

Marek OCHOWIAK, Magdalena MATUSZAK, Sylwia WŁODARCZAK,
Małgorzata ANCUKIEWICZ, Anna GOŚCINIĄK

e-mail: marek.ochowiak@put.poznan.pl

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

Badania sprawności oczyszczania strumienia wód opadowych w osadnikach-piaskownikach wirowych

Wstęp

Proces zagęszczania zawiesin oraz ich usuwania z oczyszczanej wody zachodzi w urządzeniach zwanych osadnikami. Ich zadaniem jest zatrzymywanie zawiesin ciała stałego łatwo opadających, naturalnych lub wytworzonych w procesie koagulacji i chemicznego strącania związków trudno rozpuszczalnych. Osadniki mają szerokie zastosowanie m.in. w układach oczyszczania wód podziemnych i powierzchniowych. Aparaty te mogą pracować w sposób okresowy, półciągły lub ciągły [Anielak, 2000]. Sprawność sedymentacji η jest zależna od rodzaju cząstek sedymentujących oraz od czasu trwania procesu i określana jest jako [Kuropka, 1989]:

$$\eta = \frac{m_z}{m_o} \cdot 100\% \quad (1)$$

gdzie: m_z – masa ciała stałego zatrzymanego w osadniku, [kg]

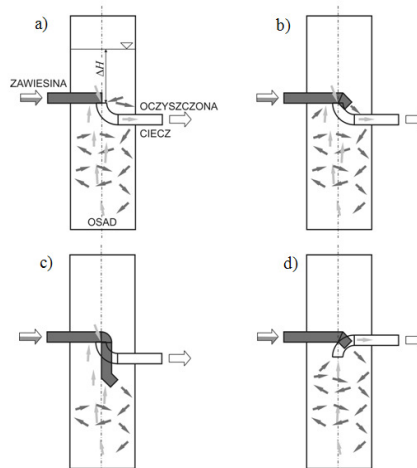
m_o – masa ciała stałego w wodzie na wlocie do osadnika, [kg].

Osadniki wirowe oferowane przez wiele firm przeznaczone są do wylapywania zanieczyszczeń stałych, osadów, zawiesin ze ścieków deszczowych i roztopowych, a także ze ścieków technologicznych płynących grawitacyjnie kanalizacją. Osadniki te są odpowiednim rozwiązaniem na terenie zurbanizowanym, gdzie wymagane są urządzenia o dużej efektywności i stosunkowo małych gabarytach [Kotowski, 2015]. Dzięki ich konstrukcji uzyskiwana jest wysoka sprawność separacji zawiesin przy występujących dużych obciążeniach hydraulicznych. Osadniki wirowe z zasady charakteryzują się wysoką skutecznością oczyszczania, mniejszą od pozostałych osadników powierzchnią zabudowy w planie, możliwością umieszczenia wlotu do osadnika pod dowolnym kątem, co usprawnia podłączenie go do sieci kanalizacyjnej, a także łatwą eksploatacją [Pur Aqua System, 2016; Eco-Tech, 2016].

Celem pracy było skonstruowanie i eksperymentalne wyznaczenie sprawności oczyszczania wody z zanieczyszczeń ciałem stałym jednokomorowych osadników wirowych. Przeprowadzone zostały badania wpływu konstrukcji osadnika i objętościowego strumienia cieczy na sprawność oczyszczania strumienia z zanieczyszczeń modelowymi cząstkami ciała stałego o różnych średnicach. Omówione zostały ponadto spiętrzenia cieczy w przebadanych konstrukcjach osadników wirowych.

Badania doświadczalne

Stanowisko badawcze. Przebadane konstrukcje osadników pokazano na rys. 1. Badania doświadczalne przeprowadzono dla czterech cylindrycznych osadników wirowych o średnicy wewnętrznej 0,19 m i całkowitej wysokości 0,65 m. Wysokość czynna aparatu wynosiła 0,4 m. Osadniki różniły się między sobą konstrukcją króćców wlotowego i wylotowego. Króćce wlotowy i wylotowy miały średnicę 0,032 m. Przebadano następujące osadniki: standardowy osadnik wirowy (OW), osadnik z kolankiem kierunkowym (OWK), osadnik z rurą profilowaną (OWR) oraz osadnik z kolankiem kierunkowym i odwróconym króćcem wylotowym (OWKR). Króciec wlotowy umieszczono na wysokości 0,4 m od dna urządzenia. We wszystkich osadnikach zawierających kolanko kierunkowe rurę stanowiącą króciec wlotowy zakończono kolankiem o kącie nachylenia 45° względem poziomu oraz odchylonym pod kątem około 30° względem pionu. W osadniku OWR rura wlotowa od osi osadnika skierowana jest pionowo w dół (długość 0,1 m), i zakończona jest wspomnianym wyżej kolankiem.



Rys. 1. Badane osadniki wirowe: a) OW, b) OWK, c) OWR, d) OWKR

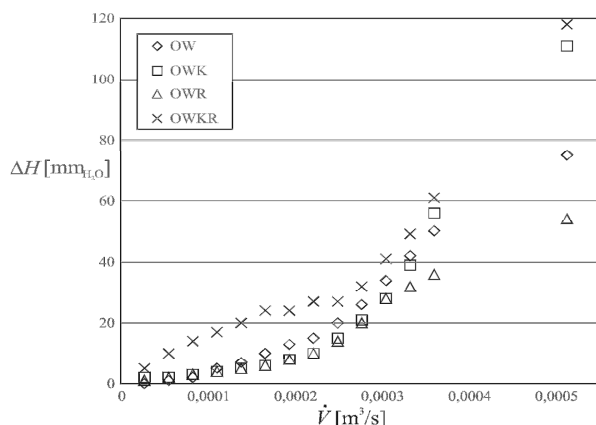
Zanieczyszczony strumień (zawierający zadaną frakcję ciała stałego) podawano do osadnika króćcem zaznaczonym na rys. 1 kolorem szarym. Oczyszczony strumień cieczy opuszczał osadnik króćcem wylotowym (zaznaczonym kolorem białym) znajdującym się w osi aparatu. Wielkościami mierzonymi były: średnice ziaren ciała stałego, masa ciała stałego wprowadzanego do strumienia cieczy i opuszczającego osadnik, objętościowy strumień cieczy \dot{V} , spiętrzenie ΔH oraz temperatura procesu.

Materiał badawczy stanowiły piaski, które pochodzą z okolic Mielna koło Koszalina. Zanieczyszczenia stanowiły nadmorskie piaski plażowe o dobrze obtoczonych ziarnach. Ich charakterystykę przedstawiono we wcześniejszej pracy [Ochowiak i in., 2016]. Analizę sitową piasku przeprowadzono za pomocą zestawu sit i wytrząsarki sitowej AS 200 firmy Retsch. Do pomiaru masy zawiesiny służyła precyzyjna waga typu Radwag PS 210/C/2 mierząca masę z dokładnością do $\pm 0,001$ g.

Zakres badań. Ocenę sprawności osadników przeprowadzono dla zadanych frakcji zawiesiny o średnicach ziaren: 125, 175, 250 i 400 μm . Badania przeprowadzono w zakresie zmienności objętościowego strumienia wody od $2,8 \cdot 10^{-5}$ do $5,1 \cdot 10^{-4}$ [m^3/s]. Temperatura cieczy wynosiła 20°C.

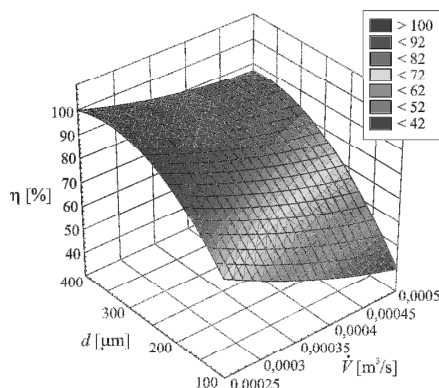
Wyniki i ich analiza

Na rys. 2 przedstawiono zależność spiętrzenia cieczy w osadnikach od strumienia cieczy. Wykazano, że wraz ze zwiększaniem natężenia przepływu cieczy (obciążenia hydraulicznego aparatu) wzrasta spiętrzenie cieczy w zbiorniku. Najmniejszymi spiętrzeniami cieczy charakteryzuje się osadnik OWR, gdzie zastosowano najbardziej skomplikowaną rurę wlotową. Największe spiętrzenia zaobserwowano dla konstrukcji OWKR, a niewiele mniejsze dla konstrukcji OWK. Wynika z tego, że dodatkowe kolanko na wlocie przyczynia się do wzrostu wartości spiętrzeń cieczy w porównaniu do rozwiązania klasycznego OW. Odwrócenie króćca wylotowego (OWKR) w stosunku do podobnego rozwiązania konstrukcyjnego z rurą wylotową skierowaną ku górze (OWK) również przyczynia się do zwiększenia wartości spiętrzenia cieczy w osadniku. Na rys. 3 i 4 przedstawiono przykładowe zależności sprawności osadników od strumienia cieczy i średnic cząstek zadanej frakcji ciała stałego.

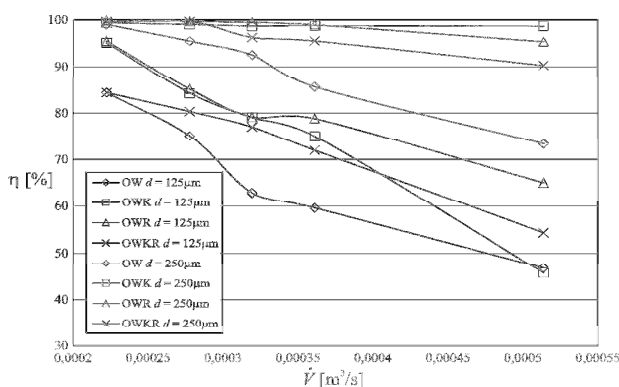


Rys. 2. Zależność spiętrzenia cieczy w badanych osadnikach od objętościowego strumienia cieczy

Spośród przebadanych osadników najmniejszą sprawnością dla wszystkich przebadanych frakcji ciała stałego charakteryzował się osadnik wirowy OW. Jest on powszechnie używany w systemach oczyszczania ścieków. Pod względem konstrukcyjnym jest on najprostszym osadnikiem z przedstawionych w niniejszej pracy. Oznacza to, że koszt jego budowy jest najmniejszy, jednakże uzyskuje się najmniejszą sprawność oczyszczania zanieczyszczonego strumienia cieczy.



Rys. 3. Zależność sprawności oczyszczania strumienia z zanieczyszczeń w badanych osadnikach od objętościowego strumienia cieczy dla cząstek ciała stałego o średniej średnicy 175 μm



Rys. 4. Zależność sprawności oczyszczania strumienia z zanieczyszczeń w osadniku OW od objętościowego strumienia cieczy i rozmiarów cząstek ciała stałego

Dodanie kolanka kierunkowego do osadnika OW (osadnik OWK) przyczyniło się do wzrostu sprawności oczyszczania cieczy. Spowodowane to było ukierunkowaniem strumienia wlotowego ku dołowi osadnika, co przyczyniło się do zmniejszenia masy cząstek ciała stałego przedostających się z górnej części osadnika, tuż po wpłynięciu do niego, od razu do króćca wylotowego.

Przykładowo dla frakcji cząstek ciała stałego 250 μm osadnik OWR osiągał sprawność dążącą do 100%. Osadnik ten charakteryzował się największymi sprawnościami spośród przebadanych konstrukcji dla

cząstek o najmniejszych średnicach. Cząstki trafiały na włocie na większą głębokość niż w pozostałych konstrukcjach. Ponadto wpadające przez rurę wlotową cząstki ciała stałego o niewielkich rozmiarach nie były kierowane w okolice króćca wylotowego, przez co sprawność osadnika dla małych cząstek była stosunkowo duża. Oznacza to, że możliwe jest zadanie wysokich obciążeń hydraulicznych przy jednoczesnym zachowaniu satysfakcjonującej wydajności aparatu. Taka budowa charakteryzuje się jednak bardziej skomplikowanym układem wprowadzania zanieczyszczonej cieczy, co może powodować wzrost kosztów budowy urządzenia.

Osadnik OWKR dla ziaren o średnicy 250 μm osiągał sprawność zbliżoną do osadnika OWR, jednak konstrukcja ta charakteryzowała się dużym spadkiem sprawności oczyszczania dla najmniejszych cząstek ciała stałego. Spowodowane to było odwróceniem króćca wylotowego ku dołowi osadnika, wytwarzającym się lejem i zasysaniem cząstek ciała stałego z dolnej części osadnika. Widoczne to było szczególnie przy większych wartościach strumienia cieczy.

Im mniejsze cząstki tym trudniejszy stawał się proces oczyszczania, gdyż ze względu na swój niewielki ciężar cząstki te tworzyły jeden strumień wraz z oczyszczaną cieczą. Większe cząstki łatwiej osiadały na dnie osadnika, czego efektem była wysoka sprawność oczyszczania zanieczyszczonej cieczy z większych cząstek.

Wzrost strumienia cieczy powodował zmniejszenie sprawności osadnika wirowego, ponieważ burzliwy charakter przepływu i intensywny strumień cieczy porwały wpadające cząstki ciała stałego do osadnika i wymywały je ze zbiornika poza układ oczyszczania.

Podsumowanie i wnioski

W pracy przedstawiono cztery konstrukcje osadników wirowych, badania spiętrzeń cieczy oraz sprawności oczyszczania strumienia zanieczyszczonej cieczy. Modyfikacje konstrukcji miały na celu przede wszystkim zwiększenie sprawności aparatów w odniesieniu do standardowego osadnika wirowego. Analiza uzyskanych danych pozwoliła na sformułowanie następujących wniosków:

- spiętrzenie cieczy w osadniku wzrasta ze wzrostem strumienia cieczy na włocie oraz zależy od konstrukcji osadnika,
- sprawność osadników wzrasta ze wzrostem średnic cząstek ciała stałego,
- wzrost strumienia cieczy powoduje zmniejszenie sprawności osadnika wirowego,
- najlepszą konstrukcją okazał się osadnik OWR ze względu na najmniejsze występujące spiętrzenia cieczy, nawet przy wysokich natężeniach przepływu oraz najwyższą sprawność oczyszczania strumienia cieczy dla cząstek ciała stałego o najmniejszych średnicach,
- ciekawym zabiegiem konstrukcyjnym wydaje się być odwrócenie króćca wylotowego, szczególnie w przypadku oczyszczania strumieni z zanieczyszczeń o stosunkowo dużych średnicach.

Projektowanie, konstruowanie oraz badania osadników wirowych mogą znacząco przyczynić się do poprawy efektywności usuwania zanieczyszczeń z cieczy oraz ewentualnego zmniejszenia gabarytów urządzeń. Wysoką sprawność separacji zawiesin przy występujących dużych obciążeniach hydraulicznych można uzyskać poprzez niewielkie modyfikacje konstrukcji. Zatem dalsze badania innych konstrukcji osadników oraz cieczy o różnych właściwościach fizykochemicznych wydają się być uzasadnione.

LITERATURA

- Anielak A., (2000). *Chemiczne i fizykochemiczne oczyszczanie ścieków*. PWN, Warszawa
- Eco-Tech Sp. z o.o. Sp. k., *Osadnik wirowy Eco-Tech* (03.2016): <http://www.eco-tech.pl>
- Kotowski A., (2015). *Podstawy bezpiecznego wymiarowania odwodnień terenów*, t. II. Wyd. Seidel-Przywecki, Warszawa
- Kuropka J., (1989). *Oczyszczanie gazów odlotowych z zanieczyszczeń gazowych*, Wydawnictwo Pol. Wrocławskiej, Wrocław
- Pur Aqua System Sp. z o.o., *Osadniki wirowe PUR-OW* (3.2016): <http://www.puraqua.pl/osadniki-wirowe.html>
- Ochowiak M., Broniarz-Press L., Nastenka O.V., (2016). Oczyszczanie strumienia powietrza w cylindrycznym odpylaczu komorowym. *Inż. Ap. Chem.*, 55(2), 66-67

Praca wykonana w ramach działalności statutowej Politechniki Poznańskiej 03/32/DSMK/0622.