoda ręczna [4],
- metoda z wykorzystaniem sprzętu mechanicznego do przeciągania linki [6],
- metoda mechaniczna z wykorzystaniem skrobaka poruszanego hydraulicznie [8],
- metoda mechaniczna z wykorzystaniem korka poruszającego za pomocą sprężonego powietrza [6],
- metoda mechaniczno-ciśnieniowa EKO-CLEANER [6],
- metoda mechaniczno-ciśnieniowa EKO-AQUA.

### Metody hydrauliczne

Drugą grupę metod płukania i czyszczenia przewodów stanowią metody hydrauliczne. Są one obecnie najczęściej wykorzystywane do usuwania osadów miękkich. W zależności od rodzaju stosowanego środka płuczącego, można je podzielić na wykorzystujące jedynie wodę oraz wodę z powietrzem lub materiałem ściernym [4,6]. Do metod tych można zaliczyć:

- płukanie wodą wodociągową [2,9],
- metody upustowe za pomocą otwarcia jednego lub kilku hydrantów [2,4,6],
- metody z samoczynnym upustem wody,
- płukanie wodą wodociągową z powietrzem (metoda hydropneumatyczna) [4],
- płukanie wodą wodociągową i powietrzem z użyciem materiału ściernego [10,11].

Do metod hydraulicznych należy także zaliczyć opracowane w ostatnim czasie metody:

- oparte o wymuszenie ukierunkowanego przepływu wody [5],
- wykorzystujące mobilne stacje płuczące,
- wykorzystujące zbiorniki końcowe, zintegrowane ze stacją oczyszczania i systemem podnoszenia wody [12],
- wykorzystujące stacje płuczące wbudowane w sieć wodociągową, zintegrowane ze stacjami oczyszczania wody.

Trzy ostatnie metody są efektem badań własnych i znajdują się jeszcze w fazie studialnej. Przy ich opracowaniu przyjęto spełnienie następujących założeń:

- utrzymanie skuteczności na poziomie porównywalnym z innymi metodami hydraulicznymi,
- możliwość płukania pomijanych dotychczas przewodów (jak np. przyłącza wodociągowe),
- oszczędność wody zużywanej w procesie płukania,
- minimalizacja protestów lokalnych społeczności stwierdzających marnowanie wody przez jej upust,

- możliwość częstego lub permanentnego płukania zakładanych odcinków przewodów,
- łatwość realizacji i możliwość automatyzacji,
- bezpośredni koszt płukania nową metodą nie powinien być znacząco wyższy od tradycyjnej metody upustowej.

### Mobilna stacja płuczająca

Metoda płukania przewodów wodociągowych z wykorzystaniem mobilnej stacji płuczającej przewidziana została do płukania rurociągów do średnicy 150 mm, w tym przyłączy wodociągowych, w niewielkich sieciach dystrybucji oraz końcowych fragmentach większych systemów wodociągowych. Zasada działania mobilnej stacji płuczającej polega na [13–15]:

- zamknięciu obiegu wody płuczającej i połączeniu płukania przewodów z oczyszczaniem wody płuczającej,
- wykorzystaniu hydrantów, jako elementów umożliwiających dostęp do płukanych przewodów,
- zainstalowaniu zaworów czerpalnych, umożliwiających podłączenie stacji na końcu przyłącza (przed wodomierzem),
- wykorzystaniu podwozia samochodów ciężarowych do zainstalowania stacji oczyszczania wody płuczającej i cyrkulacyjnej pompy płuczającej.

Opracowana metoda spełnia przyjęte wcześniej założenia. Czas płukania oraz liczba wymian wody są ograniczone przepustowością systemu oczyszczania. W przypadku przewodów o większych średnicach możliwe jest zastosowanie dwóch stacji połączonych równolegle. Wyposażenie techniczne stacji może być indywidualnie dostosowane do potrzeb użytkownika, zależnie od rozstawu hydrantów, rodzaju zanieczyszczeń zawartych w rurociągach i wodzie sieciowej. Badania symulacyjne dowiodły, że skuteczność zaproponowanej metody może być ograniczona przez konieczność zapewnienia ciągłego, w tym także w czasie płukania, dopływu wody do odbiorców. W przypadku prowadzenia płukania w godzinach nocnych lub na końcowych fragmentach sieci wodociągowej zagrożenie to jest jednak minimalne.

### Pośrednia stacja płuczająca

Pośrednia stacja płuczająca stosowana jest do płukania przewodów w sieciach pierścieniowych, także o średnicach większych od 150 mm. Użytkownikami tej metody mogą być przedsiębiorstwa wodociągowe, wykorzystujące w procesach zarządzania eksploatacją numeryczny model hydrauliczny sieci, umożliwiający przygotowanie scenariusza wymuszenia przepływu ukierunkowanego. Zasada działania pośredniej stacji płuczającej opiera się na [16]:

- zamknięciu obiegu płuczającego w obrębie pierścieniowej sieci wodociągowej,
- wymuszeniu obiegu wody w obrębie płukanego pierścienia z odpowiednią prędkością, poprzez uruchomienie pompy cyrkulacyjnej i zamknięcie wymaganych zasuw, zależnie od realizowanego scenariusza płukania,
- zintegrowaniu pomp płuczających ze stacją oczyszczania, także zainstalowaną w obrębie płukanego pierścienia, usuwającą zanieczyszczenia z cyrkulującej wody.

Wyposażenie techniczne stacji może być indywidualnie dostosowane do potrzeb użytkownika, zależnie od charakterystyki sieci czy rodzaju zanieczyszczeń obecnych w przewodach i wodzie sieciowej. Zastosowanie pośredniej stacji płuczającej umożliwia ograniczenie strat wody stosowanej do płukania

przewodów, pełną automatyzację procesu płukania oraz uniezależnienie procesu płukania od warunków pogodowych. Do wad tego rozwiązania należy zaliczyć wprowadzenie dodatkowego obiektu utrzymania przez służby eksploatacyjne, zapewnienie dużej przepustowości stacji oczyszczania, konieczność stosowania automatyki sterującej zasuwami sieciowymi oraz numerycznego modelu hydrauliki płukanej sieci, a także konieczność prowadzenia procesu płukania w nocy lub podczas najmniejszego poboru wody.

### Zbiornik końcowy

Metoda płukania z wykorzystaniem zbiornika końcowego umożliwia płukanie końcowych odcinków sieci wodociągowej w sieciach osiedlowych lub większych mających zbiorniki końcowe. Idea stosowania wodociągowych zbiorników końcowych jest znana od dawna [3,9], natomiast nowością jest ich wykorzystanie do płukania rurociągów [12]. Jej stosowanie powinno być poprzedzone wdrożeniem przez przedsiębiorstwo eksploatacyjne hydraulicznego modelu numerycznego sieci, umożliwiającego przygotowanie scenariuszy wymuszenia ukierunkowanego przepływu wody w czasie napełniania zbiornika.

Zastosowanie tej metody wymaga podziału sieci wodociągowej na minimum dwie strefy, tj. zasilaną bezpośrednio przez pompownię główną oraz przez zbiornik końcowy znajdujący się na końcu sieci wodociągowej (lub jej fragmentu, np. osiedla) [17]. Zbiornik wodociągowy jest napełniany przy dużym natężeniu przepływu, co wymusza wysoką prędkość przepływu wody w przewodach na trasie od głównej pompowni. Każdorazowe napełnienie zbiornika powoduje płukanie przewodów zlokalizowanych na trasie przesyłu. W tej metodzie wymagane jest zintegrowanie zbiornika ze stacją oczyszczania wody i pompownią strefową. Napełniony zbiornik stanowi źródło wody w wydzielonej strefie wodociągu, odciętej w tym czasie od zasilania z głównej pompowni.

Metoda płukania sieci wodociągowej z wykorzystaniem zbiornika końcowego daje możliwość automatyzacji procesu płukania oraz minimalizacji strat wody. Uniezależnia również proces płukania od warunków pogodowych. Umożliwia także wymuszenie częstego płukania, zależnie od pojemności zbiornika i charakterystyki strefy wodociągu zasilanej z niego. Istnieje możliwość dostosowania wyposażenia technicznego stacji oczyszczania zintegrowanej ze zbiornikiem, zależnie od indywidualnych potrzeb użytkownika. Dodatkowo, w przypadku sieci osiedlowych, istnieje możliwość wykorzystania zbiorników umieszczonych na najwyższej kondygnacji ostatniego budynku. Pojawia się jednak konieczność wdrożenia systemu zdalnego sterowania zasuwami sieciowymi oraz numerycznego modelu hydraulicznego sieci w procesie opracowywania scenariuszy wymuszenia ukierunkowanego przepływu w trakcie płukania. Niezbędna jest także modernizacja pompowni zasilającej sieć wodociągową – musi ona uwzględniać zwiększony przepływ wody w trakcie napełniania zbiornika

### Metoda hydrodynamiczna

Odmianą metod hydraulicznych jest metoda hydrodynamiczna, nazywana także metodą hydrauliczną średnio- i wysokociśnieniową. Polega ona na usuwaniu osadów zalegających w przewodach wodociągowych przy pomocy strumienia wody skierowanego na powierzchnię rurociągu pod ciśnieniem 8+80 MPa. Czyszczenie strumieniem o ciśnieniu do 20 MPa nosi nazwę

Tabela 1. Zestawienie wad i zalet wybranych metod płukania i czyszczenia przewodów wodociagowych

Metoda płukania/czyszczenia rurociągów	Metoda ręczna	Z przeciągnięciem linki	ECO-CLEANER	Skrobak poruszany hydraulicznie	ECO-AQUA	Korek i sprężone powietrze	Płukanie upustowe	Ukierunkowanie przepływu	Metoda hydrodynamiczna	Automatyczny upust wody	Woda, powietrze i materiał ścierny	Mobilna stacja płuczająca	Zbiornik końcowy	Wbudowane stacje płuczające	Czyszczenie hydrodynamiczne	Metoda chemiczna
Oszczędność wykorzystywanej w procesie wody								*				*	*	*		
Konieczność wykorzystania modelu numerycznego sieci								*					*	*		
Długi czas przygotowania do procesu	*	*	*	*	*	*									*	*
Zaangażowanie licznej brygady roboczej	*	*	*	*	*	*		*	*		*				*	*
Znaczne zakłócenia w pracy wodociągu	*	*	*	*	*	*			*		*				*	*
Wymagane godziny nocne prowadzenia procesu							*	*				*				
Konieczność wyłączenia odcinka z ruchu	*	*	*	*	*	*			*		*				*	*
Konieczność prowadzenia robót ziemnych	*	*	*	*	*	*									*	*
Utrudnienia w komunikacji miejskiej	*	*	*	*	*	*									*	
Możliwość uszkodzenia powłoki wewnętrznej rurociągu	*	*	*	*	*	*			*		*				*	*
Niekontrolowane vibracje przewodu						*			*		*					
Wysokie ciśnienie w czasie czyszczenia						*			*							
Długi czas trwania procesu	*	*	*	*	*	*					*				*	*
Wymagana wysoka prędkość przepływu							*	*		*						
Automatyzacja procesu								*		*			*	*		
Duże straty wody							*	*	*	*						
Konieczność dezynfekcji po płukaniu	*	*	*	*	*	*					*				*	*
Możliwość przedostania się środków czyszczących do wody											*					*
Duże koszty procesu	*	*	*	*	*	*									*	*

średniociśnieniowego, natomiast pod wyższym ciśnieniem – wysokociśnieniowego. Najwyższe stosowane ciśnienia do czyszczenia rurociągów sięgają 250 MPa [3,4,11]. W metodzie tej korzysta się z różnego rodzaju głowic wyposażonych w dysze. Dobór głowicy i ciśnienia wody zależy od rodzaju, ilości i stanu osadów zalegających w sieci [4,6]. Przy doborze maksymalnego ciśnienia należy zwrócić szczególną uwagę na materiał czyszczonych rur i ich stan techniczny [3].

### Metody chemiczne

W metodach chemicznych wykorzystuje się substancje rozpuszczające osady zalegające na wewnętrznych ściankach przewodów wodociagowych. Stosowane związki chemiczne powinny charakteryzować się bardzo dobrymi właściwościami oddziaływania na osady w przewodach oraz możliwie jak

najmniejszą szkodliwością oddziaływania na środowisko [6]. Ponadto wymagana jest szczelność czyszczonych przewodów [18,19]. Najczęściej metody te stosuje się do czyszczenia instalacji przemysłowych, gazociągów, ropociągów, ale znane są także zastosowania do czyszczenia sieci wodociagowej [4].

Warunkiem skuteczności metod chemicznych jest dobranie odpowiedniego związku chemicznego, ustalenie jego stężenia i czasu reakcji zapewniającego usunięcie powstałego osadu. Ze względu na różnorodność osadów, przed przystąpieniem do czyszczenia niezbędne jest przeprowadzenie badań laboratoryjnych próbek osadów pobranych z odcinka przeznaczanego do czyszczenia. Przeprowadzenie analiz laboratoryjnych pozwoli określić właściwe parametry procesu [6]. Jako środki czyszczące najczęściej stosowane są 3% HCl, 20% NaOH, 12% Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>4</sub>. W celu zmniejszenia korozyjnego działania kwasów na ścianki przewodów stosowane są odpowiednie inhibitory.

## Podsumowanie

Każda z metod czyszczenia i płukania przewodów wodociągowych ma szereg zalet i wad. Próbę ich zestawienia i usystematyzowania zawiera tabela 1. Analizując zebrane w niej informacje należy stwierdzić, że obecnie nie ma metod czyszczenia i płukania przewodów, o których można by było powiedzieć, że są uniwersalne. Nie wszystkie metody można stosować bez całkowitego wyłączenia czyszczonego odcinka z ruchu. Wiele z nich może prowadzić do uszkodzenia materiału samych przewodów lub wewnętrznej wykładziny antykorozyjnej. Istnieje także niebezpieczeństwo przedostawania się substancji czyszczących do wody wodociągowej. W tym świetle korzystnie wypadają metody hydrauliczne. Ich wadą jest jednak konieczność częstego stosowania (nieopuszczania do stwardnienia osadu) oraz uzyskanie dużych (ok. 1,0 m/s) prędkości przepływu, co nie zawsze jest możliwe przy wykorzystaniu ciśnienia dyspozycyjnego oraz uwzględnieniu znacznych strat wody.

Na uwagę zasługują metody hydrauliczne, obejmujące wymuszenie ukierunkowanego przepływu, zastosowanie mobilnych stacji płuczających, zbiorników końcowych oraz wbudowanych w sieć stacji płuczających. Pomimo stosunkowo wysokich kosztów inwestycyjnych, wykorzystanie tych metod ogranicza znacznie straty wody, nie podnosząc znacząco kosztów procesu płukania.

Dokonany przegląd stosowanych metod płukania i czyszczenia sieci wodociągowych wykazał, że jest to dziedzina wciąż rozwijająca się. Brak jest metod uniwersalnych, które z równą skutecznością można stosować w różnych warunkach. Brak także metod istotnie ograniczających straty wody i koszty samego procesu. W związku z powyższym, zarówno służby eksploatacyjne, jak i ośrodki badawczo-rozwojowe wciąż poszukują nowych, skutecznych i bardziej ekonomicznych, metod. Wdrożenie trzech nowych metod – będących efektem własnych badań – wydaje się interesujące. Niestety metody te znajdują się wciąż na etapie studyjnym. Przeprowadzone badania symulacyjne, potwierdzające ich przydatność, wymagają weryfikacji w skali półtechnicznej i technicznej we współpracy z przedsiębiorstwami wodociągowymi, które są zainteresowane wdrożeniem zaproponowanych metod płukania i czyszczenia rurociągów.

## LITERATURA

1. M. LEHTOLA, T.K. NISSINEN, I.T. MIETTINEN *et al.*: Removal of soft deposits from the distribution system improves the drinking water quality. *Water Research*, 2004, Vol. 38, pp. 601–610.
2. T. GABRYSZEWSKI: *Wodociągi*. Arkady, Warszawa 1983.
3. M. ROMAN: *Poradnik wodociągi i kanalizacja. Podstawy projektowania i eksploatacji*. Praca zbiorowa. Arkady, Warszawa 1991.

4. M.M. SOZAŃSKI [red.]: *Wodociągi i kanalizacja w Polsce. Tradycja i współczesność*. Poznań–Bydgoszcz 2002.
5. M. KULBIK: Skuteczność zastosowania metody wymuszania ukierunkowanego przepływu wody w przewymiarowanych sieciach wodociągowych. *Instal*, 1998, nr 11, ss. 12–14.
6. W. ŻUCHOWICKI [red.]: *Wodociągi i kanalizacja. Projektowanie, montaż, eksploatacja, modernizacja*. Warszawa 2002.
7. A. KRÓLIKOWSKI, S. DENCZEW: *Podstawy nowoczesnej eksploatacji układów wodociągowych i kanalizacyjnych*. Arkady, Warszawa 2003.
8. W. PIĄSTKA: Czyszczenie hydromechaniczne jako efektywna metoda usuwania miękkich i twardych osadów z rurociągów przesyłowych, wodociągowych, na przykładzie zdobytych doświadczeń eksploatacyjnych w Łodzi. *Mat. konf. „Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód”*, PZITS, Poznań–Kraków 2000, ss. 721–733.
9. M. AL-LAYLA, S. AHMAD, E. MIDDLEBROOKS: *Water Supply Engineering Design*. Ann Arbor Science Publishers Inc., 1977.
10. Z. SIUZDAK: Niektóre aspekty płukania nowo budowanych przewodów wodociągowych większych średnic. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, 1977, nr 3, ss. 158–159.
11. Z. SIUZDAK: *Hydropneumatyczne oczyszczanie wiejskich przewodów wodociągowych*. *Mat. konf. „Problemy gospodarki wodno-ściekowej w regionach rolniczo-przemysłowych”*, Białystok 1987.
12. K. BONETYŃSKI, D. KOWALSKI, B. KOWALSKA, A. MUSZ: *Koncepcja strefowania niewielkiej sieci wodociągowej, z wykorzystaniem istniejącego zbiornika wieżowego*. *Mat. konf. „GIS modelowanie i monitoring w zarządzaniu systemami wodociągowymi i kanalizacyjnymi”*, PZITS, Warszawa 2007, ss. 163–176.
13. D. KOWALSKI, B. KOWALSKA, M. TOMCZYK, M. ŚWIĄTKOWSKI: *Projekt wynalazczy pt. Sposób i układ płukania sieci wodociągowej za pomocą stacji płuczającej*. Zgłoszenie patentowe nr P 378382, 2005a.
14. M. TOMCZYK, M. ŚWIĄTKOWSKI: *Koncepcja mobilnej stacji płukania sieci wodociągowej*. Praca magisterska, Politechnika Lubelska, Lublin 2005.
15. *Mobile water treatment growing in popularity*. In: *Filtration Industry Analyst.*, 2004, No. 4.
16. D. KOWALSKI, B. KOWALSKA, D. CHMIEL, P. HAMRYSZCZAK: *Projekt wynalazczy pt. Sposób i układ płukania sieci wodociągowej*. Zgłoszenie patentowe nr P 378383, 2005.
17. D. KOWALSKI, B. KOWALSKA: *Sposób i układ gromadzenia wody użytkowej w sieciach osiedlowych*. Zgłoszenie patentowe nr P 378381, 2005.
18. A. KOLONKO: *Czyszczenie rurociągów podziemnych metodą VACUJET*. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, 1998, nr 11, ss. 472–472.
19. A. KOLONKO: *Klasyfikacja oraz charakterystyka metod czyszczenia sieci uzbrojenia podziemnego*. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, 1998, nr 2, ss. 74–77.

**Kowalski, D., Kwietniewski, M., Musz, A., Widomski, M.K. Characterization of Some Methods for the Cleaning and Flushing of Water Pipes. *Ochrona Środowiska* 2008, Vol. 30, No. 1, pp. 27–30.**

**Abstract:** Water-pipe networks in service need to be provided with adequate hydraulic conditions to ensure the water quality required. The settling of precipitated pollutants (or of those transported with the tap water) is a major contributory factor not only in the hydraulic conditions that occur in the water-pipe network but also in the recontamination of the water. The paper presents a characterization and comparison of cleaning and flushing methods that to prevent the occurrence of those undesired

phenomena. Consideration is given to the variety of methods made use of by particular operators of water-pipe networks for their cleaning and flushing. On the basis of their own studies and past experience, the authors have proposed three novel methods for the hydraulic flushing of water pipes. The methods (still at the stage of pilot investigations) are intended for use in oversized water-pipe networks, particular attention being focused on plumbing fixtures and final sections of the network. In the methods proposed, emphasis is placed on the following issues: water savings and enhancement of flushing efficiency.

**Keywords:** Water-pipe network, incrustation, flushing, hydraulic methods, cleaning.