

Karol Kuś, Grzegorz Koźmiński

## Zastosowanie pulsatorów do oczyszczania popłuczyn

Produktem odpadowym procesu uzdatniania wody są osady pokoagulacyjne z osadników lub urządzeń wielofunkcyjnych oraz popłuczyny powstające w wyniku płukania filtrów. Jakość i ilość powstających osadów zależy od wielu czynników, z których do najważniejszych należą: skład i ilość ujmowanej wody, rodzaj i dawka zastosowanych reagentów oraz rodzaj i sprawność zainstalowanych urządzeń do uzdatniania wody.

Ilość powstających osadów waha się w dość szerokich granicach od 0,1 do 5,0 % dobowej produkcji stacji uzdatniania wody, przy czym jest ona większa, gdy osad z urządzenia odprowadzany jest w sposób ciągły, a mniejsza przy odprowadzaniu cyklicznym. Ilość wód popłucznych może osiągać nawet kilkanaście procent dobowej produkcji stacji i jest zależna od intensywności, czasu i częstotliwości płukania filtrów [1-3]. Jak wynika z powyższych danych, problem właściwego zagospodarowania osadów i wód popłucznych jest istotny, gdyż obydwa rodzaje ścieków mogą osiągać do 20 % wydajności stacji wodociągowej. Najprostszym rozwiązaniem byłoby odprowadzenie osadów i wód popłucznych bezpośrednio do odbiornika, niemniej jest to niemożliwe ze względu na ich jakość. Uwodnienie osadów pokoagulacyjnych wynosi 98,5+99,9 %, przy czym wyższe wartości dotyczą osadów odprowadzanych w sposób ciągły. Zawartość związków organicznych w suchej masie osadów wynosi 20+40 %, a koagulantu 13+31 % [4]. Z kolei zawartość suchej masy osadu w wodach popłucznych nie przekracza na ogół kilku setnych procenta. Biorąc zatem pod uwagę skład ilościowy i jakościowy osadów i wód popłucznych pojawia się problem ich unieszkodliwiania.

### Sposoby unieszkodliwiania osadów i popłuczyn

Wody popłuczne wstępnie najczęściej oczyszczane są w odstożnikach lub osadnikach kontaktowych. W pierwszym przypadku czas zatrzymania wynosi 3+5 h; czas ten można skrócić dozuając uprzednio wapno, siarczan glinu lub flokulant [5, 6]. Z kolei w drugim przypadku wody popłuczne koaguluje się stosując na ogół koagulant taki jak do uzdatniania wody surowej. Zastosowanie takiego sposobu wymaga rozwiązania problemu nierównomiernego dopływu wód popłucznych do urządzenia. Następnie oczyszczona woda kierowana jest bezpośrednio do odbiornika lub zwracana do głównego ciągu technologicznego, natomiast osad poddawany jest dalszej przeróbce wraz z osadem pokoagulacyjnym powstałym podczas uzdatniania wody surowej [7, 8].

Pierwszym etapem przeróbki osadów jest ich zagęszczanie. Proces ten stosuje się przede wszystkim w celu zmniejszenia objętości osadów dla ograniczenia kubatury urządzeń służących do odwadniania osadu. Zagęszczanie pozwala zmniejszyć uwodnienie osadów nawet do 95 %. Proces ten można zintensyfikować stosując wolnoobrotowe mieszanie (z prędkością 0,02+0,03 m/s) z dodatkiem polielektrolitów w ilości 0,02+0,09 %. Uwodnienie tak zagęszczonego osadu może zmniejszyć się nawet do 80 %. Proces zagęszczania może być realizowany w zagęszczaczach grawitacyjnych o działaniu ciągłym lub okresowym, a w sprzyjających warunkach terenowych – w lagunach. Po zagęszczeniu woda nadosadowa odprowadzana jest na ogół do kanalizacji, a osad odwadniany dalej na poletkach osadowych, wirówkach, prasach filtracyjnych lub filtrach próżniowych [9,10], przy czym najlepsze efekty uzyskuje się na prasach filtracyjnych i wirówkach. Prasy filtracyjne o działaniu okresowym zapewniają uwodnienie zagęszczonego osadu do 50+60 %; w przypadku zastosowania pras filtracyjnych o działaniu ciągłym lub wirówek uwodnienie odwodnionego osadu wynosi 80+85 %, natomiast dla filtrów próżniowych – 70+80 %, a dla poletek osadowych – 65+70 %.

### Cel i zakres badań

Celem badań było laboratoryjne ustalenie sposobu oczyszczania wód popłucznych na stacji uzdatniania wody w Goczałkowicach, określenie rodzaju i wielkości dawek reagentów oraz sprawdzenie przyjętego rozwiązania w skali modelowej w warunkach nieciągłego dopływu wód popłucznych do urządzenia.

### Badania laboratoryjne

Próbki wody pobierano z losowo wybranego filtru podczas jego płukania, wykonując 16 serii badań. Liczba serii badawczych wynikała z uwzględnienia faktu istnienia na stacji dwóch niezależnych ciągów technologicznych, a także potrzeby poddawania wody surowej (lub nie) procesowi koagulacji oraz konieczności wykonania badań w okresie letnim i zimowym. W pobranych próbkach wody najpierw wykonano oznaczenia opadalności zawiesin w leju Imhoffa. Jednak ze względu na wyniki oznaczeń odbiegające od założonych zaniechano metody sedymentacji jako metody oczyszczania wód popłucznych. W następnym etapie próbki popłuczyn poddano procesowi koagulacji siarczanem glinu, siarczanem żelaza oraz chlorowanym siarczanem żelaza. Najlepsze wyniki uzyskano przy zastosowaniu siarczanu glinu, którego optymalna dawka wynosiła  $20 \text{ gAl}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O/m}^3$ . Próby zmniejszenia dawki koagulantu poprzez użycie wapna i flokulantów nie przyniosły spodziewanych rezultatów.

## Badania modelowe

Sprawdzenie przyjętego sposobu oczyszczania popłuczyn przeprowadzono na modelu pulsatora [11]. Badana woda pobierana była przy pomocy urządzenia hydroforowego typu Darling produkcji czeskiej z pobliskiej studzienki kolektora odprowadzającego wody popłuczne z terenu stacji wodociągowej. Następnie woda tłoczona była do zbiornika przepływowego, który umożliwiał utrzymanie stałego ciśnienia wody dopływającej do modelu pulsatora. Pomiedzy zbiornikiem przelewowym a pulsatorem umieszczono rotometr umożliwiający regulację natężenia przepływu. Do króćca odprowadzającego wodę ze zbiornika przelewowego wprowadzono przewód tłoczny laboratoryjnej pompki dozującej. Przewód ssawny wprowadzono do zbiornika roztworu technicznego siarczanu glinu (1 %). Rodzaj zastosowanej pompki dozującej pozwalał na płynną regulację natężenia przepływu roztworu, a przez to i dawki reagentu.

Najważniejszą częścią stanowiska badawczego był model pulsatora. Wykonano go ze szkła organicznego w postaci walca o średnicy 288 mm i wysokości 4 m (dwie składane ze sobą części po 2 m). W środku walca (centralnie) umieszczono komorę próżniową, której górna część została wyprowadzona ponad rurę zewnętrzną. Współśrodkowo do wysokości 1,80 m wbudowano komorę do zagęszczania osadu o średnicy 110 mm. Dolna część modelu (do wysokości 1,80 m) stanowiła strefę osadu zawieszonego, a górna (o wysokości 2,20 m) – strefę klarowania. Woda popłuczna była rozprowadzana równomiernie w komorze pulsatora poprzez ruszt rozprowadzający, który spełniał rolę drenażu dolnego. Odprowadzenie wody sklarowanej następowało przelewem na całym obwodzie górnej krawędzi pulsatora. Woda ta była dalej kierowana do kanalizacji. Pulsację wywoływano automatycznie urządzeniem sterującym, do którego podłączono elektrody sygnalizujące graniczne poziomy wody w komorze próżniowej dzwonu oraz zawór elektromagnetyczny łączący tę komorę z atmosferą. Podciśnienie w komorze próżniowej dzwonu zapewniała olejowa pompa próżniowa. Czas wznoszenia regulowany był poprzez dokonywanie zmian podciśnienia na króćcu ssawnym pompy.

Badania przeprowadzono w warunkach nieciągłego dopływu wody popłucznej do urządzenia. Taki sposób doprowadzenia wo-

dy spowodowany był reżimem technologicznym płukania filtrów na stacji, który z kolei został wymuszony przez zakład energetyczny wprowadzający ograniczenia poboru mocy i wyższe stawki za energię elektryczną w godzinach szczytu energetycznego. Model pulsatora pracował w cyklu 8-godzinny, z czego nieprzerwanie przez 2 godziny doprowadzano popłuczyny, a przez pozostałe 6 godzin pulsator pracował bez dopływu z włączoną pulsacją. Przebadano zakres dawek technicznego siarczanu glinu od 15 do 40 g/m<sup>3</sup> (co 5 g/m<sup>3</sup>) i zakres prędkości wznoszenia 0,4+0,8 mm/s (co 0,1 mm/s). W próbkach wody z odpływu pobieranych co 0,5 h oznaczano barwę pozorną, mętność, pH, zasadowość, utlenialność oraz stężenie glinu. Przykładowe wyniki oznaczeń zawarto w tabeli 1. Dodatkowo przebadano pracę pulsatora w warunkach ciągłego dopływu popłuczyn.

## Wyniki badań

Parametry popłuczyn po koagulacji były następujące:

- barwa pozorna 5+40 gPt/m<sup>3</sup>,
- mętność 3+25 g/m<sup>3</sup>,
- pH=6,6+7,6,
- zasadowość 0,8+1,4 val/m<sup>3</sup>,
- utlenialność 2,6+4,3 gO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>,
- zawartość glinu 0+0,30 gAl/m<sup>3</sup>.

Przyjęto, że podstawowe parametry wody odpływającej z pulsatora (barwa pozorna i mętność) będą zależały od parametrów popłuczyn oraz od dawki koagulantu, prędkości wznoszenia i czasu nieprzerwanej pracy pulsatora, zgodnie z równaniem regresji liniowej wielokrotnej:

$$b = a_1B + a_2d + a_3v + a_4t + a_5pH + a_6z + a_7u + a_8Al + a_9$$

$$m = a_1M + a_2d + a_3v + a_4t + a_5pH + a_6z + a_7u + a_8Al + a_9$$

gdzie:

- b – barwa pozorna wody skoagulowanej,
- m – mętność wody skoagulowanej,
- B – barwa pozorna popłuczyn,
- M – mętność popłuczyn,
- pH – pH popłuczyn,

Tabela 1. Wyniki badań technologicznych procesu koagulacji popłuczyn w skali modelowej (parametry procesu: prędkość wznoszenia 0,6 mm/s; dawka siarczanu glinu 20 g/m<sup>3</sup>)

Numer płukania	Rodzaj analizowanej wody					Wyniki oznaczeń						
	Popłuczyny	Woda po koagulacji po czasie, h					Barwa gPt/m <sup>3</sup>	Mętność g/m <sup>3</sup>	pH	Zasadowość val/m <sup>3</sup>	Utlenialność gO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	Glin gAl/m <sup>3</sup>
		0	0,5	1,0	1,5	2,0						
1	x					120	50	7,2	1,2	8,7	0,10	
		x				10	5	7,3	1,0	2,9	0,10	
			x			10	5	7,3	1,1	2,9	0,10	
				x		15	8	7,3	1,1	3,0	0,10	
					x	15	8	7,3	1,1	3,0	0,15	
						20	10	7,4	1,1	3,0	0,15	
2	x					200	80	7,3	1,4	9,2	0,15	
		x				15	8	7,3	1,2	3,0	0,10	
			x			15	8	7,3	1,2	3,1	0,10	
				x		18	10	7,4	1,2	3,1	0,15	
					x	20	10	7,4	1,2	3,1	0,15	
						25	13	7,4	1,3	3,2	0,15	
3	x					160	80	7,3	1,3	9,0	0,10	
		x				15	8	7,4	1,1	3,0	0,05	
			x			15	8	7,4	1,1	3,0	0,05	
				x		18	10	7,4	1,1	3,1	0,10	
					x	20	10	7,4	1,1	3,1	0,10	
						20	13	7,4	1,1	3,2	0,10	

- z – zasadowość popłuczyn,
- u – utlenialność popłuczyn,
- Al – zawartość glinu w popłuczynach,
- d – dawka koagulantu,
- v – prędkość wznoszenia,
- t – czas nieprzerwanej pracy pulsatora,
- $a_i$  – współczynnik regresji cząstkowej równania barwy pozornej,
- $a_j$  – współczynnik regresji cząstkowej równania mętności.

Po dokonaniu pewnych założeń upraszczających (poprzez obliczenie współczynników korelacji i porównanie ich ze współczynnikami granicznym) i wyznaczeniu współczynników regresji otrzymano równania w postaci:

$$b = 0,01B - 0,21d + 5,58v + 1,88t + 13,66$$

$$m = 0,03M - 0,09d + 3,88v + 1,74t + 4,30$$

### Analiza ekonomiczna

Według cen z 1992 r. szacunkowo przeanalizowano następujące przypadki pracy pulsatora:

- praca przy ciągłym dopływie popłuczyn przy systematycznym płukaniu filtrów,
- praca przy ciągłym dopływie popłuczyn przy okresowym płukaniu filtrów (uwzględniono konieczność zastosowania zbiornika wyrównawczego),
- praca przy nieciągłym dopływie popłuczyn z okresowo płukanych filtrów.

W analizie uwzględniono nakłady inwestycyjne, koszty remontów urządzeń oraz koszty eksploatacji. Najbardziej ekonomicznym rozwiązaniem okazał się wariant tradycyjny, zakładający ciągłą pracę pulsatora przy nieprzerwanym dopływie popłuczyn z systematycznie płukanych filtrów – był on o około 1/3 tańszy (w przeliczeniu na 1 m<sup>3</sup> oczyszczonej wody) od pozostałych wariantów.

### Wnioski

1. Efektywnym sposobem pozwalającym na uzyskanie dobrego stopnia oczyszczania popłuczyn na stacji uzdatniania wody w Goczałkowicach jest ich koagulacja siarczanem glinu.

2. Pulsatory mogą pracować w warunkach nieciągłego dopływu popłuczyn, przy czym barwa pozorna oraz mętność wody

skoagulowanej maleje w miarę zmniejszania się barwy pozornej i mętności popłuczyn, przy mniejszej dawce koagulantu, mniejszej prędkości wznoszenia i krótszym nieprzerwanym czasie pracy pulsatora.

3. Przeprowadzona analiza ekonomiczna wykazała, że najkorzystniejszy jest tradycyjny sposób pracy pulsatora, zakładający ciągły dopływ popłuczyn. Niemniej w przypadku wspomnianych ograniczeń zewnętrznych, pulsatory można eksploatować w zmiennych warunkach zasilania popłuczynami, przy zwiększonych o około 1/3 kosztach.

### LITERATURA

1. B. A. QUAYE: Predicting optimum backwash rates and expansion of multi-media filters. *Wat.Res.*, Vol. 21, No. 9, 1987, pp. 1077-1087.
2. P. A. GRABOWSKI: Substantion of high-rate filter washing time. *Soviet Journal of Water Chemistry and Technology*, Vol. 10, No. 5, 1988, pp.52-57.
3. D. S. BHARGARA: New and rational model for backwash velocity. *Civil Engineering CE32*, No. 4, 1990, pp.187-198.
4. B. E. DULIN, W. R. KNOCKE: Impact of incerpovated organic matter of the dewatering characteristics of aluminium hydroxide sludges. *Journal JAWWA*, Vol. 81, No. 5, 1989, pp.74-79.
5. G. GUERICKE, E. GRONWELD: *Filterruckpulschlamm-Reinigunganlage im Trinkwasserwerk. GWF-Gas und Wasserfach*, t. 120, 3, 1989.
6. A. SYJEW: *Behandlung vof Spulwassern in Trinkwasserdufberreitungsanlage. Wasserwirtsch.Wassertech.*, t. 29, 3, 1985.
7. A. M. MIROKHIM, V. D. RAKHAMIMOV: Method of determinig optimal conditions for filtration dewatering of natural water sludges. *Soviet Journal of Water Chemistry and Technology*, Vol. 9, No. 2, 1987, pp.106-107.
8. *Sludge dewatering - the marketing approach. Water Services*, Vol. 92, No. 1106, 1988, p.177.
9. M. C. KOCH et.al.: Belt filter press dewatering of wastewater sludge. *Journal of Env.Eng.*, Vol. 114, No. 5, 1988, pp.991-1006.
10. J. NICHOLSON, C. J. GOLDBACH: Belt press dewatering of alum sludge proves effective. *Water Engineering nad Management*, Vol. 138, No. 12, 1991, pp.28-31.
11. W. SAWINIĄK, J. PIEGSA, M. SOBCZYK: *Urządzenie modelowe do badań uzdatniania wody. Patent nr 151543, Warszawa 1982.*

### APPLICATION OF PULSATORS TO THE TREATMENT OF BACKWASH EFFLUENTS

*The utilization of backwash water and alum sludge from water treatment plants has become an urgent need. Water treatment plants do not cope very well with the increasing amounts of backwash effluents, a wastewater which is difficult to discharge without environmental implications. On the other hand, the ever increasing shortage of available water resources and, last but not least, the economic aspect of the problem have compelled not only the management, but also environmental scientists to*

*find a satisfactory solution. At the Treatment Plant "Goczałkowice", laboratory investigation were carried out to find an appropriate treatment method and to determine the type and dose of the reagents required. Model tests were run to assess the utility of a pulsator-type contact clarifier. Analysis of results supported by economic considerations has shown that the pulsators can work at non-continuous backwash water supply, and that the overall costs will increase by approximately 33 %.*