

Jerzy Zieliński, Alina Lewandowska-Suschka,  
Jan Suschka, Erwin Glajcar

BADANIA LABORATORYJNE NAD KOAGULACJĄ I FLOTACJĄ ŚCIEKÓW  
DLA TECHNOLOGICZNEJ MODERNIZACJI OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW

Wstęp

Oddzielanie cząstek olejów i tłuszczów przez wykorzystanie zjawiska rozdziału faz na skutek różnych ciężarów właściwych fazy rozpraszającej i fazy rozproszonej nie jest wystarczające w większości praktycznych przypadków oczyszczania ścieków.

Związane to jest z obecnością w ściekach części olejów i tłuszczów w formie zemulgowanej. Równocześnie emulsje te cechują się różną stabilnością.

W ściekach przemysłu tłuszczowego względnie w innych ściekach z zawartością emulgatorów czy też substancji powierzchniowo-czynnych, oleje i tłuszcze cechować się mogą szczególnie dużą stabilnością.

Proces oddzielania olejów i tłuszczów można intensyfikować wtedy przez:

- a) koagulację
- b) flotację sprężonym powietrzem
- c) flotację sprężonym powietrzem z dodatkiem flokulantów.

Większość emulsji można rozdzielić i wytrącić przez dodatek jonów metali. W zależności od rodzaju i stężenia zawartych w ściekach emulsji, dodatek soli metali, użytych do koagulacji, zmienia się w zakresie od 1 do 8 g/m<sup>3</sup> [1][2]. Objętość zajęta przez wytrącone osady po kilku godzinnej sedymentacji ście-

ków może być bardzo różna i wahać się w granicach od 10 do 90% objętości cieczy.

Znaczne ilości powstających osadów stwarzają poważne kłopoty ruchowe i problem ich utylizacji. Ponadto w wyniku koagulacji pozostała w oczyszczonych ściekach ilość olejów i tłuszczów przekracza jeszcze często 200 mg/l.

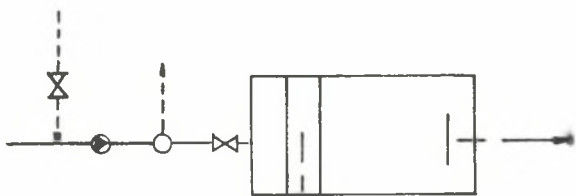
Bardzo ciekawe rozwiązanie urządzenia do koagulacji ścieków, zawierających oleje, przedstawione zostało przez Ullricha [3]. Jako koagulant użyty został siarczan glinu w mieszaninie z pyłem węgla brunatnego. W wyniku procesu oczyszczania tą metodą, uzyskano ścieki o wysokim stopniu czystości.

Flotacja olejów i tłuszczów za pomocą sprężonego powietrza może być przeprowadzona w procesie napowietrzania za pomocą rur perforowanych lub dyfuzorów albo w procesie wprowadzenia do separatora mieszaniny powietrza i wody. Mieszaninę wody i powietrza wytwarza się przez sprężanie wody (ścieków) wraz z powietrzem w zakresie od jednej do pięciu atmosfer i następnie rozprężanie przez wprowadzenie mieszaniny do odpowiedniego zbiornika. Rozprężoną mieszaninę pozbawia się nadmiaru powietrza, które unosi ku górze w postaci bardzo drobnych banieczek powietrza.

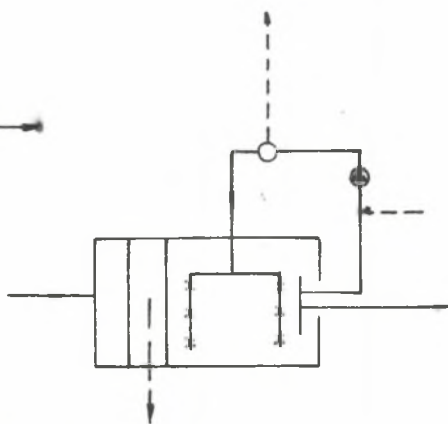
W zależności od rodzaju ścieków, a przede wszystkim w zależności od ilości i rodzaju zawiesin [4][5], spręża się mieszaninę powietrza i dopływających ścieków (schemat I na rys. 1), względnie wprowadza się mieszaninę powietrza i oczyszczonych ścieków do rurociągu doprowadzającego ścieki (schemat IIa na rys. 1) lub do komory flotacji (schemat IIb na rys. 1).

Ilość wprowadzonego do ścieków, pod ciśnieniem powietrza w stosunku do ilości ścieków ustalona powinna być doświadczalnie posługując się odpowiednimi urządzeniami laboratoryjnymi [5]. Proces flotacji pozwala na ogół na usunięcie ze ścieków olejów i tłuszczów w wymaganym stopniu. W większości wypadków stęże-

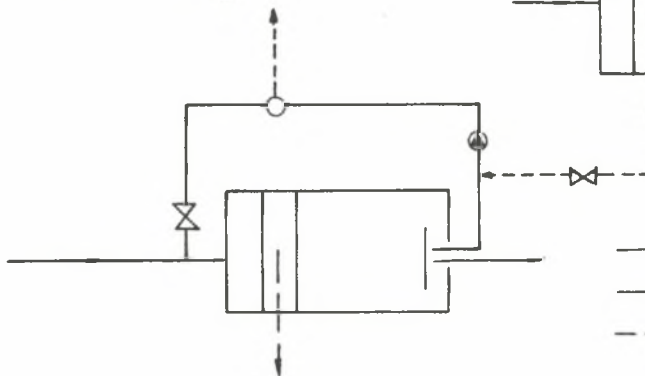
Schemat I



Schemat II b



Schemat II a



————— Ścieki  
 - - - - - Osady  
 - - - - - Powietrze

*Schemat procesu flotacji nadciśnieniowej [4]*

Rys. 1. Schemat procesu flotacji nadciśnieniowej [4]

nie olejów w oczyszczonych metodą flotacji ściekach nie przekracza 35 mg/l.

Zwiększenie efektywności oczyszczania ścieków można uzyskać przez równoczesny dodatek chemikaliów do flotowanych ścieków. Pozytywne efekty oczyszczania uzyskano przez dodatek siarczanu glinu [6]. Czasami korzystne jest wprowadzenie również polielektrolitów. Uzyskano np. zwiększenie efektów usuwania olejów z 70% do 96% przez dodatek polielektrolitów i glinki bentonitowej [5]. D'Arcy [7] przeprowadzając proces usuwania oleju za pomocą flotacji, wspomaganą dodatkiem siarczanu glinu i aktywowanej krzemionki, uzyskał stężenie olejów w oczyszczonych ściekach rzędu 5 do 7 mg/l.

## C Z Ę Ś Ć D O Ś W I A D C Z A L N A

### Urządzenia doświadczalne

Badania nad koagulacją ścieków przeprowadzono w układzie klasycznym.

Do badań zastosowano trójkomorowe mieszalniki laboratoryjne. Każda komora posiada objętość 8 litrów. Zarówno do szybkiego jak i wolnego mieszania zastosowano te same mieszadła, zmieniając jedynie szybkość obrotów przez zmianę napięcia za pomocą autotransformatorów.

Badania nad flotacją ścieków przeprowadzono w cylindrach miarowych o objętości 2 litrów. Po wprowadzeniu do cylindrów odpowiedniej ilości ścieków z dodatkiem lub bez dodatku koagulantu, doprowadzano od dna sprężone powietrze. Badania przeprowadzono przy użyciu dyfuzorów ceramicznych z doprowadzaną mieszaniną wody i powietrza. Nasyconą mieszaniną wody i powietrza uzyskiwano przy zastosowaniu specjalnego urzą-

dzenia, skonstruowanego w Katedrze Ogrzewnictwa i Ochrony Atmosfery, a przedstawionego na rys. 2.

Do komory sprężania wprowadzano 800 ml wody wodociągowej, a następnie przedmuchiwało sprężonym powietrzem do momentu uzyskania nadciśnienia w komorze, równego 3 atm. Zawartość komory sprężania mieszano następnie intensywnie przez okres 1 minuty i po 3 minutach nasycania uzyskiwano odpowiednią mieszaninę wody i powietrza.

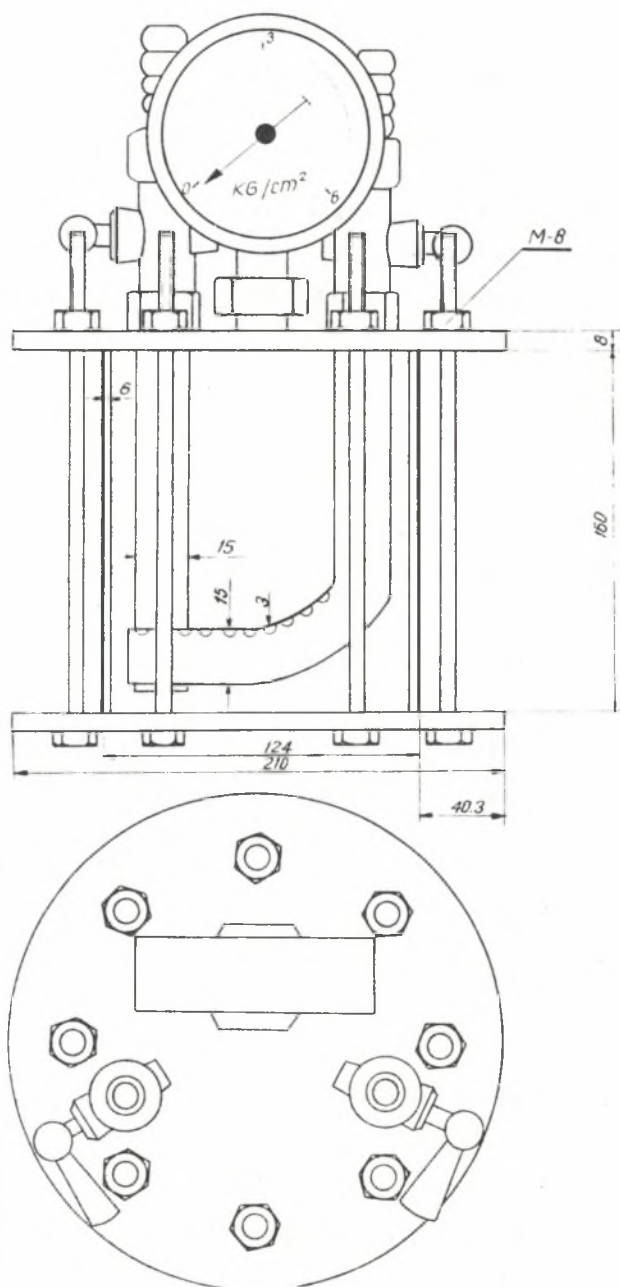
#### Metodyka badań

Do naczyń, wyposażonych w mieszadła mechaniczne, wprowadzano 4 litry uprzednio dokładnie wymieszanych ścieków. Następnie dodawano do poszczególnych naczyń obliczoną dawkę 5%-owego mleka wapiennego oraz w niektórych wypadkach 5%-owy roztwór siarczuanu żelazawego lub też 1%-owego roztworu siarczuanu glinowego.

Próbę mieszano szybko przez okres 3 minut, a następnie zmniejszono obroty mieszadła i prowadzono przez 30 minut proces wolnego mieszania. Prędkość obwodowa mieszadła podczas wolnego mieszania wynosiła 0,5 m/sek.

Tak przygotowane próby zlewano ostrożnie poprzez denne odprowadzenia komór do lejów Imhoffa dla przeprowadzenia procesu sedimentacji. Po 30 minutach odstawiania wykonywano analizy fizykochemiczne.

Badania procesu flotacji sprężonym powietrzem przeprowadzono przy stosowaniu sprężonego powietrza w ilości  $2 \text{ m}^3/\text{m}^3/\text{godz.}$  oraz przy czasie napowietrzania równym 10 do 20 minut. Po ukończeniu napowietrzania cylindry miarowe ze ściekami odstawiano na 30 minut. W wyniku flotacji na powierzchni cieczy tworzył się kożuch, przy czym równocześnie część zawiesin opadała na dno cylindra.



Rys. 2. Urządzenie dla wytwarzania mieszaniny wody i powietrza



Po sklarowaniu ścieków (po 30 minutach) lewarowano przy pomocy wężyka warstwę sklarowanych ścieków dla wykonania oznaczeń analitycznych.

W badaniach procesu flotacji z nadciśnieniem wprowadzano za pomocą wężyka gumowego do napełnionych ściekami cylindrów miarowych mieszaninę wody i powietrza od dna cylindra, z komory sprężania opisanej uprzednio (rys. 2).

W badaniach wprowadzano różne ilości mieszaniny wody i powietrza w stosunkach mieszaniny do ścieków w zakresie od 1 : 0,18 do 1 : 1. Po okresie 30 minut ścieki lewarowano z cylindra.

Zarówno w wypadku badań nad flotacją sprężonym powietrzem, jak i badań flotacji nadciśnieniowej, dodawano koagulant w celu poprawienia efektów oczyszczania. W badaniach tych zastosowano wyłącznie mleko wapienne, co wynikało z danych, uzyskanych z badań nad koagulacją ścieków.

Oznaczenia fizyczno-chemiczne dla ścieków surowych i oczyszczonych wykonywano według ogólnie przyjętych metod, tłuszczę oznaczano wagowo jako ekstrakt eterowy, do ekstrakcji stosowano eter naftowy.

#### Zakres i wyniki badań

Ścieki do badań pobierano na pierwszej zmianie w okresach około dwudziesto minutowych w ilości 4 litrów i zlewano równocześnie po połowie do dwu metalowych konwi, pojemności 50 litrów każda.

Po napełnieniu konwi przystępowano od razu do wykonywania analiz i badań laboratoryjnych, technologicznych.

Ścieki w okresie badań charakteryzowały się zmiennym składem. Charakterystykę ścieków surowych podano w tablicy 1.

Ze względu na często występujący kwaśny charakter ścieków, w badaniach skoncentrowano się przede wszystkim na neutraliza-

## Charakterystyka ścieków nieoczyszczonych (surowych)

Lp.	Oznaczenie	Jednostki	Nr p o b o r u						Wartość średnia
			1	2	3	4	5	6	
1	Temperatura	°C	28	32	31	22	23	14	-
2	Odczyn	pH	6,7	2,8	6,8	6,5	5,2	7,2	-
3	Zasadowość p	mval/l	4,5	-	2,7	3,8	0,4	3,3	2,7
4	Mętność	mg/l SiO <sub>2</sub>	200	700	mleczna	5560	2800	1000	2000
5	Tłuszcze	mg/l	130	239	425	789	248	705	423
6	BZT <sub>5</sub>	mg/l O <sub>2</sub>	640	700	1100	387	303	188	568
7	CZT	mg/l O <sub>2</sub>	1350	1520	1250	3400	2100	3320	2157
8	Zawiesina ogólna	mg/l	236	205	414	1094	400	1926	712
	straty praż.	"-	n.o.	n.o.	n.o.	984	360	1820	-
9	Sucha pozostałość ogólna	"-	2000	2688	2382	2600	2488	2564	2454
	straty praż.	"-	500	1070	1847	1534	686	2190	1505



cji ścieków i koagulacji za pomocą mleka wapiennego. W szczególności wykonano badania wpływu dawki CaO na efekty oczyszczania w zakresie dawek od 60 do 800 mg/l CaO.

Możliwość zwiększenia efektu oczyszczania badano przez dodatkowe wprowadzenie siarczanu glinu w dawkach 15 i 30 mg/l, przy równoczesnej dawce wapna 80 i 100 mg/l oraz dawkach 30 i 60 mg/l, przy wprowadzeniu CaO w ilości 400 mg/l.

Wykonano również serie badań nad wpływem dodatku siarczanu żelaza w dawkach 15, 30 i 45 mg/l przy równoczesnym dodaniu CaO w ilości 40 i 80 mg/l.

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono w przypadku dozowania mleka wapiennego, możliwość efektywnego oczyszczania ścieków z produkcji tłuszczów spożywczych.

Wyniki badań zestawiono w tablicach 2 do 5.

W zależności od stosowanej dawki mleka wapiennego uzyskano od 33 do 75% obniżki chemicznego zapotrzebowania tlenu (CZT). Uzyskiwana równocześnie redukcja BZT<sub>5</sub> była nieco większa i zmieniała się w zakresie od 48 do 71%.

Wyjątkowy przypadek stanowiła jedna próba, w której stwierdzono jedynie około 29% redukcji BZT<sub>5</sub>.

W wyniku stosowania mleka wapiennego uzyskano znaczne zmniejszenie w ściekach ilości zawiesin. W badanym zakresie stosowanych dawek CaO uzyskiwano od 66 do 93% redukcję zawiesin.

Najistotniejsza cecha rozpatrywanych ścieków - zawartość tłuszczów zmieniająca się w ściekach surowych od 130 do 425 mg/l, obniżała się w zasadzie, po przeprowadzeniu procesu koagulacji, do rzędu 20-70 mg/l.

Wyrażając efekt usunięcia tłuszczów w procentach redukcji, to uzyskano większość wyników w zakresie od 82 do 92%.

Analizując wyniki oczyszczania ścieków przez ich koagulację, zwrócić należy uwagę na rodzaj i ilość utworzonego osadu.

Wyniki badań koagulacją ścieków wapnem

Lp.	Dawka CaO mg/l	Odczyn pH	Mętność		Tłuszcze		BZT <sub>5</sub>		CZT		Zawiesina ogólna		Sucha pozostałość		Opadalność w leju Imhoffa w ml po					
			mg/l SiO <sub>2</sub>	% red.	mg/l	% red.	mg/l O <sub>2</sub>	% red.	mg/l O <sub>2</sub>	% red.	mg/l	% red.	mg/l	straty prażenia mg/l	15'	30'	60'	120'	24 godz.	
	Ścieki surowe 6,7		200	-	130,4	-	840	-	1350	-	2360	-	2000	500						
1	50	7,6	80	60	36,2	72	600	28	556	59	61	74	1750	250	-	0,3	3,5	-	3,2	
2	80	8,3	20	90	20,5	84	260	69	556	59	39	83	1750	450	-	7,5	10,0	-	7,0	
3	100	8,3	15	92	16,0	87	240	71	635	53	17	93	1500	250	-	9,5	10,1	-	6,5	
4	120	8,5	30	85	21,4	83	380	55	815	40	60	75	1750	250	-	2,2	4,0	-	3,5	
5	150	8,8	40	80	27,9	78	380	55	894	34	42	82	2000	250	-	3,4	7,5	-	7,5	
6	200	8,8	70	65	23,3	82	340	59	903	35	80	66	1750	250	-	6,0	10,0	-	9,5	

Tablica 3

Wyniki badań nad koagulacją ścieków wapnem z dodatkiem siarczanu glinu

Lp.	Dawka koagulantu		Odczyn pH	Mętność		Tłuszcze		BZT <sub>5</sub>		CZT		Zawiesina ogólna		Sucha pozostałość		Opadalność w leju Imhoffa					Osad pokoagulacyjny	
	CaO mg/l	Al <sub>2</sub> /SO <sub>4</sub> / <sub>3</sub> mg/l		mg/l SiO <sub>2</sub>	% red.	mg/l	% red.	mg/l O <sub>2</sub>	% red.	mg/l O <sub>2</sub>	% red.	mg/l	% red.	mg/l	straty prażenia mg/l	15'	30'	60'	120'	24 godz.	uwodnienie %	po- piężenie g/g
	Ścieki surowe		2,8	700	-	239,2	-	700	-	1520	-	205	-	2688	1070	-	-	-	-	-	-	-
1	400	0	3,0	70	90	92,0	61	360	48	560	63	130	37	2761	260	0	0	0	0	0	-	-
2	600	0	9,1	100	85	45,2	81	336	66	380	75	77	62	2905	248	42	34	23	20	16	96,0	0,0097
3	800	0	10,9	40	94	23,8	90	224	68	320	79	39	81	3100	302	180	110	82	78	56	93,5	0,0051
4	400	30	6,8	110	84	16,9	93	240	66	450	70	59	71	2309	211	0	0	18	18	10	98,1	0,0042
5	400	60	6,6	80	88	16,6	93	245	65	440	71	46	77	2450	240	0	0	21	20	12	98,0	0,0061

Tablica 4

## Wyniki badań nad koagulacją ścieków wapnem z dodatkiem siarczanu glinu

Lp.	Dawka koagulantu		Odczyn pH	Mętność		Tłuszcz		BZT <sub>5</sub>		CZT		Zawiesina ogólna		Sucha pozostałość		Opadalność w leju Imhoffa w ml po				
	CaO mg/l	Al <sub>2</sub> /SO <sub>4</sub> / <sup>3</sup> mg/l		mg/l SiO <sub>2</sub>	% red.	mg/l	% red.	mg/l O <sub>2</sub>	% red.	mg/l O <sub>2</sub>	% red.	mg/l	% red.	ogólna mg/l	straty prażenia mg/l	15'	30'	60'	120'	24 godz.
	Ścieki surowe		6,8	próba mleczno biała 140	-	425,4	-	1100	-	1250	-	414	-	2382	1847	-	-	-	-	-
1	80	-	9,0	140	-	69,2	84	432	61	663	47	66	84	2120	1842	30	28	26	21	17
2	100	-	9,6	120	-	45,6	89	437	60	615	51	68	84	2133	1850	30	34	31	30	20
3	80	15	9,0	180	-	28,0	94	390	65	615	51	51	88	2122	1855	38	31	28	25	17
4	80	30	8,7	200	-	42,3	90	550	50	672	46	71	83	2119	1847	36	28	26	24	17
5	100	15	9,4	160	-	39,6	91	490	55	634	49	56	86	2115	1855	46	35	30	28	20
6	100	30	9,0	260	-	141,6	69	650	41	605	52	124	70	2170	1842	2	22	21	18	13

Tablica 5

## Wyniki badań nad koagulacją ścieków wapnem z dodatkiem siarczanu żelaza

Lp.	Dawka koagulantu		Odczyn pH	Mętność		Tłuszcz		CZT		Zawiesina ogólna		Sucha pozostałość		Opadalność w leju Imhoffa w ml po					Osadpokoagulacyjny	
	CaO mg/l	FeSO <sub>4</sub> mg/l		mg/l SiO <sub>2</sub>	% red.	mg/l	% red.	mg/l O <sub>2</sub>	% red.	mg/l	% red.	ogólna mg/l	straty prażenia mg/l	15'	30'	60'	120'	24 godz.	uwodnie- nia %	zawartość popiołu g/g
	Ścieki surowe		7,2	próba mleczno biała	-	425,4	-	1160	-	413	0	2382	1847							
1	40	15	7,6	600	-	90,0	79	1110	4	170	58	2600	2110	b r a k e s a d u						
2	40	30	7,8	400	-	60,4	86	1060	9	167	59	2504	2107	0	4	6	6	8	96,5	0,0082
3	40	45	7,8	550	-	53,8	87	1090	6	176	58	2498	2111	0	0	2	6	8	97,5	0,0064
4	80	15	9,0	200	-	7,6	98	800	31	76	82	2360	2025	39	30	23	19	15	97,7	0,0075
5	80	30	8,7	120	-	28,6	93	682	41	57	86	2440	2083	42	35	25	19	15	97,4	0,0086
6	80	45	8,7	-	-	24,4	94	780	33	76	82	2394	2089	42	35	25	18	15	97,4	0,0086

W wyniku stosowania np. umiarkowanej dawki mleka wapiennego, równej 100 mg/l, uzyskiwano po pół godzinym osadzaniu w jednym wypadku ok. 10 ml/l osadu, innym razem 34 ml/l, a więc przeszło trzykrotnie więcej.

Zmienność ilości powstających osadów związana była z nietrwałym charakterem uzyskiwanych kłaczków zawiesiny. Nieznaczne zmiany w warunkach hydraulicznych podczas przeprowadzania procesu koagulacji i flotacji powodowały natychmiastowe zmiany wielkości kłaczków i ich własności sedymentacyjnych. Zaobserwowano dużą nierównomierność w wielkości kłaczków osadu. Pod wierzchnią warstwą drobnej zawiesiny znajdowały się kłaczki średnicy kilku mm.

Możliwość zwiększenia efektów oczyszczania oraz właściwości sedymentacyjnych zawiesiny przebadano przez dodatkowe doprowadzanie takich koagulantów, jak siarczany żelaza i siarczany glinu.

Dodatkowe doprowadzenie siarczanu żelaza (tablica 5) pozwoliło na zwiększenie efektywności usunięcia tłuszczów. Jednocześnie jednak uzyskano bardzo mierne efekty redukcji CZT.

Niezależnie od efektów usunięcia zanieczyszczeń typowych dla przedmiotowych ścieków, stwierdzono, w wyniku doprowadzenia siarczanu żelaza, wyraźny wzrost barwy.

Na podstawie analizy wyników stwierdza się więc niecelowość wspomaganie koagulacji wapnem przez dodatek  $\text{FeSO}_4$ .

Wyraźną poprawę efektów oczyszczania uzyskano przez dodatek siarczanu glinu w ilościach od 15 do 60 mg/l. Dotyczy to głównie stopnia usunięcia tłuszczów. Uzyskano zwiększenie redukcji zawartości tłuszczów do rzędu 90-94%. Należy podkreślić, że dotyczy to także minimalnych badanych dawek siarczanu glinu równych 15 mg/l.

Dodatek siarczanu glinu powodował również o około 10% poprawę efektów usunięcia CZT, przy nieznacznej poprawie efektu usunięcia zawiesiny.

Bardzo istotnym czynnikiem korzystnym była tutaj poprawa optycznych właściwości kłaczków zawiesiny. Posiadały one charakter bardziej zwarty, mniej podatny na wpływ hydraulicznych zmian w komorze flotacji czy też koagulacji.

Badania z doprowadzaniem sprężonej mieszanki wody i powietrza (flotacja z nadciśnieniem) objęła 22 serie pomiarów. Doświadczenia wykonano w bardzo szerokim zakresie zmian ilości doprowadzanego powietrza w stosunku do zawartości zawiesiny ścieków surowych. Stosunek ten (A/S) zmieniał się w zakresie od 0,0122 do 0,1760.

Wartość stosunku A/S określona jest równaniem:

$$\frac{A}{S} = \frac{1,3 \cdot S_a \cdot R (P-1)}{Q \cdot Z_a},$$

gdzie:

$S_a$  - nasycenie wody powietrzem,  $\text{cm}^3/\text{l}$  (np. dla temperatury  $22^\circ\text{C}$   $S_a = 18 \text{ cm}^3/\text{l}$ )

R - objętość próby sprężonej, l

P - ciśnienie całkowite, atm

Q - ilość ścieków, l

$Z_a$  - zawiesina w ściekach surowych,  $\text{mg/l}$

W wypadku badań wyłącznie nad flotacją ścieków, bez dodatku CaO, doświadczenia przeprowadzono w pośrednim zakresie stosunku A/S, zmieniającym się od 0,0284 do 0,0642 (tablica 6).

Na podstawie przeprowadzonych prób flotacji ścieków stwierdzono możliwość 12-29% redukcji CZT, 2 - 16% redukcji BZT<sub>5</sub>, 35-44% obniżki zawartości zawiesin oraz 35 - 40% obniżki zawarto-

## Wyniki badań nad flotacją ciśnieniową

Lp.	A/S	Dawka CaO mg/l	Odczyn  pH	Mętność		Tłuszcze		BZT <sub>5</sub>		CZT		Zawiesina ogólna	
				mg/l SiO <sub>2</sub>	% red.	mg/l	% red.	mg/l O <sub>2</sub>	% red.	mg/l O <sub>2</sub>	% red.	mg/l	% red.
				Ścieki surowe	-	6,5	5500	-	789	-	387	-	3400
1	0,0284	-	6,5	5500	0	470	40	324	16	2660	21	645	42
2	0,0427	-	6,6	5500	0	515	34	-	-	2560	23	710	36
3	0,0642	-	6,6	5000	9	476	40.	380	2	2420	28	612	44
4	0,0284	200	5,9	1600	71	127	84	252	35	1000	71	158	86
5	0,0427	200	6,0	1500	73	100	87	-	-	1220	64	195	82
6	0,0642	200	6,1	1000	82	80	90	326	16	1220	64	144	86

Tablica 7

## Wyniki badań nad flotacją ciśnieniową

Lp.	A/S	Dawka CaO	Odczyn pH	Mętność		Tłuszcze		CZT		Zawiesina ogólna	
				mg/l SiO <sub>2</sub>	% red.	mg/l	% red.	mg/l	% red.	mg/l	% red.
	Ścieki surowe	-	6,5	5500	-	789	-	3400	-	1094	-
1	0,0284	200	-	2000	55	72	91	1000	70	56	95
2	0,0427	200	-	67	99	28	96	458	86	77	93
3	0,0642	200	-	3600	35	38	95	1342	60	340	69
4	0,0284	300	7,9	307	95	41	96	522	85	56	95
5	0,0427	300	7,5	333	94	48	99	547	84	106	90
6	0,0642	300	7,4	360	93	66	92	512	85	104	90



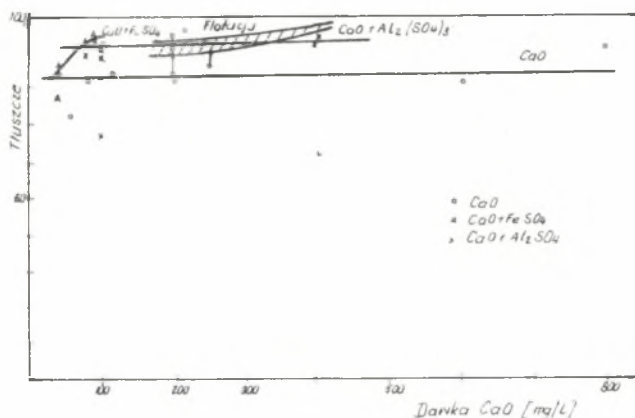
## Wyniki badań nad flotacją ciśnieniową

Lp.	A/S	Szybkość unoszenia m/min	Dawka CaO mg/l	Odczyn pH	Mętność		Tłuszcze		BZT <sub>5</sub>		CZT		Zawiesina ogólna	
					mg/l SiO <sub>2</sub>	% red.	mg/l	% red.	mgr/l O <sub>2</sub>	% red.	mg/l O <sub>2</sub>	% red.	mg/l	% red.
Ścieki surowe				5,2	2800	-	248	-	303	-	2100	-	400	-
Ścieki po koagulacji			250	8,9	220	92	58	76	-	-	664	68	39	90
1	0,0310	-	250	8,6	235	92	29	88	-	-	654	69	46	88
2	0,0588	-	250	8,6	160	94	37	85	133	56	654	69	28	93
3	0,1175	-	250	8,5	166	94	37	85	-	-	785	62	45	88
4	0,1760	-	250	8,5	300	89	40	84	116	61	800	62	74	81
5	0,1175	6	250	8,6	300	89	25	90	-	-	660	69	40	90
6	0,1175	10	250	8,5	267	90	40	84	126	57	650	69	33	92
7	0,1175	14	250	8,6	300	89	30	88	-	-	642	69	53	87
8	0,1175	18	250	8,5	167	94	37	85	192	37	625	70	20	95

ści tłuszczów. Równocześnie praktycznie nie uzyskano obniżenia mętności ścieków.

Bardzo istotną poprawę jakości ścieków stwierdzono w wypadku przeprowadzenia procesu koagulacji ścieków za pomocą CaO, a następnie flotacji wytworzonej zawiesiny.

Wyniki z tych badań zestawiono w tablicach 6, 7 i 8. Równocześnie część wyników przedstawiono na wykresie (rys. 3), dla porównania z wynikami uzyskanymi przy stosowaniu wyłącznie koagulacji ścieków.



Rys. 3. Zależność efektów usunięcia tłuszczów od dawki CaO w różnych warunkach prowadzenia procesu oczyszczania

Na podstawie tych wyników stwierdzono możliwość usunięcia średnio 90% tłuszczów (w zakresie od 85 do 96%).

Obniżka CZT zmieniała się w granicach od 66 do 94%, w zależności od dawki CaO. Jednocześnie uzyskano poprawę efektów oczyszczania w stosunku do wyników uzyskiwanych przy stosowaniu

wyłącznie koagulacji. W okresie 10 minut od momentu doprowadzenia sprężonego powietrza ścieki stawały się klarowne.

Utworzony na powierzchni ścieków kożuch zajmował około 2 do 3-krotnie mniejszą objętość w stosunku do uzyskiwanej objętości osadów przy doprowadzaniu tylko tych samych dawek mleka wapiennego.

### Wnioski i wytyczne technologiczne

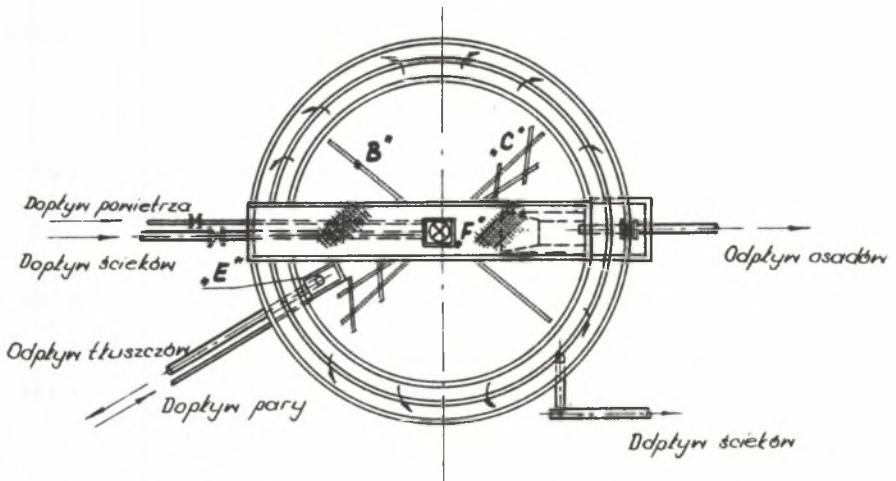
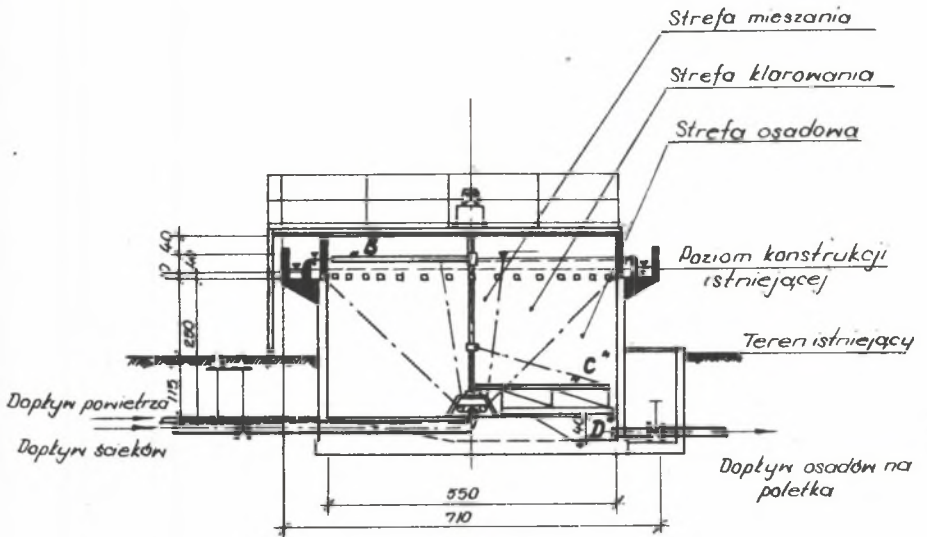
1. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono możliwość oczyszczania ścieków, pochodzących z produkcji tłuszczów jadalnych, na drodze koagulacji z dawkowaniem mleka wapiennego.
2. W zależności od zmiennych cech ścieków stwierdzono, że optymalna dawka CaO leży w zakresie od 100 do 150 mg/l. W niektórych wypadkach może zachodzić konieczność dwukrotnego zwiększenia dawki.
3. Efekty oczyszczania ścieków mogą być podwyższone przez dodatkowe stosowanie siarczanu glinu w dawce 15 mg/l. Dodatek siarczanu glinu poprawia w znacznym stopniu właściwości sedymentacyjne osadu.
4. Przeprowadzone badania nad stosowaniem flotacji wykazały możliwość oczyszczania ścieków z dość miernymi wynikami.
5. Równoczesna koagulacja ścieków przy pomocy CaO i flotacja nadciśnieniowa prowadzi do uzyskania bardzo korzystnych efektów oczyszczania, przywyższających znacznie uzyskiwane rezultaty w wypadku wyłącznego stosowania mleka wapiennego.
6. Cechą korzystną procesu koagulacji z flotacją nadciśnieniową jest ponadto około 3-krotne zmniejszenie objętości powstałych osadów.
7. Zwracają uwagę nieoczekiwanie wysokie, uzyskane redukcje zanieczyszczeń organicznych, wyrażone zarówno w BZT<sub>5</sub> jak i CZT, sięgające wartości średnich 50-60%.

8. Reasumując uzyskane wyniki zaproponowano prowadzenie procesu oczyszczania ścieków przez stosowanie koagulacji dawkami mleka wapiennego w ilościach od 100 do 150 mg/l, z możliwością dwukrotnego zwiększenia dawki, a następnie sedymentacji zawiesiny w osadniku wyposażonym równocześnie w powierzchnniowe zgrzebło, zgarniające pojawiający się ewentualnie kożuch tłuszczowy. Bardzo istotnym elementem jest doprowadzenie mleka wapiennego do hydraulicznej komory szybkiego mieszania z czasem zatrzymania maksymalnie 2 minut, a następnie przeprowadzenie 20 minutowego procesu wolnego mieszania za pomocą sprężonego powietrza, doprowadzanego poprzez dyfuzory, umożliwiające rozpraszanie się powietrza w postaci drobnych pęcherzyków. Dla potrzeb procesu reakcji, sedymentacji i flotacji zaprojektowano adaptację dotychczasowych "osadników", przy czym w odróżnieniu od obecnie stosowanego, szeregowego przepływu ścieków, oba zbiorniki pracować będą równolegle (rys. 4).

Dopływ centralny w dnie zbiornika otoczony zostanie pierścieniem perforowanym, zasilanym sprężonym powietrzem. Powietrze pełnić będzie głównie rolę czynnika wolnego mieszania (intensywność przepływu  $0,2 \text{ m}^3/\text{m}^3$  ścieków), a pomocniczo wzmoże flotację cząstek lżejszych, nie opadających na dno.

Skoagulowana zawiesina, opadająca na płaskie dno, będzie stale zgarniana do wnęki osadowej, skąd po określonym czasie i skomprimowaniu do 2-3% suchej masy, będzie spuszczana na polecka osadowe.

Cząstki sflotowane, gromadzące się na powierzchni, będą stale zgarniane do pojemnika, skąd spłyną do zbiornika czerpnego i dalej. Istniejącą pompą przetłaczane będą do nowego zbiornika separacyjnego.



- A — Pomost obsługi
- B — Zgrzebtko kozucha
- C — Zgrzebtko osadów
- D — Wnęka osadowa
- E — Zbiornik zrzutowy tłuszczów

Rys. 4. Koncepcja przebudowy osadnika na komorę reakcji

Odpiyw sklarowanych ścieków nastąpi poprzez szereg szczelin zatopionych do koryta przelewowego, wykonanego poza obrysem zewnętrznym obecnych zbiorników.

### Literatura

- [1] SUSCHKA J., MIELUS ST.: Hutnik 1968, 35, 287.
- [2] BAER E.: Die Reinigung von ölemulgierten Abwässern -Dechema Monographien 1964.
- [3] ULLRICH H.: Vom Wasser, 1962, 29, 178.
- [4] HANISCH B.: Die wirtschaftliche Anwendung der Flotation mit sehr kleinen Luftblasen zur Reinigung von Abwasser. Praca doktorska Wyższej Szkoły Technicznej w Stuttgarcie 1959.
- [5] ECKENFELDER W.W.: Industrial Water Pollution Control - New York 1966.
- [6] QUIGLEY R. HOFFMAN E.: Flotation of oily wastes - Proc.21-st Ind. Waste Confer, Purdue Univ. May 1966.
- [7] D'ARCY N.: Oil a.Gas Journ. 1951, 8, 319.

### S t r e s z c z e n i e

Przeprowadzone badania wykazały możliwość oczyszczania ścieków przemysłu tłuszczowego na drodze koagulacji, optymalna dawka CaO wahała się od 100 do 150 mg/l.

Efekty oczyszczania ścieków mogą ulec polepszeniu przez dodatek małych dawek siarczanu glinu.

Równoczesna koagulacja ścieków za pomocą CaO i flotacja nadciśnieniowa prowadzi do uzyskania bardzo dobrych efektów oczyszczania. Cechą korzystną równoczesnego procesu koagulacji i flotacji nadciśnieniowej jest ponadto kilkakrotne zmniejszenie objętości powstających osadów.



Uzyskano wysokie redukcje zanieczyszczeń organicznych wyrażonych zarówno w  $BZT_5$  jak też CZT, sięgające wartości średnio 50-60%.

Wyniki badań pozwoliły na modernizację urządzeń do oczyszczania ścieków.

#### ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА КОАГУЛЯЦИИ И ФЛОТАЦИИ СТОЧНЫХ ВОД ЖИРНОГО ПРОИЗВОДСТВА КАК ОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕРНИЗАЦИИ ОЧИСТНОЙ СТАНЦИИ

#### Р е з ю м е

Проведены исследования указали на возможность очистки сточных вод жирного производства методом коагуляции, оптимальная доза  $CaO$  колебалась в пределах 100-150 мг/л.

Эффекты очистки сточных вод улучшаются при добавке небольших количеств  $Al_2(SO_4)_3$ .

Одновременная коагуляция при помощи  $CaO$  и флотация с сверхдавлением даёт возможность получить хорошие результаты очистки. Кроме этого, при одновременном процессе коагуляции и флотации с сверхдавлением получается уменьшение, в несколько раз, объема образующихся осадков.

Получены высокие снижения количества органических веществ выраженных в БПК и ХПК в пределах средней величины 50-60%.

Результаты проведенных опытов сделали возможным модернизацию очистных сооружений для исследуемых промышленных вод.



LABORATORY INVESTIGATION ON COAGULATION AND FLOTATION  
OF FATTY INDUSTRY WASTE WATERS FOR THE MODERNIZATION  
OF THE WASTE WATER TREATMENT PLANT

S u m m a r y

On the basis of carried out experiments the possibility of fatty industry waste waters treatment with use of coagulation was shown. The optimal amount of added CaO changed in the range of 100 to 150 mg/l. It was stated that the purification effect can be improved with additional use of small amounts of aluminium sulphate.

With the use of coagulation with CaO and next overpressure flotation very good results of purification were obtained. It was shown that with the use of flotation process the volume of sludge was respectively very small.

Satisfying reduction of organic pollutants, expressed as BOD<sub>5</sub> and COD were obtained. The average values of BOD<sub>5</sub> and COD reduction was as high as 50 do 60%.

The results allowed to an effective modernization of the waste water treatment plant.