

Małgorzata MARKOWSKA, Sylwia WŁODARCZAK, Magdalena MATUSZAK, Andżelika KRUPIŃSKA, Marek OCHOWIAK

e-mail: malgorzata.markowska@doctorate.put.poznan.pl

Institut Technologii i Inżynierii Chemicznej, Wydział Technologii Chemicznej, Politechnika Poznańska, Poznań

## Wpływ położenia przegrody na sprawność oczyszczania cieczy w zmodyfikowanym osadniku wirowym

### Wstęp

Wykorzystanie wód opadowych i powierzchniowych stanowi obszerną tematykę, u której podstawy znajduje się zaspokajanie większości potrzeb ludzkich z punktu widzenia gospodarki wodnej [Walega i in., 2009]. Zagospodarowanie tych wód zgodne jest z zasadami rozwoju zrównoważonego, a także w znaczącym stopniu wspomaga zachowanie w jak największym stopniu naturalnego obiegu wody w środowisku [Sakson i in., 2014]. Dlatego kwestia oczyszczania wód opadowych jest wciąż aktualna, a potrzeba jej rozwoju jak najbardziej uzasadniona. Prowadzone są liczne prace modernizacyjne m.in. oczyszczalni ścieków, mające na celu zwiększenie stopnia oczyszczania strumieni cieczy z różnego typu zlewni, od terenów przemysłowych, poprzez infrastrukturę drogową, do stacji benzynowych [Dz. U. 2006 nr 137 poz. 984, § 19].

Stosowane są różne metody i urządzenia do sedymentacji zanieczyszczeń. W przypadku terenów miejskich czy tych o ograniczonej powierzchni, możliwe jest stosowanie zbiorników sztucznych. Takimi zbiornikami mogą być osadniki wirowe, które ze względu na występowanie ruchu wirowego przedłużają drogę opadających cząstek, przy jednoczesnej oszczędności powierzchni zabudowy w planie takiego aparatu [Li i in., 2008; Purator, 2018].

Celem pracy było skonstruowanie i przebadanie wpływu położenia przegrody wzdłużnej znajdującej się w osi aparatu na sprawność oczyszczania cieczy z frakcji ciężkiej. Przeanalizowane zostały również spiętrzenia cieczy (podnoszenie się poziomu cieczy) i wartości współczynnika oporu dla zadanych obciążeń hydraulicznych.

$$O_h = \frac{\dot{V}}{A_p} \quad (1)$$

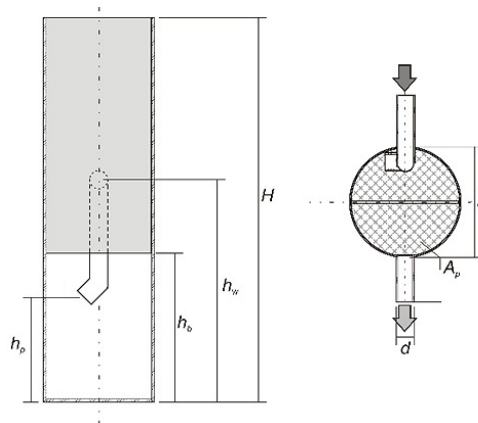
Obciążenie hydrauliczne wyrażane w jednostkach  $[m^3 m^{-2} s^{-1}]$  opisuje zależność objętościowego natężenia przepływu na wlocie od powierzchni przekroju poprzecznego aparatu, lub inaczej powierzchni zabudowy w planie (równ. 1).

### Badania doświadczalne

Opracowano zmodyfikowany osadnik wirowy z zanurzoną króćcem wlotowym przecinającym się promieniowo ze ścianą zbiornika osadnika, który doprowadza zanieczyszczoną ciecz stycznie do osadnika. Aparat zaopatrzone również w przegrodę wzdłużną znajdującą się w osi osadnika – OWZP (Rys. 1). Takie rozwiązanie konstrukcyjne wynika z przeprowadzonych wcześniej badań opisanych w poprzednich pracach [Ochowiak i in., 2017; Ochowiak i in., 2018].

#### Stanowisko pomiarowe

Konstrukcja osadnika opisana jest następującymi parametrami: wysokość całkowita  $H = 0,69$  m, średnica wewnętrzna  $D = 0,19$  m, odległość osi symetrii króćca wlotowego i wylotowego od dna aparatu  $h_w = 0,4$  m, odległość końca króćca wlotowego od dna aparatu  $h_p = 0,2$  m, wysokość przegrody znajdującej się w osi aparatu  $h_b = 0,15; 0,25; 0,3$  lub  $0,35$  m, średnica króćców  $d = 0,028$  m oraz powierzchnia zabudowy w planie  $A_p = 0,028$  m<sup>2</sup> liczona w stosunku do natężenia przepływu, co daje wartość obciążenia hydraulicznego  $O_h = 0,0078\text{--}0,019$  m<sup>3</sup>·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>. Temperatura procesu wynosiła 20°C. Pojedyncza próba trwała 3 min ± 0,25 min. Konstrukcje opisano dla zmieniającej się wysokości przegrody ( $h_b$ ) kolejno od najniższej do najwyższej: OWZP-1, OWZP-2, OWZP-3, OWZP-4.



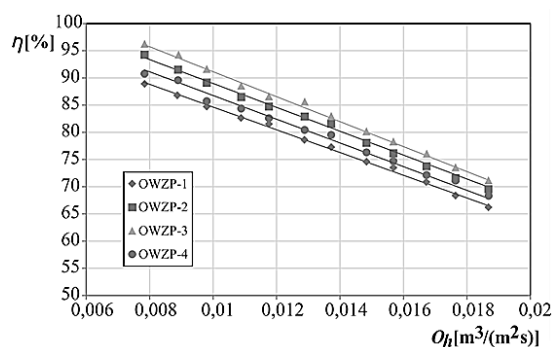
Rys. 1. Schemat konstrukcji modyfikowanego osadnika wirowego z zanurzoną króćcem wlotowym i przegrodą w osi zbiornika aparatu (OWZP)

### Materiał badawczy

Użytym materiałem badawczym jest ciało stałe będące ziarnami kwarcu i skaleni o średniej gęstości 2,6 g·cm<sup>-3</sup>. Cząstki te charakteryzują się owalnymi zarysami. W badaniach użyto różnych frakcji ciała stałego o średnicach cząstek od 100 do 300 μm.

### Wyniki i ich analiza

Przeanalizowano cztery konstrukcje osadnika wirowego różniące się wysokością przegrody w osi zbiornika (OWZP-1, OWZP-2, OWZP-3, OWZP-4). Wszystkie przebadane konstrukcje osadników charakteryzują się wysoką sprawnością oczyszczania strumienia cieczy z frakcji ciężkiej, która była zależna od zadanego obciążenia hydraulicznego. Wartości te malały ze wzrastającym obciążeniem.



Rys. 2. Zależność sprawności oczyszczania przebadanych konstrukcji od zadanego obciążenia hydraulicznego dla cząstek ciała stałego o średnicy 125 μm

Określono, że najwyższym stopniem oczyszczania charakteryzuje się osadnik wirowy z przegrodą umieszczoną na wysokości 0,3 m (OWZP-3), czyli dokładnie w połowie pomiędzy ujściem z króćca wlotowego a króćcem wylotowym. Dla tego przypadku przy najwyższej wartości  $O_h$  dla frakcji o najmniejszej średnicy sprawność wynosiła  $\eta = 70\%$ . Porównanie sprawności separacji przebadanych konstrukcji przedstawiono na rysunku 2. Sprawność oczyszczania wyrażona procentowo to stosunek masy materiału badawczego pozostałego w osadniku po przeprowadzonej próbie do masy mate-

riału badawczego wprowadzanego do strumienia cieczy przed osadnikiem:

$$\eta = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100\% \quad (2)$$

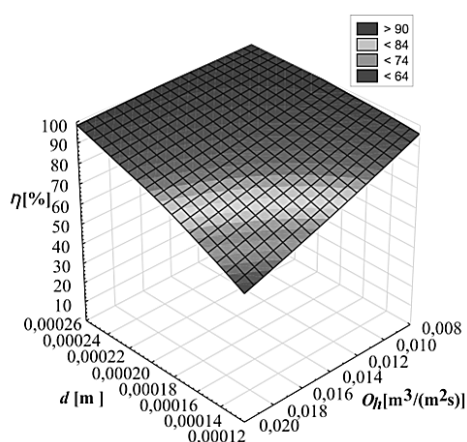
gdzie:

$\eta$  – sprawność oczyszczania osadnika wirowego, [%];

$m_1$  – masa ciała stałego dodawanego na wejściu do aparatu, [kg];

$m_2$  – masa ciała stałego odbierana na wyjściu z aparatu, [kg].

Sprawności oczyszczania cieczy z zanieczyszczeń ciała stałego są również zależne od wielkości cząstek. Dla określonych średnic i zadanych obciążeń hydraulicznych wyznaczono zależności w postaci wykresów powierzchniowych. Na rys. 3 przedstawiono przykładową zależność dla konstrukcji osadnika charakteryzującą się najwyższą sprawnością (OWPZ-3). Stwierdzono, że stopień oczyszczania z frakcji ciężkiej maleje przy zmniejszającej się średnicy cząstek ciała stałego, jak i również przy wzrastającym obciążeniu hydraulicznym.

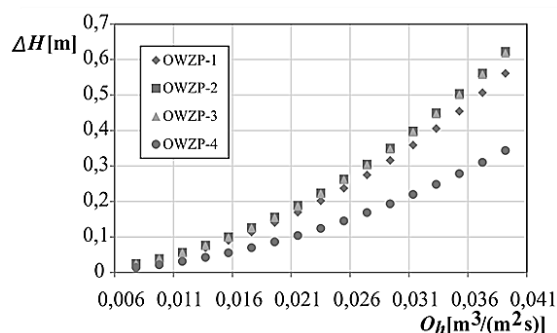


Rys. 3. Zależność sprawności oczyszczania cieczy z frakcji ciała stałego od wartości średnicy cząstek zanieczyszczeń i zadanego obciążenia hydraulicznego – OWPZ-3

Podczas analizy procesu separacji, stwierdzono, że skonstruowane osadniki charakteryzują się prawie 100% stopniem oczyszczania strumienia cieczy dla cząstek o średnicy większej niż 250  $\mu\text{m}$ , nawet przy najwyższej badanej wartości obciążenia hydraulicznego.

Przeprowadzone badania oporów przepływu wykazały, że najniższymi spiętrzeniami cieczy charakteryzuje się konstrukcja z przegrodą położoną najwyżej ( $h_b = 0,35$  m) – OWPZ-4. Wartość współczynnika oporu lokalnego dla tej konstrukcji wynosi  $\xi = 2,06 \pm 0,28$ .

Wysokości spiętrzenia cieczy w zbiorniku osadnika mierzono od poziomu zerowego, który jest równy odległości króćca wlotowego od dna aparatu. Wyniki uzyskane dla przebadanych konstrukcji pod względem wysokości spiętrzenia cieczy w zbiorniku osadnika przy zadanym obciążeniu hydraulicznym zestawiono na rys. 4.



Rys. 4. Zależność wysokości spiętrzenia cieczy w zbiorniku osadnika od obciążenia hydraulicznego dla przebadanych konstrukcji osadnika wirowego

Wartości współczynnika oporu wyznaczono z zależności:

$$\xi = \frac{2g\Delta H}{w^2} \quad (3)$$

gdzie:

$\Delta H$  – wartość wysokości spiętrzenia cieczy w osadniku, [m];

$g$  – przyspieszenie grawitacyjne, [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ ];

$w$  – prędkość liniowa przepływu na dopływie do osadnika, [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ].

## Podsumowanie

W pracy przedstawiono zmodyfikowane rozwiązania konstrukcyjne osadnika wirowego oraz wyniki badań doświadczalnych używanych sprawności procesu separacji cieczy i ciała stałego przy zadanym obciążeniu hydraulicznym. Modyfikacje konstrukcyjne polegały na zastosowaniu przegrody wzdłużnej i zmianie wysokości jej położenia w zbiorniku urządzenia. Wykazano, że

- sposób umiejscowienia elementów konstrukcyjnych jest istotny i może skutkować zwiększeniem lub zmniejszeniem sprawności separatora wirowego,
- wzrost obciążenia hydraulicznego skutkuje zwiększeniem wartości spiętrzenia cieczy w separatorze oraz malejącymi wartościami sprawności oczyszczania strumienia cieczy z frakcji ciała stałego,
- stopień zatrzymania cząstek ciała stałego w zbiorniku osadników maleje wraz ze zmniejszającą się średnicą cząstek,
- konstrukcją charakteryzującą się najwyższą sprawnością okazała się ta, posiadająca przegrodę na wysokości pośrodku ujściem króćca wlotowego do zbiornika a króćcem wylotowym (OWPZ-3).

Zastosowanie przegrody jest uzasadnione pod względem potencjalnego użycia osadników wirowych do dodatkowego oczyszczania strumienia z frakcji lekkiej np. substancji ropopochodnych według norm krajowych i europejskich [Rozporządzenie MŚ, 2006]. Wynika to z konieczności ograniczenia emisji ropopochodnych, gdyż w przypadku ich obecności w środowisku występują rozlewiska mające toksyczne działanie na wszelkie organizmy żywe. Istniejące na rynku separatory mogą odbierać ścieki opadowe, przemysłowe lub energetyczne [Piekutin, 2013; Włodarczyk-Makuła, 2016], jednakże stopień sprawności oczyszczania przy ich użyciu jest poniżej oczekiwania. Z tego powodu, uzasadnionym jest przeprowadzenie dalszych badań nad zmodyfikowanymi osadnikami wirowymi pod względem separacji ciał stałych i cieczy.

## LITERATURA

- Li Y., Kang J-H., Lau S-L., Kayhanian M., Stenstrom M.K., (2008). Optimization of settling tank design to remove particles and metals. *J. Environ. Eng.* 134, 885-894. DOI: 10.1061/(ASCE)0733-9372(2008)134:11(885)
- Ochowiak M., Matuszak M., Włodarczyk S., Ancukiewicz M., Krupińska A., (2017). The modified swirl sedimentation tanks for water purification. *J. Environ. Manage.*, 189, 22-28. DOI: 10.1016/j.jenvman.2016.12.023
- Ochowiak M., Markowska M., Matuszak M., Włodarczyk S., (2018). Analiza pracy zmodyfikowanego separatora wirowego. *Inż. Ap. Chem.*, 57(1), 12-13
- Piekutin J., (2013). Oczyszczanie wód opadowych z substancji ropopochodnych. *Ekonomia i Środowisko*, 47(4), 60-66
- Purator Polska Ekotechnika Sp. z o.o. *Karta katalogowa Separator Blue SB03K-10-06-110/160N* (07.2018): <http://purablue.pl/blue.html>
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego, *Dz. U.* 2006 nr 137 poz. 984, § 19
- Sakson G., Zawilski M., Badońska E., Brzezińska A., (2014). Zanieczyszczenie ścieków opadowych jako podstawa wyboru sposobu ich zagospodarowania. *Czasopismo Inżynierii Łądowej, Środowiska i Architektury*, 61, 253-264. DOI: 10.7862/rb.2014.60
- Wałęga A., Chmielowski K., Satora S., (2009). Stan gospodarki wodno-ściekowej w Polsce w aspekcie wdrażania ramowej dyrektywy wodnej. *Infrastruktura i ekologia terenów wiejskich*, 4, 57-72
- Włodarczyk-Makuła M., (2016). Zagrożenie zanieczyszczenia środowiska wodnego związkami ropopochodnymi. *LAB Laboratoria, Aparatura, Badania*, 21, 1, 12-16

Praca została wykonana w ramach działalności statutowej nr 03/32/DSPB/0802 finansowanej przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.