

JÓZEF CHOJNACKI

WPLYW NIEKTÓRYCH CZYNNIKÓW  
NA RÓWNOMIERNOŚĆ PRZEPŁYWU W OSADNIKACH PIONOWYCH

1. Wstęp

Osadniki o przepływie pionowym, czyli tzw. osadniki pionowe znajdują szerokie zastosowanie w praktyce wodociągowej i kanalizacyjnej.

Praktyka eksploatacyjna oraz pewne dociekania na drodze teoretycznej [1, 2, 3, 6, 7] wykazały, że efekt osadzania zawiesiny opadającej jest korzystniejszy w osadnikach poziomych niż w pionowych. Różnice sięgają 20% i więcej na korzyść pierwszych. Zmniejszenie teoretycznej prędkości przepływu zwiększa w dużym stopniu wymiary osadnika, a co za tym idzie i jego koszty budowy, a nie wpływa w istotny sposób na ilość zatrzymanej zawiesiny. Stosowana dotychczas metoda wymiarowania osadników pionowych polega na założeniu, że woda wypływająca z rury centralnej płynie w kierunku pionowym równomiernie, całym przekrojem osadnika. Jak podaje Szifrin [4], badania laboratoryjne wykazały, że w czasie przepływu w osadnikach pionowych tworzą się pewne wiry powodujące w rezultacie znacznie większe prędkości przepływu i to w różnych kierunkach.

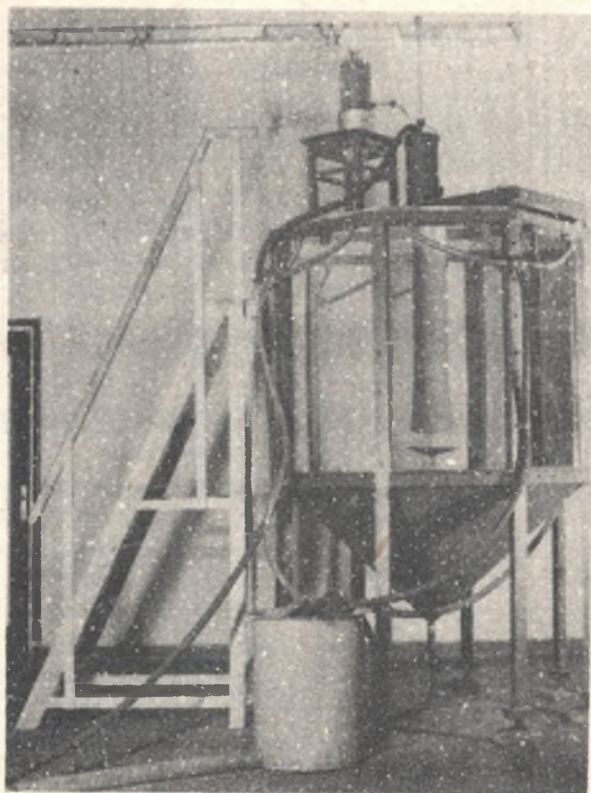
Przy projektowaniu osadników pionowych nie ma obecnie jednoznacznych formuł do ustalenia takich parametrów jak kształt i wymiary tarczy odbijającej, odległości umieszczenia jej od wylotu rury centralnej, wprowadzenia wody do rury centralnej, grubości oraz konieczności stosowania tzw. warstwy neutralnej, konstrukcji przelewów, koryt odpływowych itp. Wobec takiego stanu rzeczy konstrukcja budowanych obecnie osadników pionowych odbiega od siebie niejednokrotnie dość znacznie.

Dlatego też postanowiono przebadać możliwie dokładnie charakterystykę przepływu wody w osadnikach pionowych i zaprojektować ewentualną zmianę konstrukcji doprowadzenia i odprowadzenia wody w celu uzyskania jak najbardziej równomiernego przepływu w kierunku pionowym w całym przekroju osadnika.

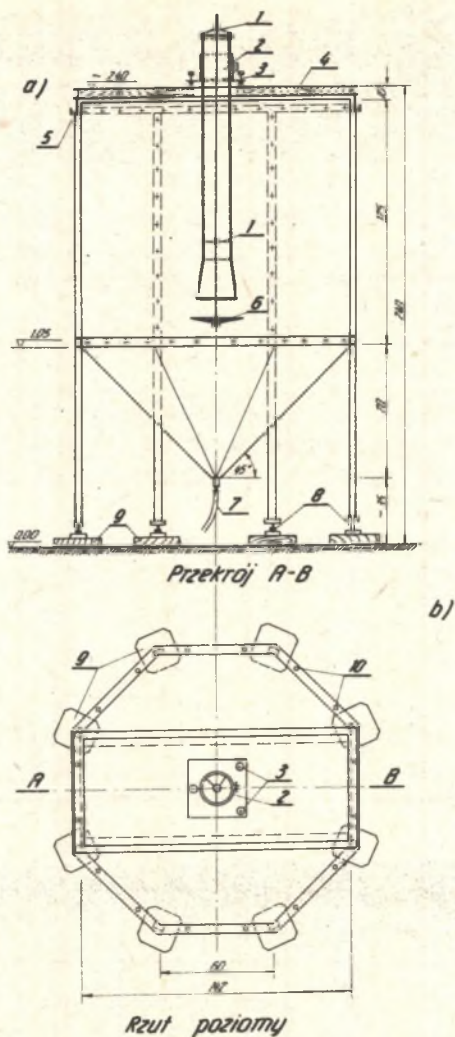
Ponieważ tego rodzaju badania w skali laboratoryjnej nie zawsze potwierdzają się w skali technicznej [8], zaprojektowano i wykonano osadnik przystosowany do tego rodzaju badań w skali technicznej o małych wymiarach.

## 2. Metodyka badań

Przedstawiony na rysunkach 1 i 2 osadnik wykształcony został w formie ośmiosłupa o wysokości ścian 125 cm i średnicy koła wpisanego 142 cm. Ściany zostały wykonane ze szkła organicznego "plexiglas", co zapewnia możliwość obserwowania strumieni wewnątrz osadnika. Dno wykonano z blachy stalowej, a konstrukcję



Rys. 1. Widok ogólny osadnika doświadczalnego



Rys. 2. Osadnik doświadczalny a) przekrój pionowy, b) rzut poziomy

1 - prowadnice pręta utrzymującego tarczę odbijającą, 2 - zacisk rury centralnej, 3 - śruby centrujące rury centralnej, 4 - pomost przykryty deskami, 5 - korytka przelewowe, 6 - tarcza odbijająca, 7 - zawór i przewód spustowy, 8 - śruby niwelujące poziom korony przelewu, 9 - podkładki drewniane, 10 - otwory do odprowadzenia wody z korytka przelewowego

nośną stanowi 8 słupów stalowych z ceowników. Koryto przelewowe wykonano z ceownika, a krawędź przelewową ząbkowaną ze szkła organicznego. Rurę centralną stalową o średnicy 150 mm zawieszono na podeście za pomocą zacisku i 3 śrub rektyfikacyjnych, umożliwiających dokładne ustawienie jej w pionie i na dowolnej głębokości.

Tarczę odbijającą umocowano za pomocą przesuwanego mosiężnego pręta, biegnącego w osi osadnika, co umożliwiło usytuowanie jej w dowolnej odległości od wylotu rury centralnej. Słupy zakończone zostały śrubami osadzonymi w gniazdach kulistych, umożliwiających ustawienie korony przelewu w płaszczyźnie poziomej.

Wodę doprowadzono z sieci wodociągowej przewodem gumowym.

Całkowita pojemność osadnika wynosi  $V = 2,51 \text{ m}^3$  a objętość komory przepływowej  $2,11 \text{ m}^3$ . Wysokość ścian pionowych  $1,25 \text{ m}$ , części stożkowej  $0,71 \text{ m}$ .

Ilość przepływającej wody i czas zatrzymywania przy pewnych założonych prędkościach przepływu, obrazuje tablica 1.

Tablica 1

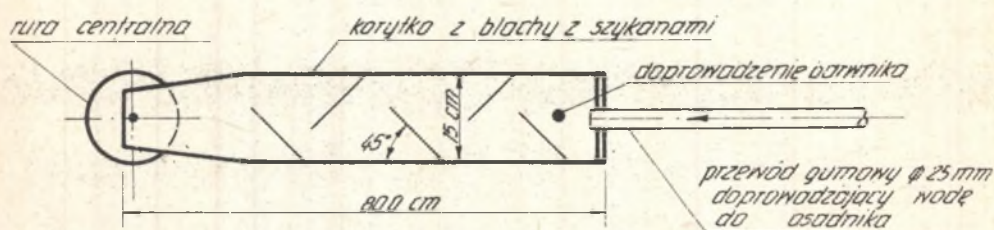
Zestawienie założonych prędkości przepływu  
i odpowiadającego im czasu zatrzymania

Prędkość przepływu mm/sek		Przepływ wody l/sek	Czas zatrzymania w osadniku min.
w osadniku	w rurze centralnej		
0,5	46	0,80	44
0,8	74	1,30	28
1,0	96	1,69	21

Do badań używano czystej wody wodociągowej, gdyż głównym założeniem pracy było rozeznanie hydraulicznej charakterystyki przepływu. Czysta woda umożliwiała dobrą widoczność wewnątrz osadnika, możliwość barwienia jej i wykonywania zdjęć fotograficznych. Ilości doprowadzanej wody mierzono metodą wolumetryczną przed każdym doświadczeniem, przy czym natężenie dopływu regulowano zaworem.

Obserwowanie przebiegu strumieni wody było możliwe jedynie po uprzednim wprowadzeniu barwnika do rury centralnej. Dobranie więc odpowiedniego barwnika było dość istotnym momentem, gdyż poza ciężarem właściwym, odgrywa tu dużą rolę zachodząca dyfuzja. Po wypróbowaniu kilku barwników, najlepszym okazał się barwnik "Rodamina B". Jest on szczególnie użyteczny, gdyż daje silne czerwonoamarantowe zabarwienie wody. Ponadto charakteryzuje się znikomą dyfuzją i daje wyraźny obraz na zdjęciach. Barwienie wody przeprowadzono dwoma sposobami a mianowicie:

a) doprowadzano roztwór barwnika ze słoja bezpośrednio do rury centralnej przewodem gumowym lub za pośrednictwem blaszanego korytka z szykanami, w którym następowało wymieszanie barwnika z wodą, rys. 3. Tego rodzaju barwieniem posługiwano się głównie przy badaniach dotyczących tarczy odbijającej.

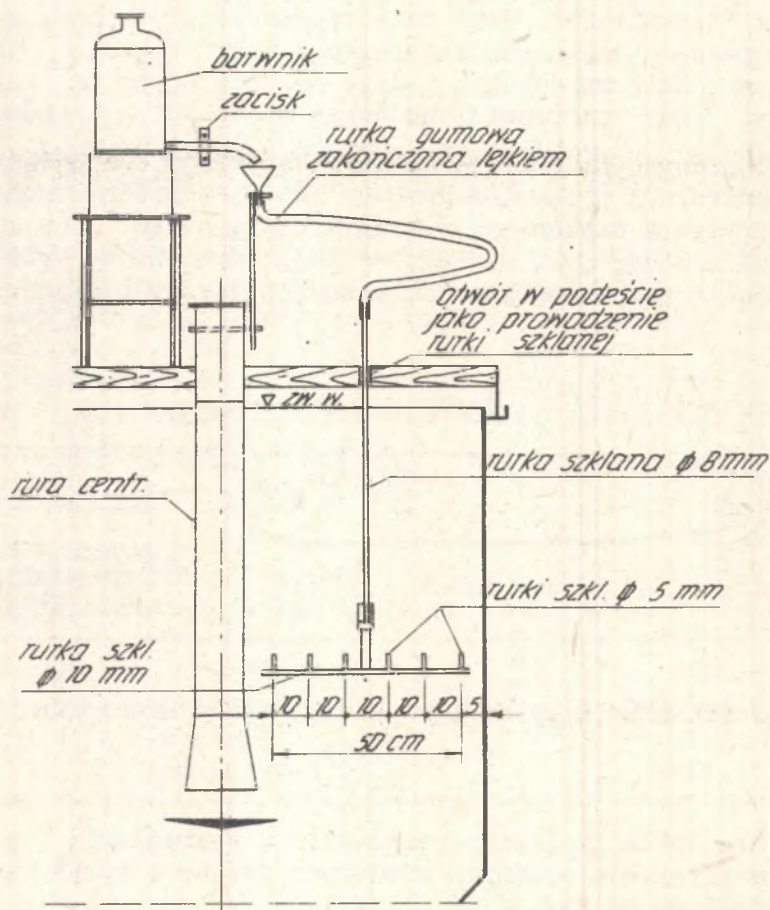


Rys. 3. Blaszane korytko z szykanami dla wymieszania barwnika z wodą

b) Dla dokładniejszego rozeznania i wykreślenia strumieni w całym przekroju osadnika stosowano zestaw z rurek szklanych przedstawiony na rys. 4.

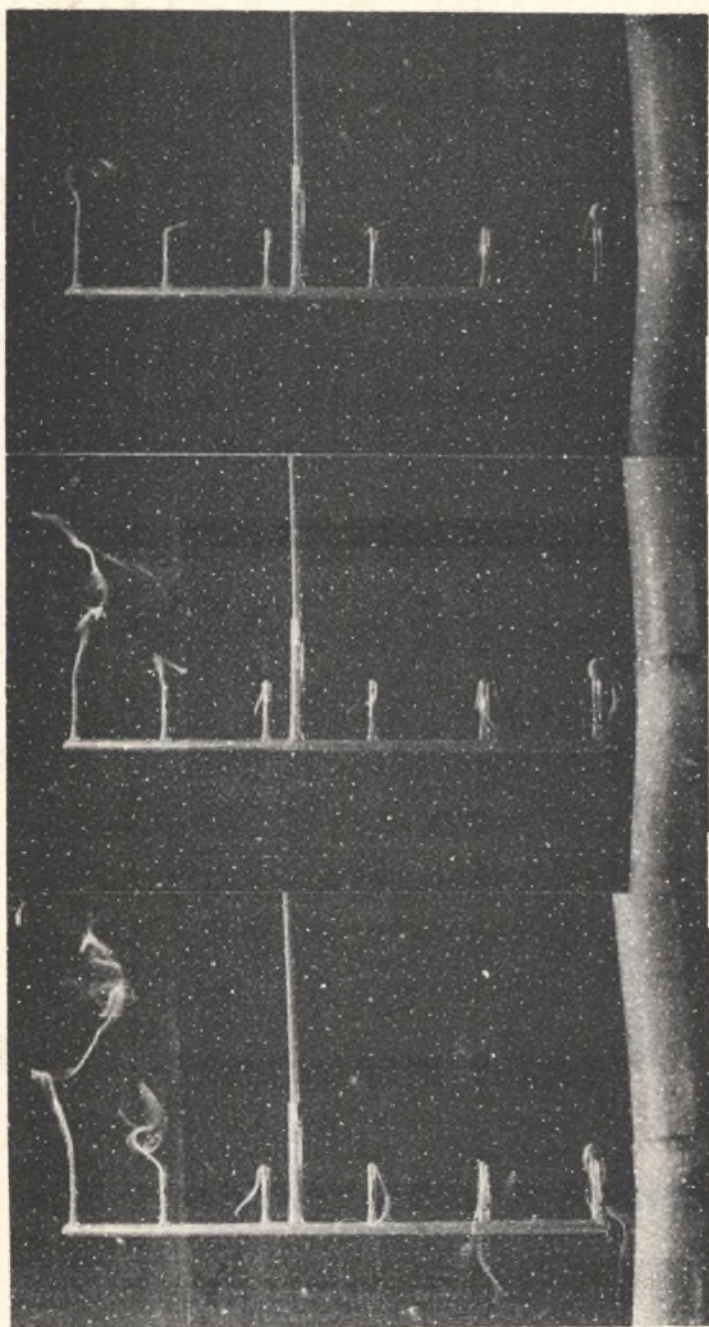
W pierwszym wypadku barwiona woda wypływająca z rury centralnej rozchodziła się we wszystkich kierunkach i płynęła przy ścianach osadnika ku górze, ale na całym jego obwodzie, co utrudniało obserwację rozchodzących się strumieni. Dlatego też wyodrębniano z osadnika i rury centralnej za pomocą dwóch przegród ze szkła i odpowiednio wyprofilowanej blachy ocynkowanej 1/8 część osadnika. Barwnik doprowadzano teraz już tylko do tej wydzielonej części rury centralnej, wobec czego można było prowadzić dokładne obserwacje rozchodzenia się strumieni w całym przekroju osadnika. W drugim wypadku barwnik dozowany w

małych ilościach wypływał z rurek umieszczonych w odpowiednim miejscu i wyznaczał kierunki przepływających w tym miejscu



Rys. 4. Schemat urządzenia do barwienia wody w osadniku

strug wody. Na rys. 5 pokazano wypływ barwnika z rurek w 3 fazach wykonanych w odstępach kilkuminutowych. Umieszczenie rurki na różnych wysokościach pozwoliło na dość dokładne wykreślenie schematów przebiegu strumieni wody w osadniku.



Faza 1

Faza 2

Faza 3

Rys. 5. Wpływ barwnika z zestawu rurek - faza pierwsza, druga i trzecia

### 3. Wyniki przeprowadzonych badań

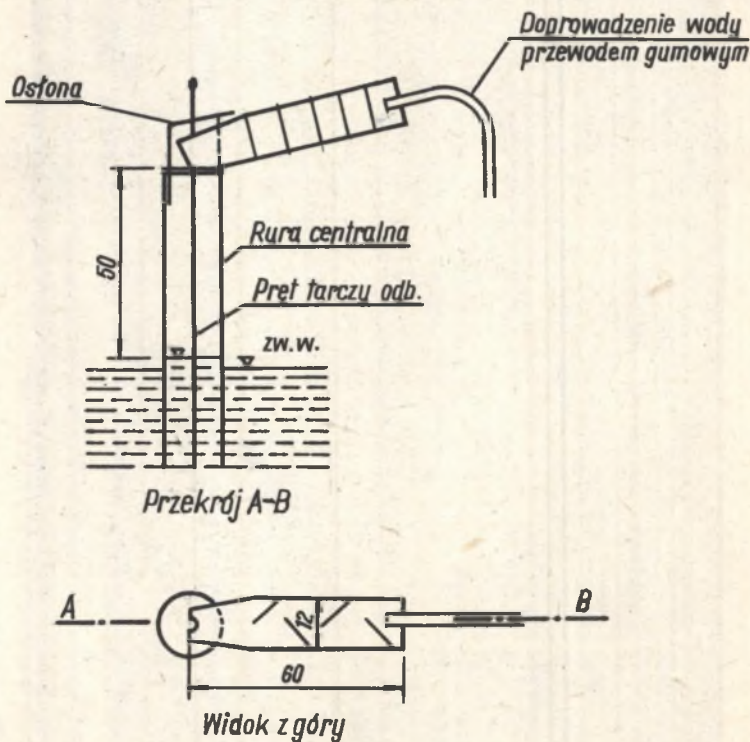
Przeprowadzone prace obejmowały przebadanie trzech zagadnień:

- 1) sposobu doprowadzenia wody do rury centralnej,
- 2) kształtu i usytuowania tarczy odbijającej,
- 3) równomierności przepływu w komorze przepływowej.

#### 3.1. Doprowadzenie wody do rury centralnej

Przebadano kilka stosowanych w praktyce sposobów doprowadzenia wody do rury centralnej, a mianowicie:

- a) za pośrednictwem korytka z szykanami, wprowadzonego do rury centralnej z góry,



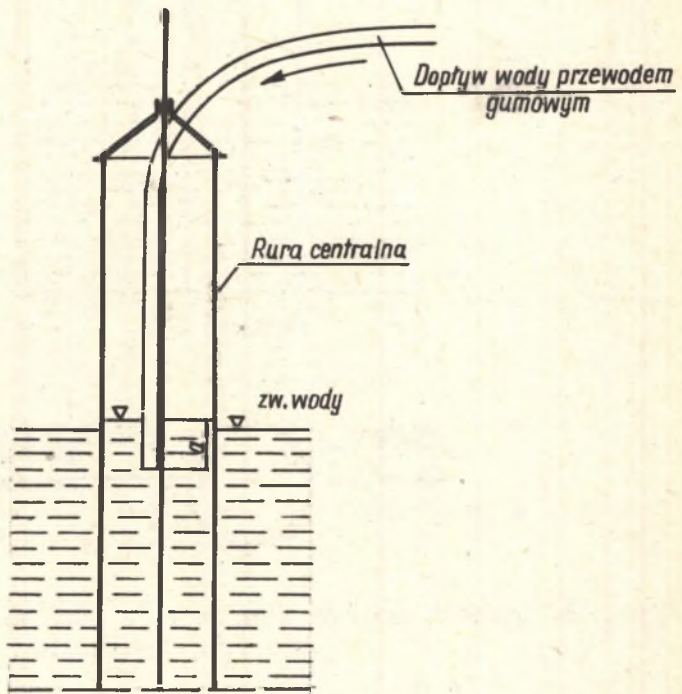
Rys. 6. Schemat doprowadzenia wody do rury centralnej za pomocą korytka



- b) wprowadzenie wody przewodem skierowanym pionowo w dół,
- c) wprowadzenie wody przewodem okrężnie przylegającym do ścian rury centralnej,
- d) wprowadzenie wody przewodem skierowanym pionowo ku górze.

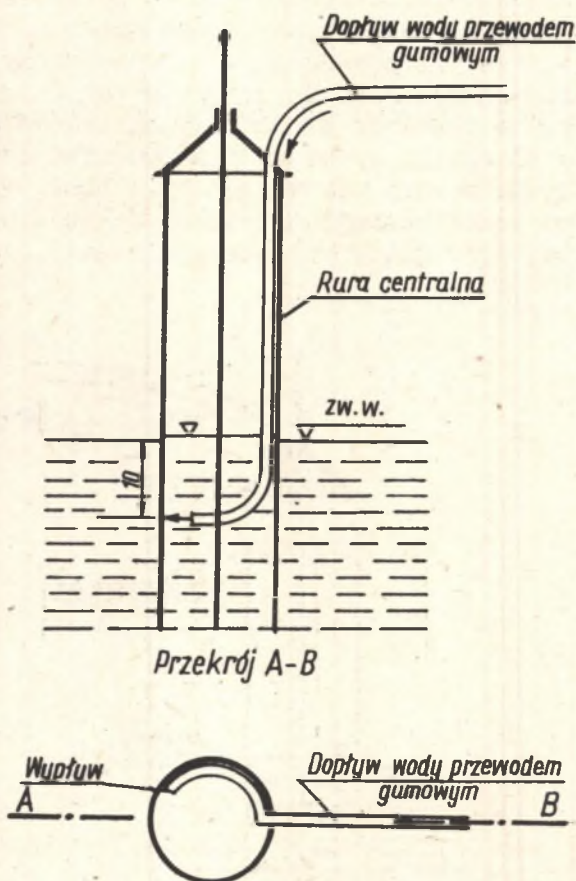
Sposób pierwszy przedstawiony na rys. 6 - powodował bardzo silne napowietrzanie się wody, a to z kolei wpływało niekorzystnie na równomierność przepływu. Bańki powietrza wpływające do góry tuż koło rury centralnej powodowały, że większość wypływającego strumienia kierowała się ku górze, wobec czego czynna powierzchnia osadnika była bardzo mała.

Sposób drugi, rys. 7, powodował duże zaburzenia w przepływie w samej rurze centralnej. Z przeprowadzonych pomiarów wynikało, że faktyczna prędkość przepływu, określona na podstawie pomiaru czasu od chwili wprowadzenia barwnika do jego ukazania się na wypływie z rury centralnej była około 2-krotnie większa od prędkości teoretycznej, ustalonej na podstawie ilości dopływającej wody i średnicy rury centralnej.



Rys. 7. Schemat wprowadzenia wody do rury centralnej przewodem skierowanym pionowo w dół

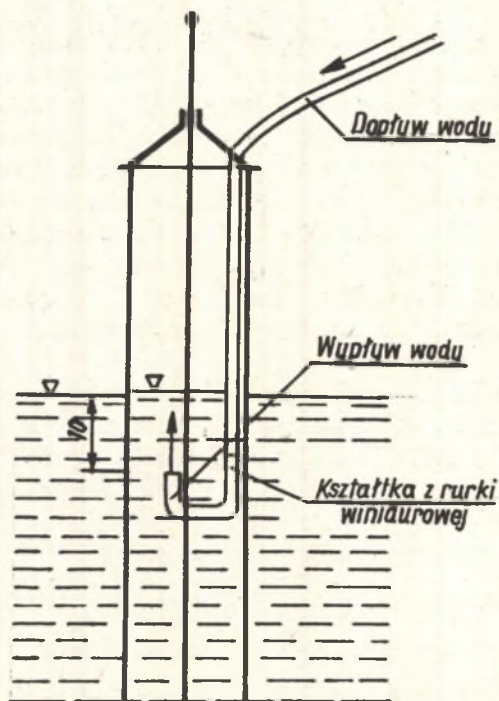
Przy trzecim sposobie wprowadzenia - rys. 8 - teoretyczna prędkość była bardzo zbliżona do faktycznie występującej, ale wystąpił tu ruch wirowy, który z kolei przenosił się bardzo szybko do komory przepływowej osadnika powodując tym samym niekorzystne wiry i zaburzenia.



Rys. 8. Schemat doprowadzenia wody poziomo przewodem przy ścianie rury centralnej

Najbardziej właściwym okazał się sposób czwarty, przedstawiony na rys. 9, tj. doprowadzenie wody do rury centralnej przewodem usytuowanym w jej osi i skierowanym pionowo do góry. Prędkości przepływu obliczone teoretycznie i faktycznie pomierzone były bardzo zbliżone. Zanurzenie końca przewodu na głęb. 10 cm pod zwierciadło wody powodowało całkowicie uspokojony wypływ wody.

Jak wynika z tych badań, właściwe wprowadzenie wody do rury centralnej ma istotne znaczenie dla osiągnięcia równomiernego przepływu w osadnikach pionowych.



Rys. 9. Schemat wprowadzenia wody do rury centralnej w kierunku pionowym ku górze

### 3.2. Tarcze odbijające

Przeprowadzone badania dotyczące kształtu i usytuowania tarcz odbijających obejmowały: tarczę stożkową, płaską i wklęsłą.

Tarczę stożkową wykonano o średnicy  $d = 30$  cm, tj. dwukrotnej średnicy rury centralnej i kącie nachylenia względem poziomu  $\alpha = 17^\circ$ . Dla tarcz płaskich stosowano średnicę 30 i 34 cm a dla tarczy wklęsłej 30 cm i kąty nachylenia względem poziomu  $17^\circ$  i  $25^\circ$ .

We wszystkich wypadkach tarcze odbijające umieszczono w odległościach 5, 7,5, 10, 15 i 20 cm od rury centralnej i prowadzono obserwacje i pomiary prędkości wypływającej strugi wody.

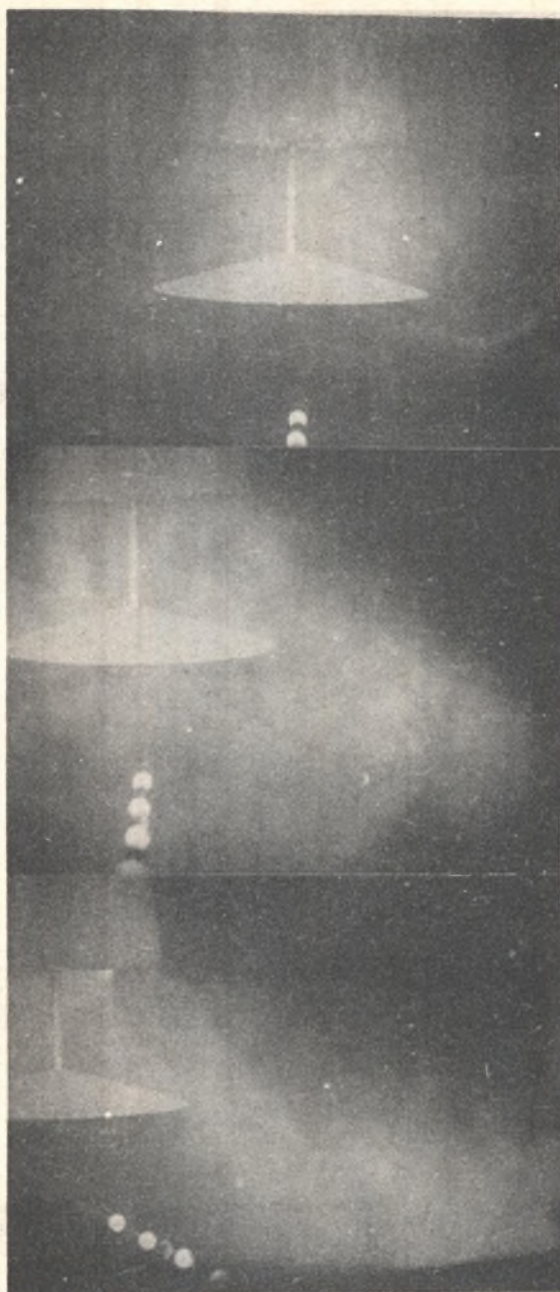
Na rys. 10 i 11 przedstawiono przykłady trzech faz zjawiska wpływu wody z rury centralnej wykonane w kilkudziesięciu sekundowych odstępach czasu i przy różnych natężeniach przepływu tab. 1. Wypływający z rury centralnej strumień wody dzięki tarczy odbijającej zmieniał kierunek i płynął promieniście ku ścianom osadnika. W miarę zbliżania się do ścian strumień rozszerzał się i rozszczepiał na dwa strumienie, z których jeden (zasadniczy przepływ) wznosił się tuż przy ścianach osadnika ku górze, drugi natomiast (mniejszy) spływał w dół do komory osadowej. Zjawisko to zachodziło szczególnie wyraźnie przy tarczy stożkowej.

Przy stosowaniu tarczy wklęsłej wypływający strumień wody był nieregularny i powodował silne wiry w całym osadniku. Na rys. 12 i 13 przedstawiono wykresy wypływające z rury centralnej strumienia wody przy różnych oddaleniach tarcz odbijających.

Wprowadzono następujące oznaczenia:

- $h$  - odległość tarczy odbijającej od końca rury centralnej,
- $h_1$  - grubość wypływającego strumienia tuż koło rury centralnej,
- $\alpha_1$  - kąt nachylenia górnej krawędzi strumienia względem poziomu,
- $\alpha_2$  - kąt nachylenia dolnej krawędzi strumienia względem poziomu.

Z wykresów tych wynika, że przy większych odległościach tarczy odbijającej od rury centralnej (15 do 20 cm) kąty  $\alpha_1$  i  $\alpha_2$  zwiększały się, na skutek czego duża część strumienia spływała do komory osadowej, co jest bardzo niekorzystne dla



Faza 1

Faza 2

Faza 3

Rys. 10. Wpływ strumienia wody z rury centralnej przy zastosowaniu tarczy stożkowej

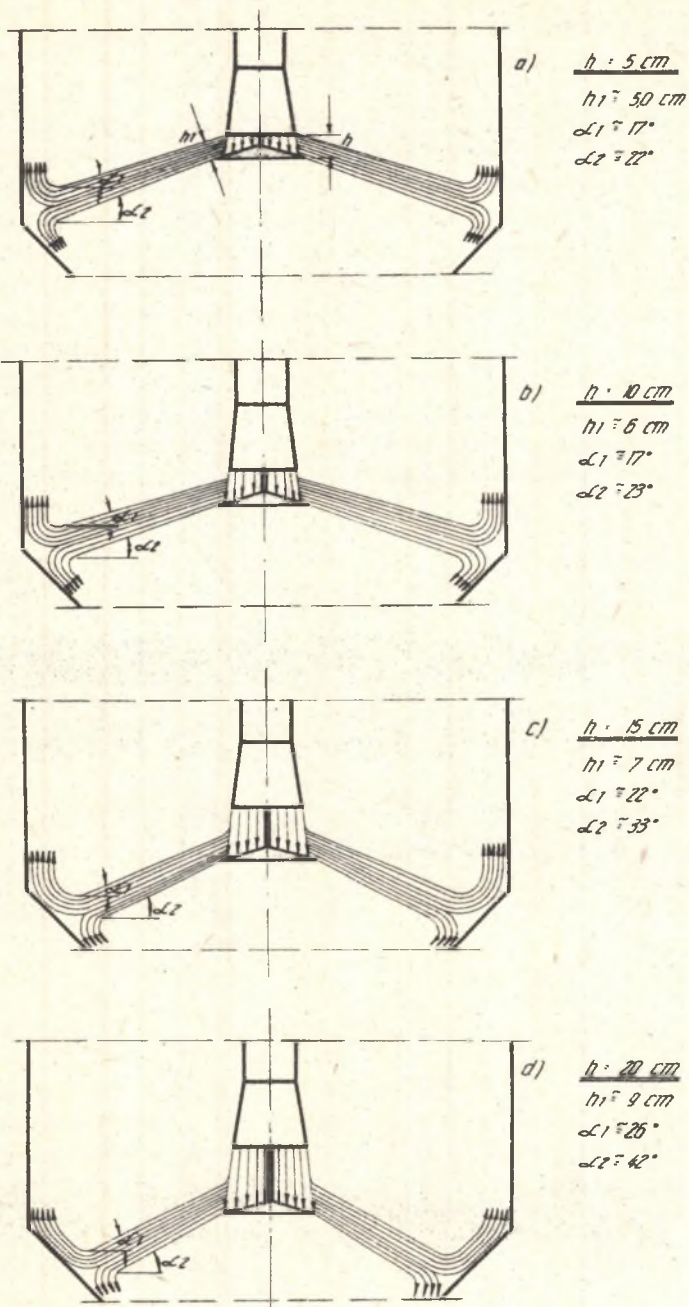


Faza 1

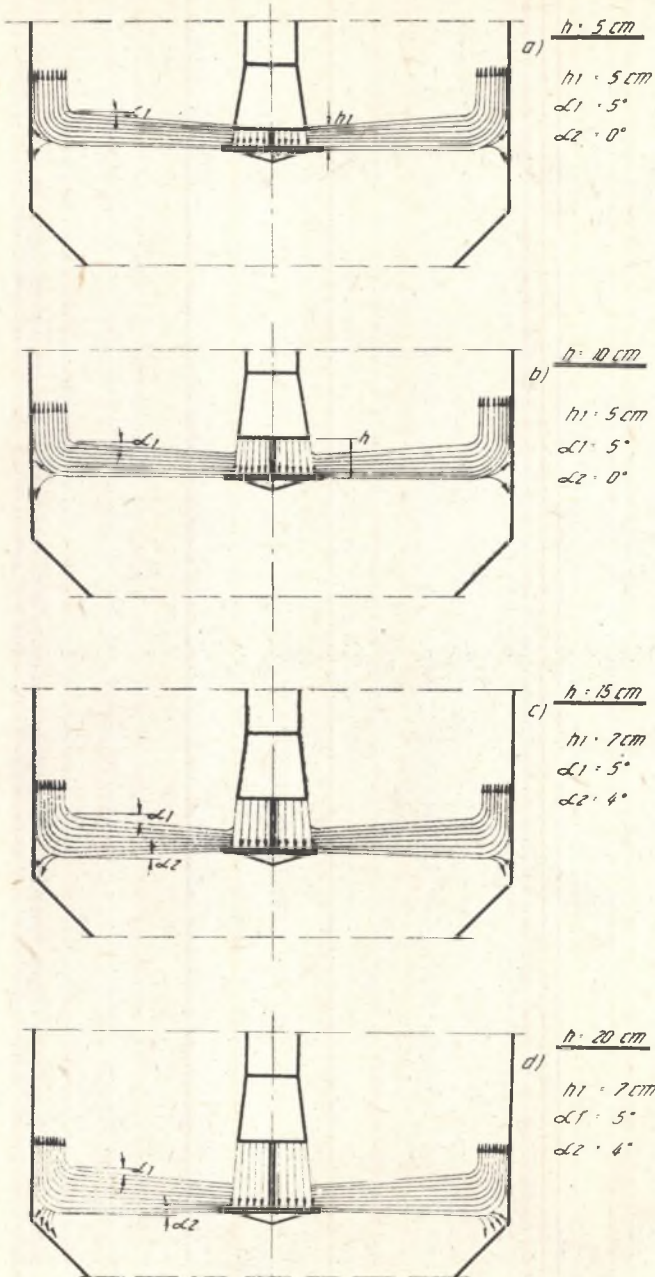
Faza 2

Faza 3

Rys. 11. Wpływ strumienia wody z rury centralnej przy zastosowaniu tarczy płaskiej umieszczonej w odległości 5 cm od rury centralnej



Rys. 12. Wykres strumieni wypływających z rury centralnej przy różnych odległościach tarczy stożkowej



Rys. 13. Wykres strumieni wypływających z rury centralnej przy różnych odległościach tarczy płaskiej



prawkłowej pracy osadnika. Przy tarczy stożkowej kąt  $\alpha_2$  dochodził do  $42^\circ$  i prawie połowa dopływającej wody wpływała do komory osadowej, powodując w niej duże wiry i zaburzenia. Korzystniejsza pod tym względem była tarcza płaska. Wypływający bowiem strumień wody płynął poziomo kąt  $\alpha_2 = 0$  dla  $h = 5$  i  $10$  cm - rys. 11 i 13 - i w całości kierował się ku górze, a tylko w wypadkach większych odległości tarczy od rury centralnej nieznaczna jego część spływała do komory osadowej. Umieszczenie tarcz odbijających zbyt blisko rury centralnej jest również niekorzystne, gdyż powoduje jak gdyby ściskanie i tłumienie wypływającego strumienia wody.

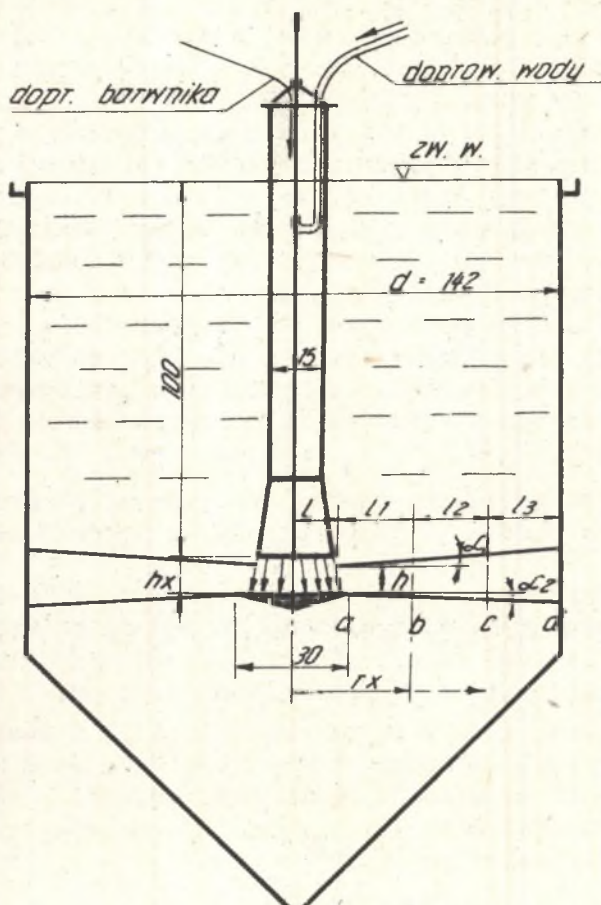
Zmiana natężenia przepływu "q" i głębokości rury centralnej nie miały istotnego wpływu na przebieg spływającego strumienia wody. Pomiarę prędkości przepływu poziomego strumienia wody wypływającego z rury centralnej wykonano na trzech równych odcinkach  $l_1 = l_2 = l_3 = 20$  cm - rys. 14. Pomiarę te wykonano przy zastosowaniu tarczy odbijającej płaskiej i stożkowej za pomocą mierzenia czasu przepływu na poszczególnych odcinkach.

Jednocześnie mierzono prędkość przepływu w rurze centralnej, która zanurzona była na głębokość 100 cm od zwierciadła wody w osadniku. Odległość tarczy odbijającej od końca rury centralnej "h" była zmienna w granicach od 5-20 cm.

Prędkość przepływu w rurze centralnej jest zasadniczo wartością stałą przy założonym przepływie "Q", poza niewielką zmianą w jej części stożkowej. Natomiast prędkość wypływającego strumienia na odcinkach  $l_1, l_2, l_3$  jest zmienna w każdym przekroju i ciągle malejąca, gdyż

$$v = \frac{Q}{F}$$

Q jest wartością stałą, a F (powierzchnia) w miarę oddalania się przekroju od osi osadnika ciągle wzrasta, a zatem "v" maleje. Bezpośrednie pomiary dały w wyniku tylko jakąś wartość średnią na poszczególnych odcinkach  $l_1, l_2, l_3$  między przekrojami a, b, c, d - rys. 14, gdyż czas przepływu mierzono na całej długości odcinka.



Rys. 14. Schemat osadnika z naniesieniem wypływającego strumienia wody w kierunku poziomym

W celu porównania prędkości przepływu strumieni poziomych, pomierzonych i teoretycznych, przeprowadzono następujące obliczenia:

$$Q = v \cdot F \quad \text{stąd} \quad v = \frac{Q}{F} \quad (1)$$

$$L = v \cdot t \quad \text{stąd} \quad v = \frac{L}{t} \quad (2)$$

gdzie:

Q - przepływ wody w  $m^3/\text{sek}$ ,

F - pole przekroju w  $m^2$ ,

t - czas przepływu na odcinku "L" w sek (pomierzony),

v - prędkość przepływu w m/sek.

Zakłada się, że przepływ rozpatrywanego strumienia jest przepływem ciągłym. Pole powierzchni "F" dla przekroju oddalonego od osi osadnika o wartość promienia " $r_x$ " wynosi:

$$F = 2 r_x \pi [h + r_x (\operatorname{tg} \alpha_1 + \operatorname{tg} \alpha_2)]$$

podstawiając tę wartość do równania (1) otrzymamy:

$$v = \frac{Q}{2 r_x \pi [h + r_x (\operatorname{tg} \alpha_1 + \operatorname{tg} \alpha_2)]} \quad (3)$$

po przekształceniu równania (2) otrzymamy

$$v = \frac{r_x - l}{t} \quad (4)$$

gdzie ( $r_x - l$ ) jest odcinkiem, na którym pomierzono czas przepływu strumienia.

Z równań 3 i 4 można określić czas, po jakim strumień płynącej wody znajduje się w dowolnej odległości " $r_x$ " od osi osadnika, a mianowicie:

$$t_x = \frac{[2 r_x \pi (r_x - l)] \cdot [h + r_x (\operatorname{tg} \alpha_1 + \operatorname{tg} \alpha_2)]}{Q} \quad (5)$$

W oparciu o powyższe wzory obliczono teoretyczne prędkości przepływu wypływającego strumienia wody w dowolnym punkcie odległym o " $r_x$ " od osi osadnika oraz czas, po jakim ten strumień

znajduje się w tym punkcie od chwili wypływu z rury centralnej. Wyniki tych obliczeń przedstawiono za pomocą wykresów na rys. 15.

Obliczenia te wykonano w celu porównania wyników prędkości i czasu przepływu ustalonych na drodze teoretycznej z wynikami otrzymanymi na podstawie bezpośrednich obserwacji i pomiarów. Podane obliczenia przeprowadzono tylko dla tarczy odbijającej płaskiej, gdyż przy zastosowaniu tarczy stożkowej strumień wypływającej wody ma zasadniczo taki sam kształt. Różnią się tylko w niewielkim stopniu kąty  $\alpha_1$  i  $\alpha_2$  wobec czego wyniki są bardzo zbliżone do siebie. W tabelach 2 i 3 podano dla przykładu wyniki pomiarów prędkości przepływu w rurze centralnej i wypływających poziomo strumieni przy zastosowaniu tarczy stożkowej i płaskiej, oraz natężeniu przepływu

$$q = 1,3 \text{ l/sek}$$

Prędkości rzeczywiste ustalono ze wzoru:

$$v = \frac{l}{t}$$

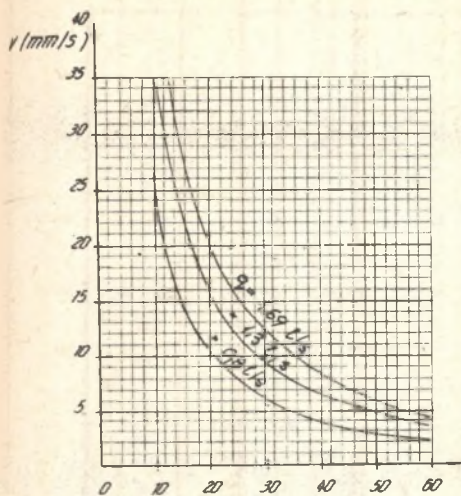
gdzie:

$l$  - długość odcinka,

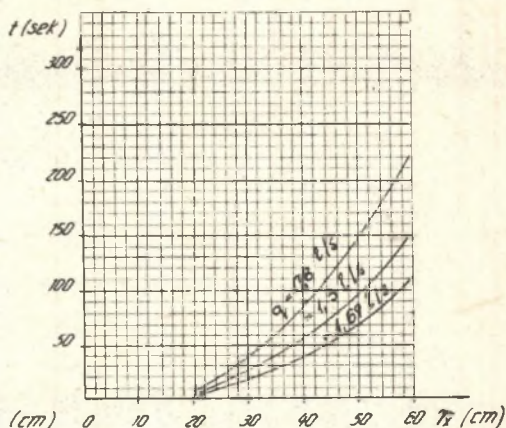
$t$  - pomierzony czas przepływu,

a teoretyczne

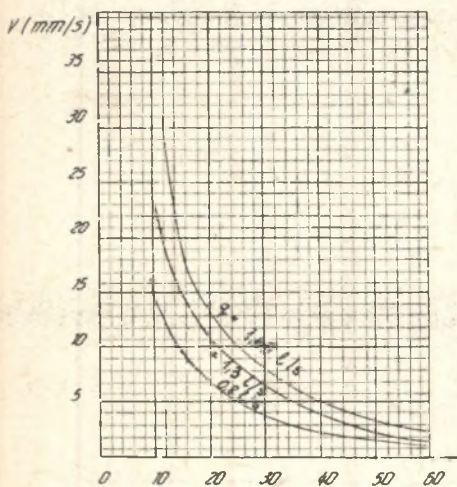
$$v = \frac{Q}{F} = \frac{Q}{2 r_x \pi [h + r_x (\operatorname{tg} \alpha_1 + \operatorname{tg} \alpha_2)]}$$



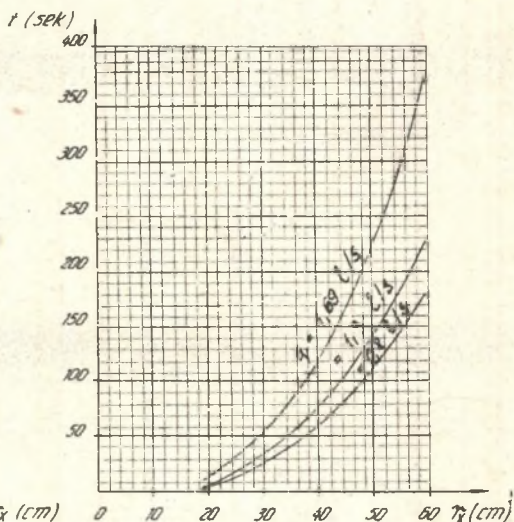
Dla tarczy płaskiej i stożkowej usytuowanej w odległości 5 do 10 cm od końca rury centr.



Dla tarczy płaskiej i stożkowej usytuowanej w odległości 5 do 10 cm od końca rury centr.



Dla tarczy płaskiej i stożkowej usytuowanej w odległości 10 do 20 cm od końca rury centr.



Dla tarczy płaskiej i stożkowej usytuowanej w odległości 10 do 20 cm od końca rury centr.

Rys. 15. Wykresy prędkości przepływu strumienia wody w kierunku poziomym od tarczy odbijającej do ścian osadnika oraz czasu przepływu jako funkcji promienia "r" i ilości przepływającej wody "q" x

Tabela 2

Zestawienie pomierzonych i teoretycznych prędkości przepływu  
tarcza stożkowa  
 $q = 1,3 \text{ l/sek}$

Sposób wprowadzenia wody do rury centr.	Odległość tarczy odbijającej od rury centr. cm	Przepływ wody $q$ l/sek	Pomierzone czasy przepływu na poszczególnych odcinkach 11, 12, 13 oraz w rurze centr.				Obliczona na podstawie pomierzonych czasów średnie prędkości przepł. na tych odc. $V = \frac{q}{F}$				Oblicz teoret. prędkości przepł. na poszczeg. odcinkach $V = \frac{q}{F}$			
			rura centr. sek.	t1 sek.	t2 sek.	t3 sek.	rura centr. mm/sek.	11 mm/sek.	12 mm/sek.	13 mm/sek.	rura centr. mm/sek.	11 mm/sek.	12 mm/sek.	13 mm/sek.
wprowadzenie przewodem gumowym skierowanym bezpośrednio w dół	5	1,3	9	5	9	17	116	40	22	12	74	15	6,5	3,4
	7,5	1,3	10	5	9	17	105	40	22	12	74	15	6,5	3,4
	10	1,3	10	7	10	19	110	28	20	9,6	74	15	6,5	3,4
	15	1,3	11	8	11	20	105	25	18	10	74	10	4,0	2,2
	20	1,3	11	9	12	22	110	22	17	9,1	74	10	4,0	2,2
wprowadzenie przewodem gumowym skierowanym pionowo do góry	5	1,3	13	8	10	25	91	25	20	8	74	15	6,5	3,4
	7,5	1,3	14	9	13	25	78	22	15	8	74	15	6,5	3,4
	10	1,3	14	10	14	27	79	20	14	7,5	74	15	6,5	3,4
	15	1,3	14	10	17	40	82	20	12	5	74	10	4,0	2,2
	20	1,3	15	12	17	38	80	17	12	5,3	74	10	4,0	2,2

Tabela 3

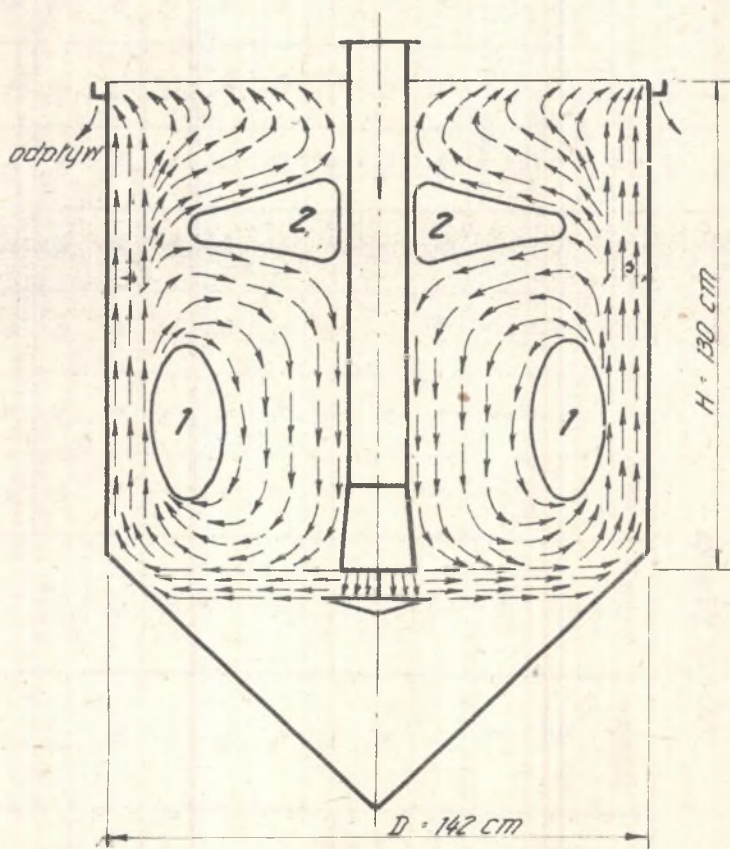
Zestawienie pomierzonych i teoretycznych prędkości przepływu  
tarcza płaska  $q = 1,3 \text{ l/sek}$

Sposób namierzania wody do rurę centr.	Odległość tarczy odbijającej od rurę centr. cm	Przepływ wody $q$ l/sek	Pomierzone czasy na poszczeg. odcinkach 1, 12, 13 oraz w rurze centr.				Obliczenie na podst. pomierzonych czasów średnie prędk. przepływu na tych odc. $v = \frac{q}{F}$ (mm/sek)				Oblicz teoret. prędkości przepł. na tych odc. $V = \frac{q}{F}$ (mm/sek)			
			rura centr. sek.	11 sek	12 sek	13 sek	rura centr. mm/sek	11 mm/sek	12 mm/sek	13 mm/sek	rura centr. mm/sek	11 mm/sek	12 mm/sek	13 mm/sek
Wprowadzenie przewodem gumowym bezpośrednio skierowanym w dół	5	1,3	9	8	11	24	116	25	18	8,3	74	15	6,5	34
	7,5	1,3	9	8	12	25	120	25	17	8,0	74	15	6,5	34
	10	1,3	10	9	12	25	110	22	17	8,0	74	15	6,5	34
	15	1,3	11	10	14	27	105	20	14	7,4	74	10	4,0	2,2
	20	1,3	11	10	14	30	110	20	14	6,7	74	10	4,0	2,2
Wprowadzenie przewodem gumowym skierowanym pionowo do góry	5	1,3	13	9	15	27	61	22	13	7,4	74	15	6,5	34
	7,5	1,3	14	9	15	30	78	22	13	6,7	74	15	6,5	34
	10	1,3	14	10	15	30	74	20	13	6,7	74	15	6,5	34
	15	1,3	15	11	17	35	77	18	12	5,7	74	10	4,0	2,2
	20	1,3	15	14	18	40	80	14	11	5,0	74	10	4,0	2,2

### 3.3. Równomierność przepływu w komorze przepływowej

Przy badaniach równomierności przepływu w komorze przepływowej zastosowano tarczę odbijającą płaską, umieszczoną w odległości 7,5 cm od wylotu rury centralnej.

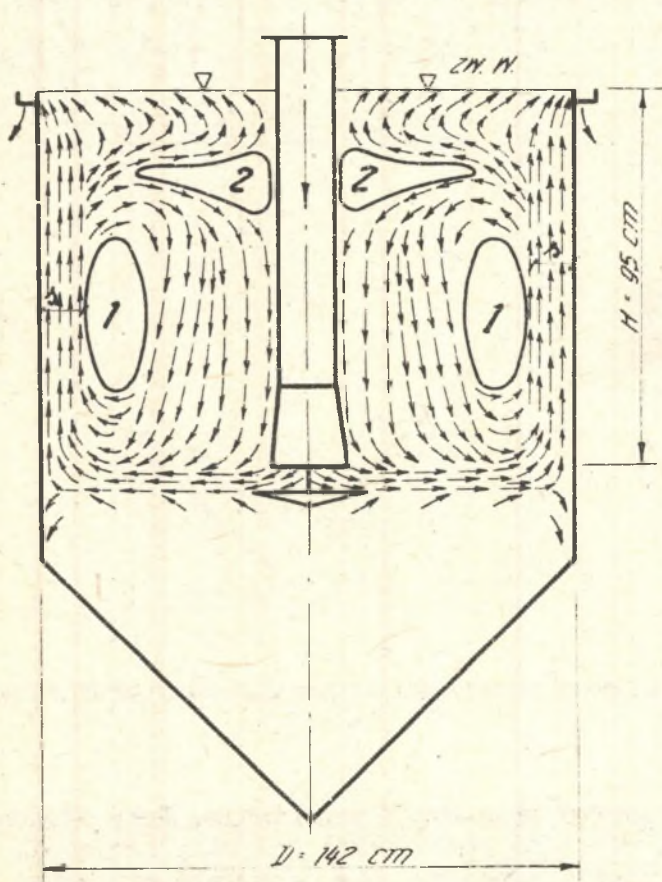
W stosowanych dotychczas osadnikach pionowych przyjmuje się średnice do 8,0 m, przy czym stosunek wysokości rury centralnej do średnicy osadnika wynosi 1:1 do 1:3. W przeprowadzonych badaniach stosowano więc różne głębokości rury centralnej, odpowiadające stosunkom  $H:D$  od 1:1 do 1:3. Za pomocą przedstawionych uprzednio metod barwienia wody określono kierunki strumieni płynącej wody, które przedstawiono na rysunkach 16, 17,



Rys. 16. Schemat przepływu strumieni wody przy stosunku  $H:D = 1:1,10$

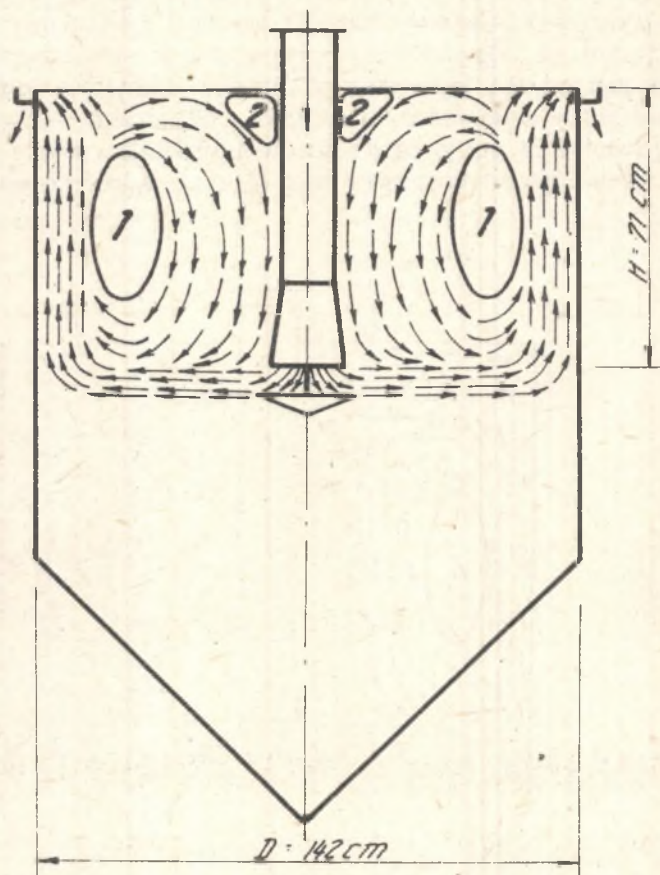


18, 19 i 20. Stwierdzono, że przy większych głębokościach rury centralnej, wypływający z niej strumień wody po dopłynięciu do ścian osadnika wznosił się pionowo do góry na całym obwodzie, przy czym jego szerokość "S" wahała się w granicach 12-15 cm, co stanowi około 0,20 promienia osadnika. Po osiągnięciu około  $\frac{2}{3}$  wysokości komory przepływowej, strumień rozszerzał się i rozszczepiał. Część wody płynęła w kierunku rury centralnej, po czym zmieniała kierunek w stronę krawędzi przelewowej. Druga część wody spływała ku dołowi osadnika, aż do strumienia wypływającego z rury centralnej i wnikała w niego. W wyniku takich przepływów tworzyły się dwa zasadnicze wiry "1" i "2".



Rys. 17. Schemat przepływu strumieni wody przy stosunku  $H:D = 1:1,50$

Przy stopniowym zmniejszaniu głębokości rury centralnej wir "2" zostaje unoszony ku górze aż do zupełnego zaniku, a na powierzchni zwierciadła wody pojawiają się dwa kierunki prze-



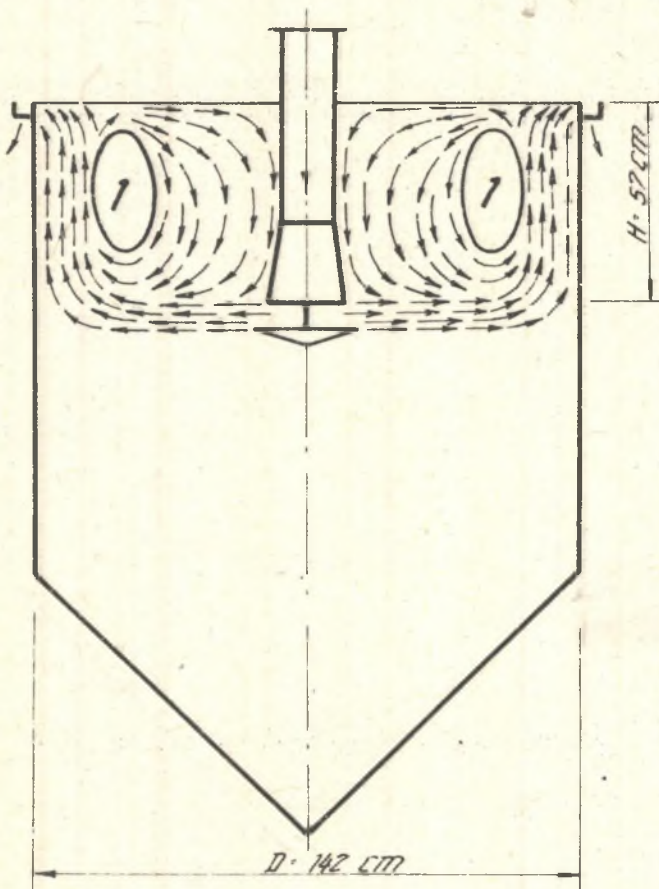
Rys. 18. Schemat przepływu strumieni wody przy stosunku  $H:D = 1:2$

pływu: do korony przelewu i przeciwnie. Przy stosunku  $H:D = 1:3$  tworzy się nawet na powierzchni pas wody stojącej.

Zmiana ilości przepływu nie odgrywała widocznej różnicy na przebieg strumieni wody.

Wynika stąd, że korzystniejszy jest osadnik głęboki, gdy  $H:D = 1:1$ , gdyż warstwa wody płynącej całym przekrojem ku gó-

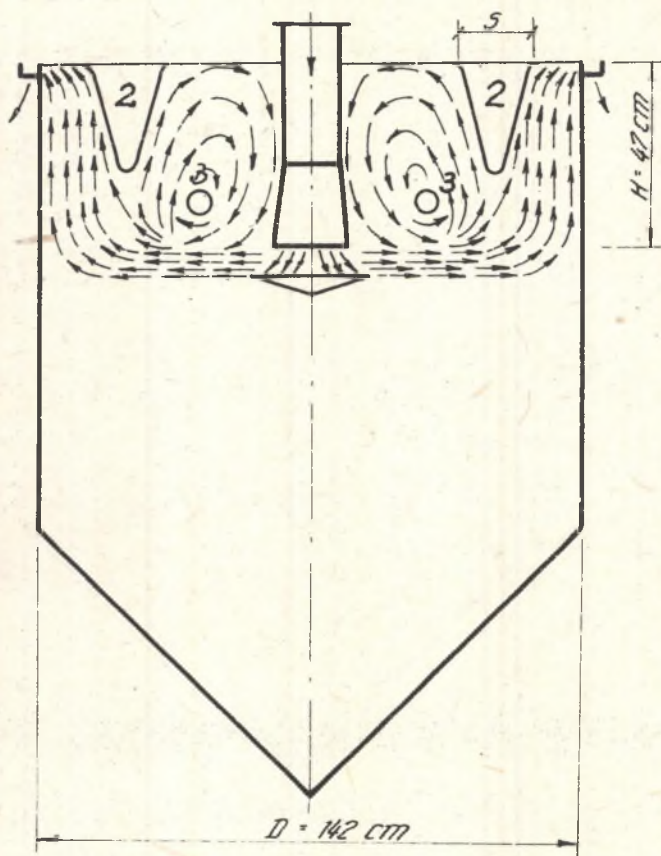
rze wtedy jest wyższa. Przez zastosowanie jedynie tarczy odbijającej nie można uzyskać równomiernego przepływu w całym przekroju osadnika, wobec czego faktyczne prędkości przepływu będą



Rys. 19. Schemat przepływu strumieni wody przy stosunku  $H:D = 1:2,5$

większe od założonych w obliczeniach. Na skutek zwiększonych prędkości pionowych efekt opadalności zawieszin zmniejszy się, a silny strumień wody wypływający z rury centralnej stanowi dodatkową, jak gdyby izolującą warstwę, utrudniającą przedostanie się drobniejszych zawieszin do komory osadowej.

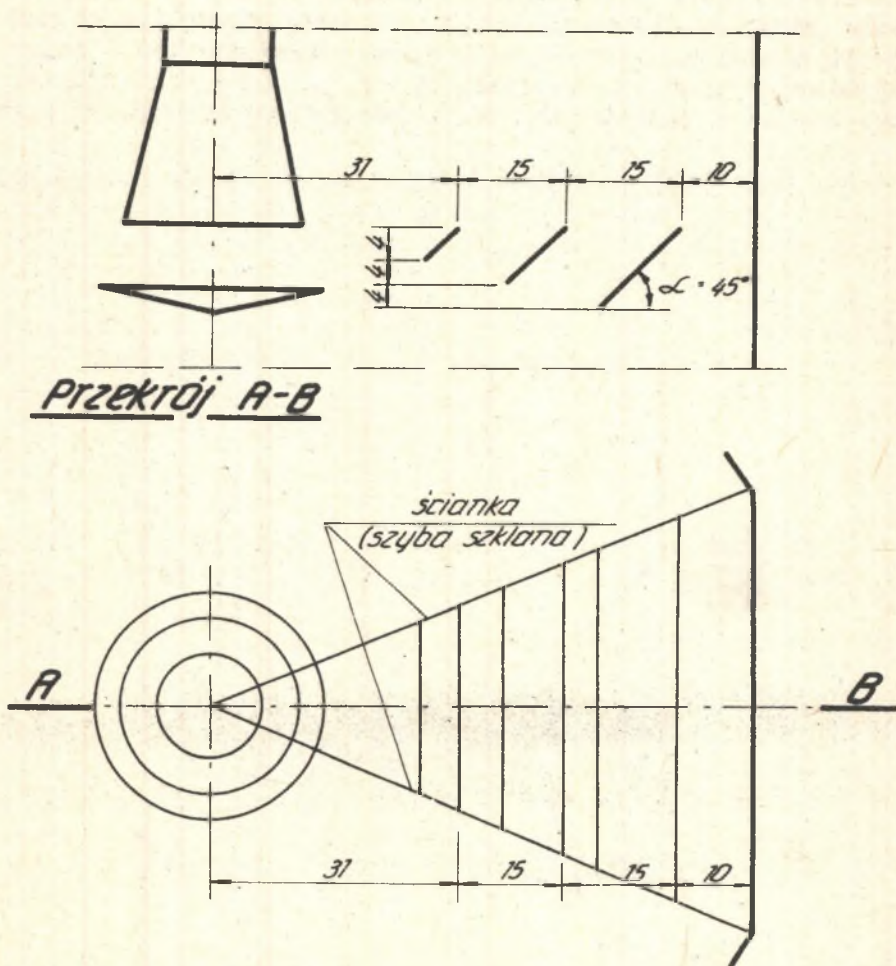
Celem dalszych doświadczeń było rozdzielenie tego strumienia i skierowanie części wody w kierunku pionowym ku górze tuż przy rurze centralnej i środkowej części osadnika. Po wielu



Rys. 20. Schemat przepływu strumieni wody przy stosunku  $H:D = 1:3$ .

próbach wykonano ostatecznie 3 pierścienie z blachy stalowej rozmieszczone centrycznie wokół rury centralnej. Najbardziej równomierny przepływ uzyskano dla wymiarów i kształtów tych pierścieni rozmieszczonych w sposób przedstawiony na rys. 21.

Jak już podano, przy tarczy odbijającej płaskiej, umieszczonej w odległości 7,5 cm od rury centralnej, wypływający strumień był poziomy ( $\alpha_2 = 0$ ). Wynikałoby z tego, że ostatni naj-

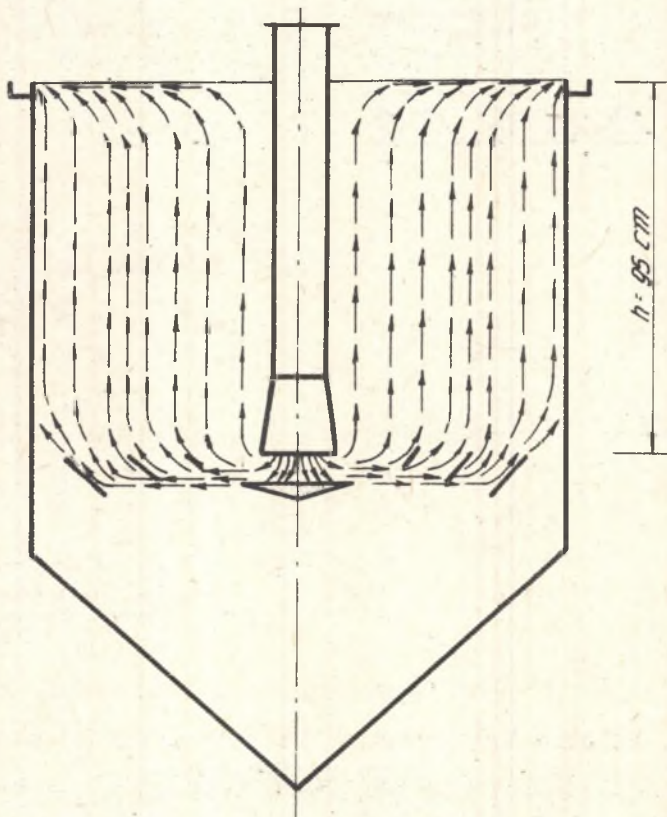


Rys. 21. Schemat usytuowania pierścieni rozdzielczych wokół rury centralnej

nżej położony pierścień winien się znajdować w płaszczyźnie tarczy odbijającej. Po zainstalowaniu jednak tych pierścieni okazało się, że strumień ten został jak gdyby zepchnięty w dół

i kąt  $\alpha_2$  wynosił  $3-5^\circ$ . Wobec tego drogą kolejnych prób obniżono te pierścienie aż do otrzymania najbardziej równomiernego przepływu, który uzyskano przy przedstawionym wzajemnym usytuowaniu i wymiarach poszczególnych pierścieni.

Posługując się omówioną na wstępie metodyką badań, narysowano przebieg strumieni - rys. 22. Woda płynęła w całym przekroju w kierunku pionowym ku górze. Wykonano też 5 zdjęć tego zjawiska w pewnych odstępach czasu, w miarę jak strumienie wody, a wraz z nimi i barwnik, wznosiły się pionowo ku górze.



Rys. 22. Schemat przepływu strumieni wody w przekroju pionowym osadnika z pierścieniami rozdzielczymi

4. Wnioski

1. Stosowanie tarcz odbijających jest konieczne, ale niewystarczające dla uzyskania równomiernego przepływu w osadniku pionowym, niezależnie od ich kształtu, wymiarów i usytuowania względem rury centralnej. Należy stosować tarczę odbijającą płaską, umieszczoną na głębokości  $\frac{d}{2}$  i średnicy  $d_1 = 2d$ , ( $d$  - średnica rury centralnej).
2. Wprowadzenie wody do rury centralnej należy wykonywać przewodem usytuowanym w środku rury centralnej, z wylotem skierowanym do góry. Wylot ten winien znajdować się na głębokości  $\frac{d}{2}$  pod zwierciadłem wody ( $d$  - średnica rury centralnej).
3. W świetle przeprowadzonych badań wydaje się, że obliczenia długości rury centralnej wg wzoru

$$h = 0,8 H$$

gdzie "H" jest wysokością komory przepływowej, nie jest uzasadnione w odniesieniu do osadników o różnych średnicach z następujących powodów:

Wypływający strumień wody z rury centralnej płynie ku ścianom osadnika, przy czym kąt  $\alpha_2$  względem poziomu - rys. 12 i 13 - posiada różną wartość, zależną głównie od kształtu tarczy odbijającej. Komora przepływowa zaczyna się w miejscu, w którym poziomy strumień wody przy ścianach osadnika zmienia kierunek na pionowy ku górze, czyli że położenie tego punktu jest funkcją kąta  $\alpha_2$  i średnicy osadnika.

Zatem długość rury centralnej winna być określana w następujący sposób:

$$h = H - (h_x + R \cdot \operatorname{tg} \alpha_2)$$

gdzie:

H - jest wysokością komory przepływowej,

$h_x$  - odległością tarczy odbijającej od wylotu rury centralnej,

R - promieniem osadnika.

Wydaje się, że w ten sposób obliczona długość rury centralnej jest poprawna i zapewni przepływ przez całą wysokość komory przepływowej.

4. Korzystniejsze pod względem równomierności przepływu są osadniki głębokie, to jest takie, których stosunek wysokości rury centralnej do średnicy osadnika leży w granicach 1:1 do 1:1,5. Jak wynika z przedstawionych schematów przepływu, warstwa tuż pod zwierciadłem wody, w której istnieje ruch pionowy ku górze i poziomy w kierunku krawędzi przelewu, jest tym większa, im rura centralna jest głębiej zanurzona, tj. wtedy, gdy stosunek  $H:D$  zbliża się do jedności.
5. Z uwagi na równomierny przelew na całym obwodzie osadnika korzystniejsze jest wykonanie krawędzi przelewowej w kształcie piły (ząbkowanej). Krawędź przelewowa płaska stwarza trudności przy jej wykonawstwie i w eksploatacji, gdyż na skutek minimalnych różnic (np. w osiadaniu osadnika) zaistnieć mogą znaczne różnice w równomierności odpływu do koryta zbiorczego na całym obwodzie osadnika, a to z kolei może spowodować wiry w komorze przepływowej. Jak wynika z przeprowadzonych badań, stosowanie dodatkowych koryt zbiorczych z przelewami w osadnikach głębokich nie jest potrzebne, gdyż woda płynie od rury centralnej w kierunku obwodu (krawędzi przelewowej). Jedynie przy osadnikach płytkich o dużej średnicy, dla których stosunków  $H:D = 1:2$ , stosowanie dodatkowych okrężnych bądź rozmieszczonych po promieniu dodatkowych koryt przelewowych jest celowe i może mieć zastosowanie, a to na skutek występujących na powierzchni wody przepływów w dwu przeciwnych kierunkach i nawet powierzchni martwych.
6. Wprowadzenie do osadnika tzw. "pierścieni rozdzielających" wpływa bardzo korzystnie na równomierność przepływu w osadnikach pionowych. Przeprowadzone doświadczenia wykazały, że wystarczą 3 pierścienie rozstawione w sposób podany na rys. 21. Górna krawędź wszystkich pierścieni winna leżeć w płaszczyźnie krawędzi dolnej rury centralnej, natomiast wysokość pierwszego pierścienia (w pionie) winna wynosić  $\frac{h}{2}$  drugiego "h", a trzeciego  $1,5 h$ , gdzie "h" jest odległością tarczy odbijającej od krawędzi rury centralnej.  
Nachylenie wszystkich pierścieni względem poziomu winno wynosić  $\alpha = 45^\circ$ , a promienie poszczególnych pierścieni:  
dla pierwszego  $r_1 = 0,44 r$



dla drugiego  $r_2 = 0,65 r$

dla trzeciego  $r_3 = 0,66 r$

gdzie "r" jest promieniem osadnika.

Wszystkie podane parametry przyjęto jako wartości średnie z serii wykonanych doświadczeń.

7. Zastosowanie pierścieni rozdzielających spowodowało nie tylko bardziej równomierny - i co ważniejsze - jednokierunkowy przepływ w osadniku, ale również w pewnym stopniu wyeliminowało silny strumień wody wypływającej z rury centralnej i płynącej poziomo w kierunku ścian osadnika. Strumień ten jest rozdzielany i nie dochodzi do ścian osadnika, gdyż ostatni pierścień kieruje go w całości do góry. W ten sposób najłżejsze zawiesiny mogą swobodnie opadać przy ścianach osadnika w dół i spływać do komory osadowej. Jednym z zasadniczych zarzutów, jakie stawia się osadnikom pionowym, stanowi trudność przedostawania się trudno opadalnych zawiesin do komory osadowej, izolowanej silnym strumieniem wody wypływającej z rury centralnej. Wada ta została wyeliminowana dzięki zastosowaniu pierścieni rozdzielających.
8. Spełnienie wymienionych warunków pozwoli na uzyskanie w praktyce przepływów w osadnikach pionowych zbliżonych do teoretycznie postulowanych, to znaczy zapewni równomierny przepływ w całym obliczeniowym przekroju osadnika. Należy oczekiwać, że dzięki temu efekt pracy osadników pionowych, zależny od równomierności przepływu, będzie niewątpliwie poprawiony.

#### LITERATURA

- [1] Sziszkin Z.N., Karelin J.A., Kołobanow S.K., Jakowlew S.W. Żak G.Ł.: "Kanalizacja" Wydawnictwo Budownictwo i Architektura - Warszawa 1957.
- [2] Babbitt H.E.: "Sewerage and Sewage Treatment" VII Ed. John Wiley N.York USA - 1956.

- [3] Fiedorow N.F., Szifrin S.M., Szigarin G.G., Pisjenson J.B. "Kanalizacyjnyje sieti i sorużenia Gosstożiżdat". Moskwa 1961.
- [4] Szifrin S.M.: "Sowremiennyje sposoby mechaniczeskoj oczistki stocznych wod" - Gostrożiżdat Moskwa 1956.
- [5] Muszkalay L. i Vagas J.: "Modification of the tracer measuring method in settling basins". Wage and Industry Wastes 1958 Nr 9, p. 1101.
- [6] Fair G.M., Geyer J.C.: "Water supply and Waste - Water Disposal" John Wiley, N.York USA 1956.
- [7] Gienjew N.N., Abramow N.N. i Pawłow W.J.: "Wodociagi" Budownictwo i Architektura - Warszawa 1957.
- [8] Johnstone R.E., Thring M.W.: "Instalacje chemiczne - Instalacje doświadczalne, modele i metody powiększania skali - Warszawa 1960.
- [9] Wills R.F. and Davis C.: "Flow Patterns in a rectangular sewage sedimentation tank" International Conference on Water Pollution Research at Church House, Westminster, London 1962.
- [10] Glinicki Z., Roman M.: "O metodzie badań zbiorników przepływowych przy pomocy wskaźników" Gaz, Woda i Technika Sanitarna 3. 1960.
- [11] Kowal L.: "Ustalenie pojemności czynnej osadnika za pomocą znaczonej falii przepływu". Gaz, Woda i Technika Sanitarna 10, 1960.
- [12] Ambrose H., Bauman E.R., Fowler A.B.: "Therec Tracer Methods for Determining Detention Times in Primary Clarifiers" Sew. and Ind. Waste, 1, 1957.

ВЛИЯНИЕ НЕКОТОРЫХ ФАКТОРОВ НА РАВНОМЕРНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ ВОДЫ  
В ВЕРТИКАЛЬНЫХ ОТСТОЙНИКАХ

## Р е з ю м е

В статье представлены результаты проведенных исследований влияния конструкции подвода и отвода воды на равномерность движения воды в вертикальных отстойниках, а в особенности:

1. метода подвода воды в центральную трубу,
2. применения отражательных щитов,
3. применения распределительных колец,
4. гидравлических условий в осадочной части отстойника при различной глубине центральной трубы и применении распределительных колец.

Силезский политехнический институт  
Кафедра водоснабжения и канализации

INFLUENCE OF SOME FACTORS ON UNIFORM FLOW  
OF THE WATER IN VERTICAL SETTLING TANKS

## S u m m a r y

On the model of the vertical settling tank in the technical scale some researches regarding influx constructions of vertical settling tanks were carried especially:

1. Means of introduction the water to a central pipe.
2. The shape and location of the target.
3. Uniform flow in the flow chamber.
4. Adaptation of the seperate rings.

Silesian Technical University at Gliwice  
Chair of Water Supply and Sewage