

Zbigniew Dąbek, Jan Pawełek

**SEPARACJA FAZY STAŁEJ ZE ŚCIEKÓW BYTOWYCH
W PRZYDOMOWEJ OCZYSZCZALNI**

***SEPARATION OF THE SOLID PHASE
FROM THE DOMESTIC SEWAGE IN THE HOUSEHOLD
SEWAGE TREATMENT PLANT***

Streszczenie

Przedstawiono wyniki badań eksperymentalnych nad separacją fazy stałej ze ścieków odprowadzanych do przydomowych oczyszczalni. Na ich podstawie zaproponowano modyfikację ciągu technologicznego przydomowej oczyszczalni poprzez zastosowanie do separacji fazy stałej ze ścieków dodatkowego urządzenia - separatora Aquatron wykorzystującego zjawisko Coandy. Podstawą propozycji były wyniki modelowych badań laboratoryjnych dotyczące skuteczności separacji. Badania przeprowadzono dla zmiennego spadku przewodu dopływowego (1,0–5,0%), różnych objętości ścieków i zawartości fazy stałej. Wyniki badań wykazały możliwość zmniejszenia ładunku zawiesin w przedziale 94,9–97,3%.

Słowa kluczowe: ścieki bytowe, separacja, zawiesina

Summary

The paper presents the results of the experiment on the separation of the solid phase from the sewage disposed to the household sewage treatment plant. On the basis of the results the modification of the treatment plant's technological chain was proposed by the appliance of the additional device – Aquatron separator, which uses the Coanda effect, for solid phase separation from the sewage. The results of the model laboratory analyzes on the separation efficiency were the basis for this proposition. The research was carried out for the changeable drop of the inlet pipe (1,0–5,0%), different volume of the sewage and the solid phase content. The research results showed the possibility of 94,9–97,3% reduction of the suspended solids' load.

Key words: domestic sewage, separation, suspension

WPROWADZENIE

Wybór sposobu odprowadzenia i oczyszczania ścieków z budynków na terenach wiejskich jest uzależniony od przeprowadzonej analizy techniczno-ekonomicznej. Na jej wyniki istotny wpływ mają lokalne warunki, z których najważniejszą jest odległość między budynkami. W praktyce stosowana jest kanalizacja zagrodowa, osiedlowa i grupowa. Kanalizacja zagrodowa jest rozwiązaniem, w którym ścieki są oczyszczane i zagospodarowywane na terenie posesji. Uwzględniając istniejącą w Polsce rozproszoną zabudowę na terenach wiejskich, korzystanie z systemów zagrodowych musi obejmować znaczną część mieszkańców wsi [Pawełek 2007]. W wielu ośrodkach naukowych prowadzone są badania nad tego typu systemami, a ich celem jest doskonalenie ich budowy w świetle poprawy sprawności działania [Chmielowski 2007; Bugajski 2005; Siemieniec 2003; Józwiakowski 2008].

Wybór odpowiedniej oczyszczalni wymaga określenia ilości odprowadzanych ścieków, wielkości działki, technologii oczyszczania oraz możliwości finansowych inwestora [Grunwald 2006; Heidrich, Stańko 2006]. Podstawowe urządzenia mogą:

- odprowadzać ścieki podczyszczone do gruntu na własnej działce inwestora,
- gromadzić ścieki w bezodpływowym zbiorniku,
- odprowadzać oczyszczone ścieki do zewnętrznego systemu wodnego, poza działkę.

O ile rozsącanie w gruncie wymaga zgłoszenia budowy z niezbyt uciążliwymi obostrzeniami, o tyle odprowadzanie ścieków do systemu wodnego jest przedsięwzięciem z zakresu prawa wodnego o dużo wyższych uwarunkowaniach. Najdogodniejszą więc formą jest zgłoszenie budowlane oczyszczalni przydomowej, realizującej funkcje oczyszczania ścieków na ograniczonej powierzchni.

Wszystkie rozwiązania oczyszczania ścieków w warunkach zagrodowych wymagają separacji fazy stałej. Proces ten jest pierwszym w ciągu technologicznym oczyszczalni. Powszechnie stosowanym rozwiązaniem jest sedymentacja w osadnikach, w których poprzez odpowiedni czas zatrzymania ścieków uzyskujemy wydzielenie fazy stałej na drodze sedymentacji. Sprawność tego procesu zależy od czasu zatrzymania ścieków w osadniku, który jest powiązany z jego objętością czynną i natężeniem przepływu ścieków. Autorzy pracy postawili tezę o możliwości zastąpienia osadnika przez inne urządzenie, które z co najmniej podobnym efektem będzie separować fazę stałą, przy porównywalnych kosztach inwestycyjnych i złożoności eksploatacji.

Celem pracy jest przedstawienie i udokumentowanie propozycji dotyczącej modyfikacji ciągu technologicznego przydomowej oczyszczalni, uwzględniającej wprowadzenie do eliminacji fazy stałej ścieków separatora Aquatron,

wykorzystującego zjawisko Coandy. W pracy przedstawiono wyniki badań eksperymentalnych wstępnej separacji fazy stałej ścieków, odprowadzanych do przydomowych oczyszczalni. Na podstawie uzyskanych wyników dotyczących sprawności separacji zaproponowano rozwiązania dotyczące zmniejszonego obciążenia ładunkiem zanieczyszczeń tego typu oczyszczalni.

METODYKA BADAŃ

Dla potrzeb realizacji postawionego celu przeprowadzono modelowe badania laboratoryjne w Laboratorium Hydrotechnicznym Wydziału Inżynierii Środowiska i Geodezji na specjalnie wykonanym stanowisku badawczym przedstawionym na rysunku 1. Zbudowano je na stelażu-stojaku. Separator utwierdzono dwoma 8 mm espadetami gumowymi, dla spełnienia warunku jego elastycznego mocowania i zwiększenia odporności na uderzenia hydrauliczne (rys. 2). W badaniach użyto standardowego górnopłuku o objętości 8 dm³. Próbki będące substytutem materiału organicznego wprowadzono z wykorzystaniem wrzutni do rurociągu PCV 110 mm, doprowadzającego ścieki do separatora. Rurociąg doprowadzający posiadał długość 4,7 m.

W badaniach zastosowano separator faz, model Aquatron 90, składający się z części górnej i dolnej połączonych pionowym przewodem. Część górna mająca kształt torusa o promieniu 175 mm przejmuje ścieki radialnym króćcem wlotowym o średnicy 110 mm.

Torus w dolnej części przechodzi łagodnym promieniem w pionową rurę. Wirowy kierunek przepływającej strugi w rurze pionowej przegradza cienkościenny wewnętrzny pierścień stalowy z szeregiem promieniowo ustawionych cienkich drucików (diafragma), stanowiących rodzaj palisady dla przepływających cząstek substratu. Krzywoliniowa powierzchnia przejścia dolnej części torusa w rurę o średnicy 150 mm stanowi obszar działania efektu Coandy. Struga, wirując wewnątrz torusa, wykonuje dwa pełne obroty, po czym wpływa w obszar efektu Coandy, napotyka igielki diafragmy i przepływa do rury pionowej. Przyczyną odrywania się w tym miejscu cienkich strużek wody, jest naruszenie napięcia powierzchniowego i utrata energii pędu przez część cząstek wody, w zderzeniu z przeszkodą, prostopadle do powierzchni spływu ustawionej palisady igiełek diafragmy. O ile diafragma jest skuteczna dla odseparowania cząstek stałych o tyle jej obecność skutkuje zwiększeniem udziału wody w odseparowanym materiale, a przy przepływie przez separator wody bez cząstek stałych, zatrzymuje część wody, kierując ją do zbiornika gromadzącego materiał stały. Wytracone ze ścieków cząstki stałe, tracąc pęd strugi i nie wirując, wypadają grawitacyjnie na zewnątrz, przez usytuowaną centralnie w dnie zbiornika pionową rurę, jako wydzielony materiał, tzw. separat. Struga po przepłynięciu przez diafragmę, wirując w pionowej rurze łączącej część górną i dolną, dociera do dolnej części separatora. Wpływa w rozchodzącą się kielichowo część dolną

zwaną zbiornikiem, wykonuje jednocześnie po jego nadwieszonej łukowo stronie ponownie pracę na powierzchni Coandy. W zbiorniku struga zostaje skierowana do otworu wypływowego.



Rysunek 1. Stanowisko badawcze
Figure 1. Research station



Rysunek 2. Fragment stanowiska badawczego z separatorem fazy stałej
Figure 2. Part of the research station with the solid phase separator

Badania polegające na określeniu stopnia rozdziału fazowego substytutu ścieków wykonano, posługując się przygotowanym zastępczym materiałem organicznym, składającym się z groszku konserwowanego i papieru toaletowego. Prowadzone badania polegały na określeniu stopnia rozdziału fazowego substytutu ścieków, poprzez zrzut określonej ich objętości ze zbiornika (górnopłuku), zlokalizowanego na zmiennej wysokości nad separatorem. Dopływ do separatora odbywał się przy określonym zmiennym spadku rury dopływowej. Badania przeprowadzono formie 4 serii, dla czterech różnych spadków przewodu dopływowego i pięciu prób w każdej z nich. Szczegółowy opis prowadzonych badań podano w innej pracy [Dąbek 2008].

WYNIKI BADAŃ I ANALIZA

Wyniki badań dotyczące rozdziału fazowego substytutu ścieków o oznaczonej suspensji przedstawiono w tabeli 1. Badania przeprowadzono w 4 seriach (dla czterech spadków przewodu dopływowego do separatora: 1,0; 1,5; 2,0; 5,0%), wykonując pięć prób w każdej serii.

Tabela 1. Średnie wielkości oddzielonego separatu i zatrzymanej wody podczas separacji fazy stałej z substytutu ścieków bytowych

Table 1. Average amounts of the separated solid phase and the water during the solid phase separation from the domestic sewage substitute

Spadek przewodu dopływowego [%]	Skład substytutu ścieków			Wyniki badań		
	woda [dm ³]	groszek [kg]	papier [kg]	skład separatu [dm ³]		natężenie strugi [dm ³ ·s ⁻¹]
				Frakcja stała	Woda	
1,0	4,8	0,09	0,007	0,132	0,156	0,902
1,5	6,0	0,14	0,014	0,204	0,274	0,822
2,0	6,0	0,18	0,014	0,213	0,238	0,788
5,0	8,0	0,36	0,020	0,493	0,505	0,829

Podczas badań wykonano wiele pomiarów, a następnie, w celu określenia sprawności separacji, przeprowadzono obliczenia, posługując się wzorem na sprawność względną, czyli procentowy udział frakcji stałej odseparowanej ze ścieków przez separator:

$$\eta_s = (1 - S_k/S_p) \cdot 100 [\%]$$

gdzie:

- S_p – średnie stężenie zawiesin w ściekach surowych [g·dm⁻³],
- S_k – średnie stężenie zawiesin w ściekach po separacji [g·dm⁻³].

Z odseparowanym materiałem zatrzymywana jest niewielka część wody, która zwiększa objętość separatu, a zatem ma wpływ na konieczną objętość zbiornika do jego gromadzenia. Tak jak w przypadku frakcji stałej, im więcej jej wydzielimy ze ścieków, tym sprawność separatora jest wyższa, tak w przypadku fazy płynnej jest odwrotnie bowiem im mniej tej fazy zatrzyma separator tym korzystniej. Dla wyników uzyskanych z przeprowadzonych prób obliczono, jaki jest względny udział wytrąconej wody w separatorze w odniesieniu do odprowadzanych ścieków. Obliczenia wykonano, korzystając z zależności:

$$\eta_w = (W_k / W_p) \cdot 100 \quad [\%]$$

gdzie:

- W_k – objętość wody zatrzymanej w separatorze [dm^{-3}],
 W_p – objętość wody użytej do spłukania [dm^{-3}].

Wyniki obliczeń obejmujące sprawność separacji fazy stałej a także „sprawność” zatrzymywania frakcji płynnej zestawiono w tabeli 2, która zawiera średnie wartości dla poszczególnych serii badawczych.

Tabela 2. Sprawność separacji w zależności od spadku przewodu dopływowego
Table 2. Relationship of the separation efficiency and the inlet pipe's drop

Lp.	Spadek przewodu dopływowego [%]	Sprawność masowa	
		frakcja stała η_s [%]	woda szara η_w [%]
1	1,0	97,30	3,19
2	1,5	96,17	4,37
3	2,0	96,07	3,77
4	5,0	94,90	6,03

Poszczególne serie badawcze różniły się spadkami przewodu dopływowego oraz składem i objętością substytutu ścieków. Analizując uzyskane wyniki badań poszczególnych prób, a także średnie wartości dla poszczególnych serii badawczych należy zauważyć że:

– Separator faz model Aquatron 90 charakteryzuje wysoka sprawność w separacji fazy stałej ze ścieków bytowych, bowiem jest ona na poziomie od 94,9 do 97,3%. Sprawność ta przy porównaniu z innymi urządzeniami stosowanymi w oczyszczaniu ścieków [Mołoniewicz 1979] jest bardzo wysoka, co upoważnia do szerokiego stosowania takiego sposobu separacji fazy stałej ze ścieków bytowych.

– Sprawność separacji ma związek z prędkością strugi, objętością wody spłukującej i masą frakcji stałej.

Wzrost spadku przewodności dopływowej, a zatem prędkości strugi powoduje niewielkie zmniejszenie sprawności separacji, przy wzrostowym trendzie w zatrzymywaniu wody szarej.

WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań, wpływu wybranych czynników na separację fazy stałej ze ścieków bytowych w separatorze z efektem Coandy, można przedstawić następujące wnioski:

1. Uzyskiwany wysoki stopień sprawności separacji fazy stałej ze ścieków bytowych w separatorze z efektem Coandy model Aquatron 90, upoważnia do szerokiego jego wprowadzenia jako urządzenia do wstępnej separacji fazy stałej ze ścieków w przydomowych lub małych osiedlowych oczyszczalniach ścieków.

2. W badaniach laboratoryjnych najskuteczniej została rozdzielona faza stała, w przypadku spadku przewodności doprowadzającego 1%. Oznacza to, że spadek przewodności dopływowej ma bardzo istotny wpływ na objętość separatu, bowiem wraz z substratem zostały zatrzymane ścieki w ilości 3,19%.

3. Zastosowany w systemie oczyszczalni przydomowej separator fazy stałej pozwala zminimalizować wielkość sedymentowanego osadu do ponad 3% masy początkowej zawiesiny w ściekach. Osadnik o objętości 1 m³ w przydomowej oczyszczalni, przyjmującej ścieki od 4 osobowej rodziny, będzie podlegał zabiegom asenizacyjnym po okresie 12 miesięcy eksploatacji.

BIBLIOGRAFIA

- Bugajski P. *Wpływ czynników eksploatacyjnych na efekty oczyszczania ścieków w przydomowych oczyszczalniach z osadem czynnym*. Akademia Rolnicza w Krakowie. Rozprawa doktorska, maszynopis, 2005.
- Chmielowski K. *Skuteczność oczyszczania w filtrach o przepływie pionowym w przydomowych oczyszczalniach ścieków*. Akademia Rolnicza w Krakowie. Rozprawa doktorska, maszynopis, 2007.
- Chmielowski K., Bugajski P. *Efektywność usuwania zanieczyszczeń w osadnikach gnilnych typu „DUOFILTER”*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich 5/2008, PAN O/Kraków, 2008, s. 41–49.
- Dąbek Z., Mieszkowski A., Roszak Z. *Bioreaktor humusowy do zabudowy rozproszonej*. VII Międzynarodowa Konferencja Naukowa. Iwanowo, Rosja, 2005, s. 85–90.
- Dąbek Z. *Wpływ wybranych czynników na skuteczność separacji ścieków bytowych separatorem faz z efektem Coanda*. Rozprawa doktorska UR Kraków 2008.
- Grunwald A. *Własna oczyszczalnia*. Mieszkaj Taniej. 3/2006. Warszawa 2006.
- Heidrich Z., Stańko G. *Leksykon przydomowych oczyszczalni ścieków*. Wydawnictwo „Seidel-Przywecki” Sp.z o.o. Warszawa 2007.
- Jóźwiakowski K. *Ocena możliwości stosowania preparatu Em-Farming™ do optymalizacji pracy osadników wstępnych*. Infrastruktura i ekologia terenów wiejskich. 5/2008. PAN oddział w Krakowie, 2008, s. 159–167.
- Mołoniewicz W. *Małe oczyszczalnie ścieków*. Arkady. Warszawa 1979.

Pawełek J. *Rozwój systemów zaopatrzenia w wodę i odprowadzania ściekowe na terenach wiejskich w Polsce*. Przegląd Geodezyjny 12, 2007, s. 8–10.

Siemieniec A. *Skuteczność oczyszczania ścieków bytowo-gospodarczych w filtrach gruntowych o przepływie poziomym*. Akademia Rolnicza w Krakowie. Rozprawa doktorska, maszynopis, 2003.

Prof. dr hab. inż. Jan Pawełek*

Dr inż. Zbigniew Dąbek

*Uniwersytet Rolniczy w Krakowie,

Katedra Inżynierii Sanitarnej i Gospodarki Wodnej

30-059 Kraków, Al. Mickiewicza 24/28

tel. (012) 632-57-88

e-mail: rmpawele@cyf-kr.edu.pl

Recenzent: *Prof. dr hab. inż. Jan Kempański*