

URZĄDZENIE DO USUWANIA TŁUSZCZÓW I OSADÓW ZE ŚCIEKÓW PRZEMYSŁU MIĘSNEGO

Scharakteryzowano budowę i działanie urządzenia do usuwania tłuszczów i osadów ze ścieków przemysłu mięsnego. Przedstawiono wyniki laboratoryjnych badań odtłuszczania ścieków oraz próby eksploatacyjne prototypowego flotownika FI-1. Sformułowano zasady zastosowania flotownika do podczyszczania ścieków przemysłu mięsnego i przemysłów pokrewnych.

Krajowy przemysł produkujący urządzenia do oczyszczania ścieków nie wytwarza obecnie flotowników do usuwania tłuszczów i osadów ze ścieków odprowadzanych z niewielkich zakładów. Branżowe służby gospodarki ściekowej, Zrzeszenia Przedsiębiorstw Przemysłu Mięsnego opracowały dokumentację flotowników, będącą to jednak urządzenia o przepustowości od 480 m³/d do ok. 5300 m³/d, a więc nadające się do oczyszczania ścieków z dużych rzeźni i kombinatów mięsnych [1]. W Politechnice Wro-

clawskiej opracowano (na podstawie badań laboratoryjnych) typoszeręg urządzeń służących do podczyszczania ścieków przemysłu mięsnego i przemysłów pokrewnych. Flotowniki tego typu mogą być stosowane do oczyszczania ścieków z niewielkich zakładów np. gminnych rzeźni, masarni, zakładów utylizacyjnych itp. [2]. Typoszeręg obejmuje cztery jednostki. Charakterystykę tych urządzeń zawarto w tabeli 1.

Tabela 1

CHARAKTERYSTYKA TECHNICZNA FLOTOWNIKÓW FI							
T y p	pojemność użytkowa zbiornika głównego m ³	Wymiary zbiornika głównego			Pojemność zbiornika górnego m ³	Przepustowość, m ³ /h	
		długość m	szerokość m	wysokość m		oczyszczanie mechanicz.	oczyszczanie mech.-chem.
FI — 1	6,4	6,5	2,2	3,2	1,4	12,0	—
FI — 2	10,0	9,0	2,2	3,2	1,4	20,0	10
FI — 3	20,4	12,0	2,5	3,6	3,5	40,0	20
FI — 4	41,3	14,0	3,0	4,1	—	82,0	41

Flotowniki typu FI mogą być stosowane jako urządzenia do mechanicznego oczyszczania ścieków technologicznych, przed ich dalszym biologicznym oczyszczaniem, lub mogą być wykorzystywane jako urządzenia do chemicznego oczyszczania ścieków przemysłu mięsnego i przemysłów pokrewnych.

Charakterystyka flotownika FI-1*

Flotownik FI-1 jest zblokowanym urządzeniem, spełniającym funkcję sita, osadnika i odtłuszczacza. Jego schemat ilustruje rysunek 1. Urządzenie składa się z dwóch zbiorników: komory zasadniczej (I) i komory sita lub kraty (II). Zarówno zbiornik I jak i II wyposażone są w łańcuchy sworzniove Galla napędzane silnikiem elektrycznym poprzez przekładnię mechanicz-

ną i łańcuchową. W zbiorniku dolnym (I) znajdują się dwa koryta:

- do odprowadzania tłuszczów
- do odprowadzania osadów.

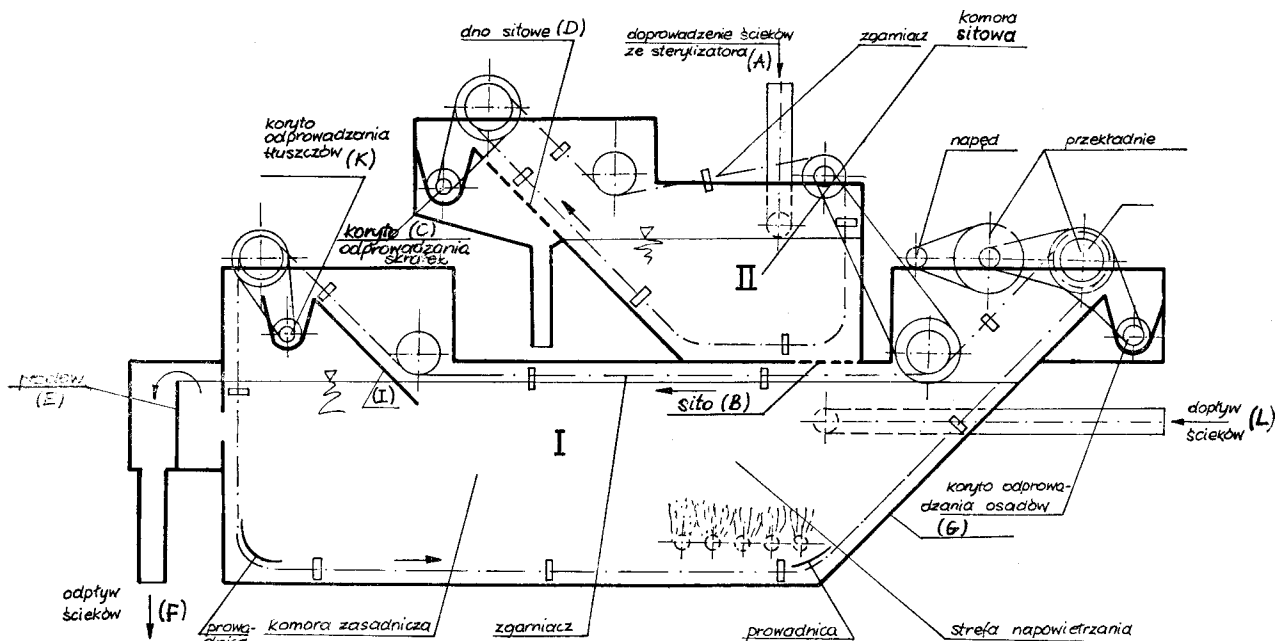
Komora II wyposażona jest również w koryto odprowadzające skratki. W korytach znajdują się przenośniki ślimakowe napędzane poprzez sprzęgnięcie ich z łańcuchami zgarniaczy.

W dnie komory II znajduje się perforowane sito i także sito znajduje się w jej ścianie pochylej, po której zgarniane są skratki do koryta odprowadzającego.

Sposób działania

Ścieki do flotownika mogą być doprowadzane za pomocą pompy lub grawitacyjnie, w zależności od usytuowania źródła ścieków i ukształtowania terenu. Ścieki zawierające duże ilości zanieczyszczeń mechanicznych podaje się do zbiornika górnego przewodem A. Poprzez sito B dopływają one do zbiornika dolnego I. Zatrzymane na sitach skratki (jelita, treści żo-

* dokumentację opracowali doc. dr inż. Eugeniusz Młotkowski, dr inż. Jerzy Kraska, mgr inż. Adam Czmuchoński z Politechniki Wrocławskiej.



Rys. 1 Schemat flotownika F-1

ładkowe, kości itp.) usuwane są zgarniaczem do koryta C. Skratki przechodząc przez strefę dna sitowego D dodatkowo się odwadniają. Znajdujące się w zbiorniku dolnym I ścieki poddawane są procesowi sedimentacji i flotacji, a następnie przelewem E i rurociągiem F odprowadzane są do kanalizacji. Zgromadzone na dnie komory I osady transportowane są po ścianie G tej komory do koryta odprowadzania osadów, natomiast wydzielone w procesie flotacji tłuszcze zgarnia się po ścianie I do koryta odprowadzania tłuszczów K. Ścieki o niskiej zawartości zanieczyszczeń mechanicznych mogą być podawane do flotownika przewodem L z pominięciem zbiornika górnego II.

Skuteczność podczyszczania ścieków przemysłu mięsnego we flotowniku FI-1

Prowadzone przez nas badania prototypu polegały na określeniu skuteczności usuwania zanieczyszczeń ze ścieków w procesach: flotacji samoistnej, wspomaganej sprężonym powietrzem oraz flotacji ciśnieniowej. Parametry

i warunki prowadzenia poszczególnych procesów ustalone zostały w badaniach laboratoryjnych [3, 4]. Podczas omawianych tu badań prototypu, do flotownika kierowano ścieki pochodzące z różnych działów produkcyjnych kombinatu mięsnego:

- hali uboju i jeliarni
- działu produkcji ubocznej
- wędliniarni.

Z uwagi na różnorodność procesów produkcyjnych ścieki z poszczególnych oddziałów różniły się znacznie składem i własnościami (tab. 2). W celu określenia skuteczności eliminacji zanieczyszczeń ze ścieków, pobierano próby ścieków z dopływu i odpływu z flotownika i poddawano analizie fizyko-chemicznej [5, 8].

Flotacja grawitacyjna

Przeprowadzono próby flotacji ścieków z hali uboju i jeliarni, wędliniarni oraz działu produkcji ubocznej.

W tabeli 3 przedstawiono wyniki badań (wartości średnie z kilku serii) oczyszczania ścieków

Tabela 2

WAŻNIEJSZE ZANIECZYSZCZENIA ŚCIEKÓW PODDAWANYCH OCZYSZCZANIU

Wskaźnik	Jednostka miary	Dział produkcji ubocznej			Wędliniarnia			Dział ubojów i jeliarni		
		min.	śr.	maks.	min.	śr.	maks.	min.	śr.	maks.
Odczyn	pH	6,3	6,8	8,1	6,1	7,3	8,7	6,3	6,8	8,5
Utlonalność	g O ₂ /m ³	14	60	200	74	90	171	30	300	570
Sucha pozostałość	g/m ³	460	1000	3000	1400	1600	3580	800	2100	7360
Substancje rozpuszczone	g/m ³	360	450	660	880	1200	2920	80	1500	4710
Zawiesiny ogólne	g/m ³	40	500	2340	60	500	2000	100	1500	5900
Zawiesiny łatwo opadające	cm ³ /dm ³	0	2	5	0,3	0,5	2,0	1	25	200
ChZT	g O ₂ /m ³	97,7	800	1516	324	900	1641	500	2000	4569
Tłuszcze	g/m ³	62	400	2568	228	400	996	136	1000	2946

Tabela 3

WYNIKI BADAŃ SKUTECZNOŚCI OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW W PROCESIE FLOTACJI GRAWITACYJNEJ

Wskaźnik zanieczyszczenia	Stopień usuwania, %											
	Dział ubojów i jelicarnia						Wędliniarnia			Dział prod. ubocznej		
	badania laborator.			badania techniczne			badania techniczne			badania techniczne		
	Czas flotacji, s											
	1800	3600	5400	1800	3600	5400	1800	3600	5400	1800	3600	5400
Utlenialność	67,5	47,5	55	20	25	40	14,6	11,9	43	23	25	39
ChZT	49,3	48,4	50	20	35	50	23,1	12,8	17,5	61,6	38,3	38,3
Zawiesiny ogólne	73,3	76,5	80	50	70	90	68,9	70,6	0	49	50	82
Sucha pozostałość	37,9	42,5	44	—	—	—	51	25,7	30,7	7,9	34	76
Zawiesiny wg Imhoffa po 1/2 h	—	—	—	75	80	85	33,3	60	90	70	60,6	86,3
Tłuszcze	77,4	83,4	86,1	45	60	75	34	40	54	15,2	39,8	87

w procesie flotacji grawitacyjnej, przeprowadzonych w warunkach laboratoryjnych i technicznych (eksploatacyjnych).

Flotacja wspomagana sprężonym powietrzem

W tej serii badań ścieki napowietrzano sprężonym powietrzem doprowadzanym do flotownika rusztami (rury perforowane). Oczyszczaniu poddawano ścieki z działu produkcji ubocznej i wędliniarni. Wyniki laboratoryjnych prób oczyszczania ścieków z działu produkcji ubocznej w procesie flotacji, wspomagannej sprężonym powietrzem [3] porównano z wynikami badań technicznych w tabeli 4.

W tabeli 4 podano również skuteczności oczyszczania ścieków z wędliniarni uzyskane w skali technicznej we flotowniku Fl-1. Intensywność napowietrzania wynosiła $1,1 \cdot 10^{-3} \text{ Nm}^3/\text{s}$. Badania pełnotekniczne dla wyższych intensywności napowietrzania wykazały bardzo niską skuteczność oczyszczania.

Flotacja ciśnieniowa z saturatorem zewnętrznym

Proces flotacji ciśnieniowej z recyrkulacją, w zastosowaniu do oczyszczania ścieków z działu ubojów i jelicarni, szczegółowo przebadano w warunkach laboratoryjnych [4]. W skali

Tabela 4
WYNIKI BADAŃ SKUTECZNOŚCI OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW W PROCESIE FLOTACJI
WSPOMAGANEJ SPRĘŻONYM POWIETRZEM ($q=4 \text{ Nm}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$)

Wskaźnik zanieczyszczenia	Stopień usuwania, obniżki, %								
	Dział produkcji ubocznej					Wędliniarnia			
	Badania la- boratoryjne		Badania techniczne			Badania techniczne			
	Czas flotacji		Czas flotacji			Czas flotacji			
	1 h	2 h	0,5h	1 h	1,5 h	0,5 h	1 h	2 h	
Utlenialność	46	55	0	0	66,5	13,5	27	40,5	
ChZT	43	55	0	0	66,2	0	0	0	
Zawiesiny ogólne	—	—	0	0	87,5	0	0	0	
Sucha pozostałość	54	56	—	—	62,2	0	0	0	
Zawiesiny wg Imhoffa po 1/2 h	—	—	0	0	75	50	40	100	
Tłuszcze	20	48	0	0	64,9	0	0	18,4	

technicznej przeprowadzono serię prób w warunkach uznanych za optymalne, tzn. przy ciśnieniu saturacji $490\text{--}588 \text{ Pa/m}^2$ (5–6 atm), stopniu recyrkulacji $Q_r=100\%$ $Q_{\text{ścieków}}$ i czasie saturacji 120–300 s. Czas flotacji wynosił $t_f=1800 \text{ s}$.

Tabela 5 zawiera porównawcze zestawienie wyników badań skuteczności oczyszczania ścieków w procesie flotacji ciśnieniowej, przeprowadzonych w warunkach laboratoryjnych i technicznych.

Ocena skuteczności działania flotownika Fl-1 — urządzenia do oczyszczania ścieków i odzysku ze ścieków tłuszczu i zawiesin

Informacje dotyczące skuteczności działania flotownika Fl-1 podano w tabeli 6.

Stopień usuwania tłuszczu i osadów ze ścieków rezeńicznych uzależniony jest od obciąże-

Tabela 5
WYNIKI BADAŃ SKUTECZNOŚCI OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW
W PROCESIE FLOTACJI CIŚNIENIOWEJ Z RECYRKULACJĄ

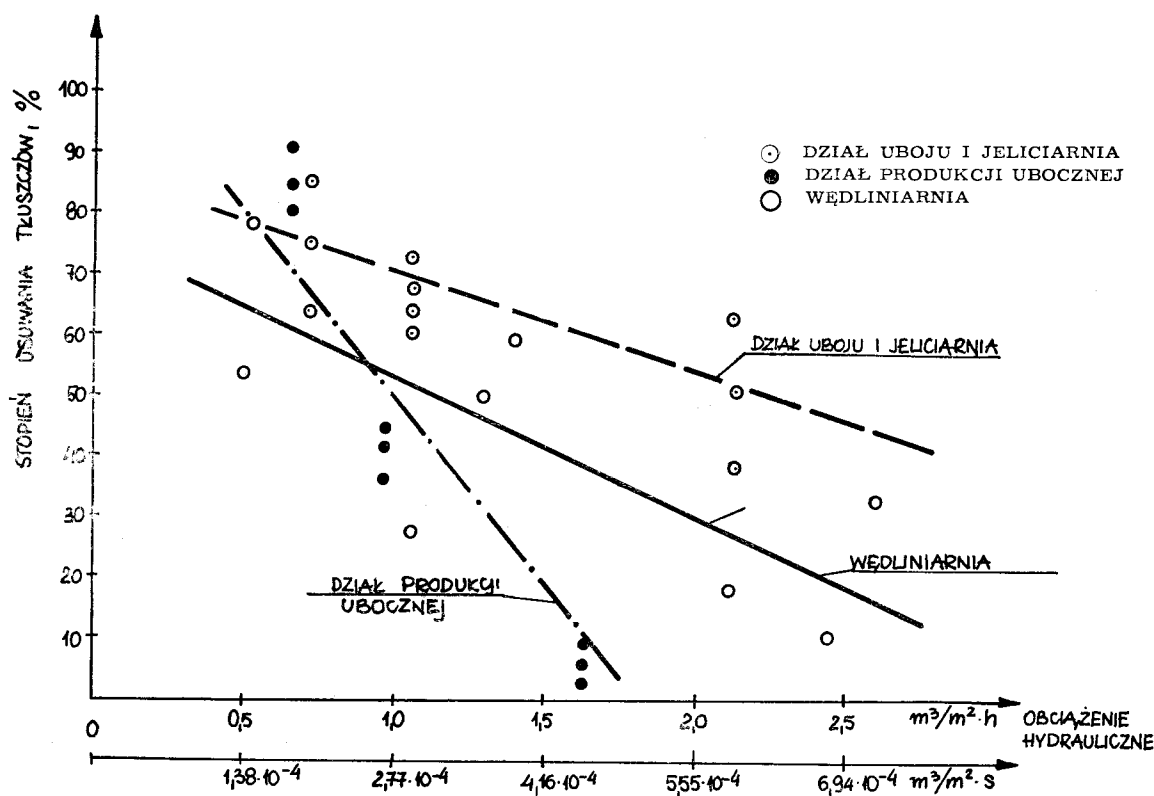
Wskaźnik zanieczyszczenia	Stopień usuwania, obniżki, %	
	Dział uboju i jelicarnia	
	badania laborator.	badania techniczne
	$t_{\text{flot}}=0,5 \text{ h}$	$t_{\text{flot}}=0,5 \text{ h}$
Utlenialność	27	72
ChZT	43	69
Zawiesiny ogólne	64	91,9
Zawiesiny wg Imhoffa po 1/2 h	—	90,7
Sucha pozostałość	—	7,2
Tłuszcze	65	81,4

nia hydraulicznego komory flotacji. Zmiany skuteczności odfuszczenia ścieków w zakresie obciążeń hydraulicznych od $0,5 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ do $2,5 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ przedstawia rys. 2, a rys. 3 ilu-

PORÓWNANIE SKUTECZNOŚCI OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW WE FLOTOWNIKU FI-1

Rodzaj ścieków	Z działu produkcji ubocznej	Z wędliniarni	Z działu uboju i jeliciarni
Flotacja			
Grawitacyjna	$\eta = \text{ok. } 90\%$ $C_k = \sim 300 \text{ g/m}^3$ $O_h = 0,5-2 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ $O_t < 2 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h}$ $t_{fl} = 5,4 \times 10^3 \text{ s}$	$\eta = \text{ok. } 60\%$ $C_k = \sim 300 \text{ g/m}^3$ $O_h = 0,5-3 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ $O_t < 1 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h}$ $t_{fl} = 7,2 \times 10^3 \text{ s}$	$\eta = \text{ok. } 85\%$ $C_k = \sim 300 \text{ g/m}^3$ $O_h = 0,5-2 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ $O_t < 1,5 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h}$ $t_{fl} = 5,4 \times 10^3 \text{ s}$
Wspomagana sprężonym powietrzem	$\eta = \text{ok. } 60\%$ $C_k = \sim 300 \text{ g/m}^3$ $O_h = 0,5-2 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ $t_{fl} = 5,4 \times 10^3 \text{ s}$	$\eta = \text{ok. } 20\%$ $C_k = \sim 200 \text{ g/m}^3$ $O_h = 0,5-2 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ $t_{fl} = 7,2 \times 10^3 \text{ s}$	
Cisnieniowa z saturatorem zewnętrznym			$\eta = \text{ok. } 85\%$ $C_k = \sim 300 \text{ g/m}^3$ $O_h = 2 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ $O_t = \text{ok. } 3 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h}$ $t_{fl} = 1,8 \times 10^3 \text{ s}$

η — stopień odtłuszczenia
 C_k — końcowa zawartość tłuszczów
 O_h — obciążenie hydrauliczne flotownika
 O_t — obciążenie powierzchni ładunkiem tłuszczów
 t_{fl} — czas flotacji



Rys. 2 Wpływ obciążenia hydraulicznego komory flotacji na stopień odtłuszczenia ścieków

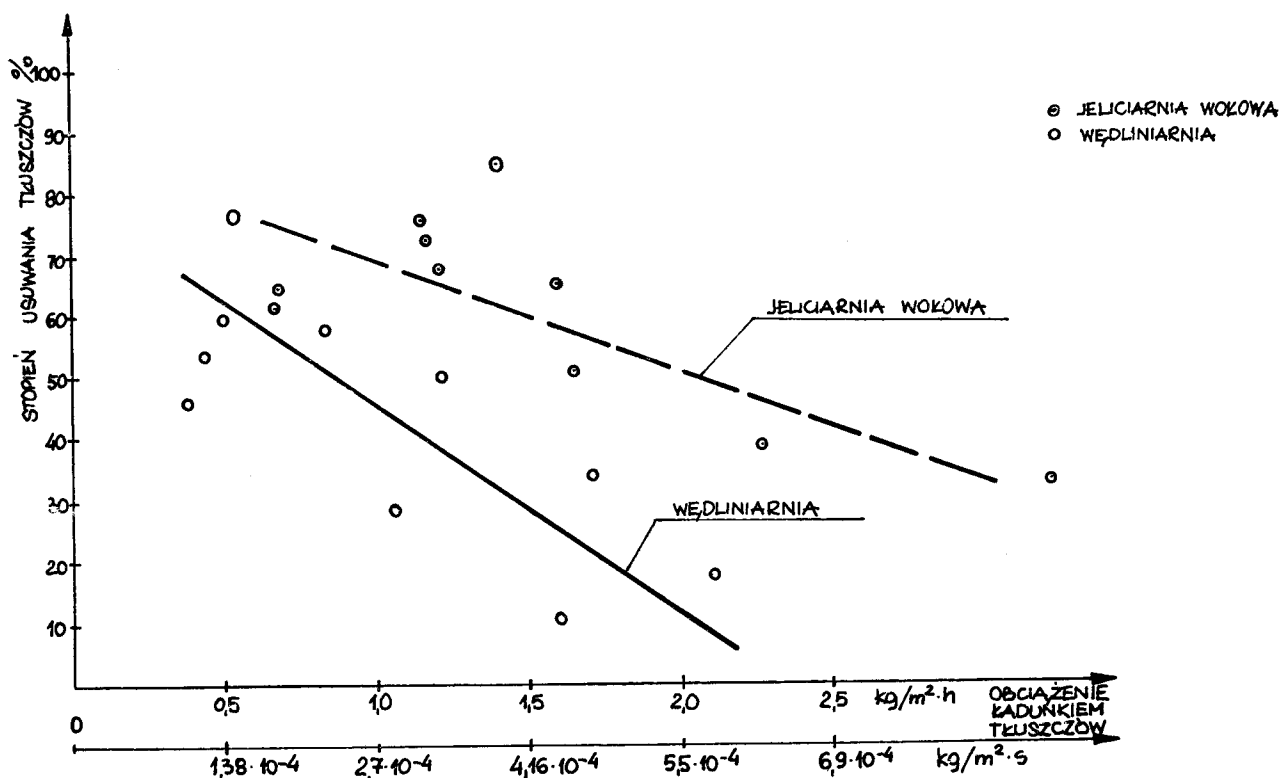
struje zmiany stopnia odtłuszczenia ścieków w zależności od obciążenia komory flotacji ładunkiem tłuszczów.

Z badań wynika, że obciążenie hydrauliczne komory flotacji nie powinno przekraczać $2 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$. Im niższe obciążenie hydrauliczne, tym wyższy stopień oczyszczania ścieków.

Zawartość tłuszczu w ściekach przemysłu mięsnego oczyszczanych we flotowniku zmniejsza się do wartości co najwyżej $200-250 \text{ g/m}^3$. Z rys. 2 wynika, że w przypadku, gdy floto-

wnik ma pracować jako urządzenie samodzielne, to jego przepustowość przy ok. 80% sprawności odtłuszczenia wynosi ok. $75 \text{ m}^3/\text{d}$. Przy niższym stopniu odtłuszczenia (a więc w przypadku stosowania flotownika jako urządzenia do wstępnego oczyszczania ścieków), przepustowość urządzenia wynosi ok. $300 \text{ m}^3/\text{d}$.

Stopień usuwania zawieszin łatwo opadających i zawieszin ogólnych podczas badań prototypu podano w tabeli 7.



Rys. 3 Wpływ obciążenia komory flotacji ładunkiem tłuszczów na stopień odfłuszczenia ścieków

Tabela 7

SKUTECZNOŚĆ USUWANIA ZAWIESIN WE FLOTOWNIKU FI-1										
Rodzaj flotacji		Dział prod. ubocznej			Wędliniarnia			Dz. uboju i jelciarnia		
		min.	śr.	maks.	min.	śr.	maks.	min.	śr.	maks.
A	Zawiesiny wg Imhoffa	50	75	91	55	65	77	55	90	98
	Zawiesiny ogólne	34	75	85	35	40	45	22	85	94,7
B	Zawiesiny wg Imhoffa		75		40	70	100	nie badano		
	Zawiesiny ogólne		87		0	0	0			
C	Zawiesiny wg Imhoffa	nie badano			nie badano			83	93	98,6
	Zawiesiny ogólne									

A — flotacja grawitacyjna
B — flotacja wspomagana sprężonym powietrzem
C — flotacja ciśnieniowa

Najlepsze efekty usuwania zawiesin uzyskano przy obciążeniu hydraulicznym ok. 0,5 m³/m²·h (wartości maksymalne w tabeli). Najniższe skuteczności usuwania zawiesin odpowiadały najwyższym obciążeniom hydraulicznym (od 1,5—2,0 m³/m²·h). Stopień usuwania

zawiesin podobnie jak stopień usuwania tłuszczów wzrasta wraz z obniżeniem obciążenia hydraulicznego.

W tabeli 8 zestawiono ładunki tłuszczów i zawiesin, które w warunkach średnich zostają oddzielone ze ścieków.

Tabela 8

UDZIAŁ ODZYSKIWANEGO TŁUSZCZU I ZAWIESIN ZE ŚCIEKÓW RZEŹNICZYCH WE FLOTOWNIKU FI-1

A — FLOTACJA GRAWITACYJNA, B — FLOTACJA WSPOMAGANA SPRĘŻONYM POWIETRZEM,

C — FLOTACJA CIŚNIENIOWA

O d z y s k a n e	Flotownik samodzielny, Q*=75m ³ /d			Flotownik podczyszczający Q*=300 m ³ /d		
	Dział produkcji ubocznej	Wędliniarnia	Dział uboju + jeliciarnia	Dział produkcji ubocznej	Wędliniarnia	Dział uboju + jeliciarnia
A	Tłuszcze kg/d	27,0	21	60	36	165
	Zawiesiny ogólne, kg s.m./d	31,8	15	95	60	270
B	Tłuszcze kg/d	18	6	78	24	—
	Zawiesiny ogólne, kg s.m./d	31,5	0	0	0	—
C	Tłuszcze kg/d	nie badano	nie badano	nie badano	nie badano	255
	Zawiesiny ogólne, kg s.m./d	badano	badano	badano	badano	405

* Q — przepustowość średnia urządzenia

Najwięcej tłuszczów i osadów uzyskano podczas oczyszczania ścieków z działu ubojów i jelicarni — podczas flotacji grawitacyjnej ok. 160 kg tłuszczów/d i 5,2 m³ osadów/d oraz flotacji ciśnieniowej ok. 250 kg tłuszczów/d i 6,7 m³ osadów/d.

Odzyskany tłuszcz może być przerabiany na tłuszcz techniczny, a osady wykorzystywane jako surowiec dodatkowy w produkcji mączek paszowych, stabilizowane w procesie kompostowania lub wykorzystane rolniczo.

Zastosowanie flotowników FI w przemyśle mięsnym i w przemysłach pokrewnych

Flotowniki typu FI mogą być stosowane jako:

- urządzenia samodzielne, których zadanie polega na podczyszczaniu ścieków technologicznych przed ich odprowadzeniem do kanalizacji miejskiej [7],
- urządzenia wstępnego oczyszczania ścieków technologicznych przed ich dalszym oczyszczaniem na oczyszczalni zakładowej [6],
- urządzenia II stopnia oczyszczania ścieków (chemicznego) po uprzednim mechanicznym ich oczyszczeniu.

Podstawowe dane służące do doboru określonej wielkości flotownika zestawiono w tabeli 9.

LITERATURA

1. Informacja Zrzeszenia Przemysłu Mięsnego z dnia 5.X.1982 r., maszynopis. Warszawa, 1982.
2. E. MŁOTKOWSKI, A. CZMUCHOWSKI, M. MAŃCZAK: Urządzenie do oczyszczania ścieków z tłuszczu i osadów a zwłaszcza ścieków przemysłu mięsnego i zakładów utylizacyjnych — Patent Nr 125683 z dnia 1.12.1983.
3. M. MAŃCZAK i inni: Badanie oczyszczania ścieków zakładów utylizacyjnych i wstępne próby odzysku białka paszowego. Raport serii SPR 10/79 Instytutu Inżynierii Ochrony Środowiska Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1979.

Tabela 9

**PODSTAWOWE PARAMETRY TECHNOLOGICZNE
SŁUŻĄCE DO DOBORU FLOTOWNIKÓW FI**

Parametr	Jednostka miary	Flotownik			
		FI-1	FI-2	FI-3	FI-4
I. FLOTACJA GRAWITACYJNA — STOPIEŃ ODTŁUSZCZANIA = 80%					
Obciążenie hydrauliczne	m ³ /m ² ·h	0,5	0,5	0,5	0,5
Obciążenie tłuszczami:					
— zakłady utylizacyjne	kg/m ² ·h	0,5	0,5	0,5	0,5
— rzeźnie i jelicarnie		0,5	0,5	0,5	0,5
Przepustowość nominalna	m ³ /h	3,12	4,67	7,75	11,8
	m ³ /d	75	112,2	186	284
II. FLOTACJA GRAWITACYJNA — STOPIEŃ ODTŁUSZCZANIA = 60%					
Obciążenie hydrauliczne:	m ³ /m ² ·h				
— zakłady utylizacyjne		1,0	1,0	1,0	1,0
— wędliniarnie		0,5	0,5	0,5	0,5
— rzeźnie i jelicarnie		1,5	1,5	1,5	1,5
Obciążenie tłuszczami:	kg/m ² ·h				
— zakłady utylizacyjne		0,4	0,4	0,4	0,4
— wędliniarnie		0,5	0,5	0,5	0,5
— rzeźnie i jelicarnie		1,5	1,5	1,5	1,5
Przepustowość nominalna:					
— zakłady utylizacyjne	m ³ /h	6,25	9,35	15,5	23,7
	m ³ /d	150	224,4	372	568
— wędliniarnie	m ³ /h	3,12	4,67	7,75	11,8
	m ³ /d	75	112,08	186	284
— rzeźnie i jelicarnie	m ³ /h	9,37	14	23,25	35,5
	m ³ /d	225	336	558	853
III. FLOTACJA CIŚNIENIOWA — STOPIEŃ ODTŁUSZCZANIA = 90%					
Obciążenie hydrauliczne	m ³ /m ² ·h	2	2	2	2
Obciążenie tłuszczami:	kg/m ² ·h	2	2	2	2
— rzeźnie i jelicarnie	m ³ /h	12,5	18,7	31	47,4
Przepustowość nominalna	m ³ /d	300	448	744	1137

4. M. MAŃCZAK i inni: Oczyszczanie ścieków Zakładów Mięsnych w Zamościu. Raport serii SPR 17/83 Instytutu Inżynierii Ochrony Środowiska Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1983.
5. W. HERMANOWICZ: Fizyczno-chemiczne badanie wody i ścieków, Arkady, Warszawa 1976.
6. M. MAŃCZAK, M. BALBIERZ: Oczyszczanie ścieków z niewielkich zakładów rzeźniczych, referat na konferencji naukowej: Problemy gospodarki wodno-ściekowej w regionach rolniczo-przemysłowych, Białystok 1983.
7. M. MAŃCZAK i inni: Modernizacja gospodarki ściekowej Zakładów Mięsnych w Kaliszu — wytyczne. Raport serii SPR 33/83 Instytutu Inżynierii Ochrony Środowiska Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1983.
8. E. GOMÓŁKA, A. SZAYNOK: Chemia wody i powietrza. Skrypt Politechniki Wrocławskiej. Wrocław 1982.