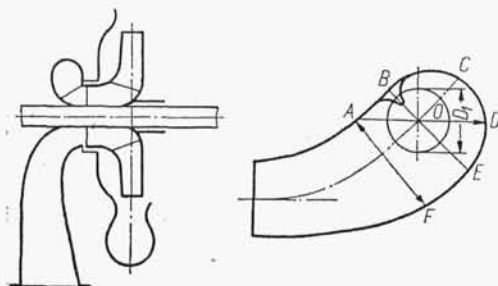


Rys. 14.2. Komora ssawna współśrodkowa z żebrami *A* i *B* zapobiegającymi powstawaniu krążeńia cieczy przed wlotem do wirnika

W dużych pompach odśrodkowych i helikoidalnych wał przechodzi przez element wlotowy na zewnątrz pompy. Stosuje się wtedy komory ssawne z bocznym króćcem dolotowym. Komory ssawne mogą być współśrodkowe (rys. 14.2) lub spiralne (rys. 14.3). Ukształtowanie spirali powinno sprzyjać powstawaniu niewielkiego wstępnego krętu zgodnie z kierunkiem obrotu wirnika, w żadnym przypadku przeciwnie, gdyż spowodowałoby to znaczny spadek sprawności. Spiralną komorę ssawną mają pompy jednostopniowe średnie i duże, pompy z wirnikami o dwustronnym wlocie (rys. 11.24) oraz pompy wmontowane króćcami ssawnym i tłocznym w ciąg przewodów układu pompowego (rys. 11.23).

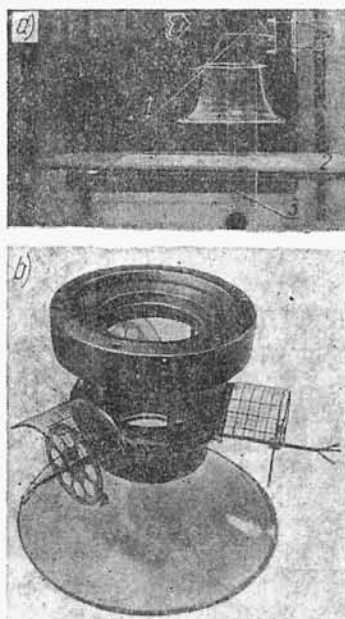


Rys. 14.3
Komora dopływowa (ssawna) spiralna z żebrami w płaszczyźnie *BO* zapobiegającym krążeniu cieczy przed wlotem do wirnika

14.3. Leje wlotowe pomp swobodnie zanurzonych

Ten rodzaj elementów wlotowych jest stosowany w pompach diagonalnych i śmigłowych o układzie pionowym swobodnie zanurzonych w cieczy. Leje wlotowe stosuje się obecnie w pompach do maksymalnej wydajności $Q_{\max} = 15\,000 \text{ m}^3/\text{h}$. Lej ssawny jest elementem stosunkowo prostym, łatwym do wykonania i stosowania, stąd jego popularność w rozwiązaniach konstrukcyjnych pomp w układzie pionowym, swobodnie zanurzonych w zbiorniku ssawnym. Dotychczasowe wyniki badań pracy pomp z lejami wskazują, że kształt oraz usytuowanie pomp w komorze dopływowej (ssawnej) pompowni mają niekiedy znaczny wpływ na spadek ciśnienia oraz na pole prądu w przekroju wlotowym wirnika. Przy stosunkowo dużym poborze mocy pomp (1000 kW i więcej) straty energii z powodu mało sprawnych pomp są dość duże i nie mogą być pomijane.

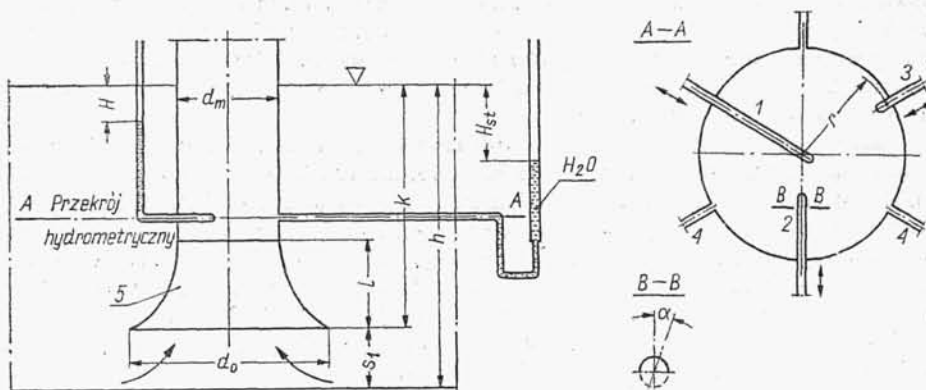
Ze względu na wzrost wydajności pomp i na związane z tym zwiększające się zastosowanie pomp diagonalnych i śmigłowych w układzie pionowym, swobodnie zanurzonych, zagadnienie kształtu lejów wlotowych oraz kształtu komór ssawnych spotyka się z coraz większym zainteresowaniem i doczekało się już wielu opracowań i prac badawczych, m.in. przez G. Wosnaka [25], D. Surka [26], G. Hutarewa [27], M. Stępniewskiego [28], U. Domma, P. Rosemanna i H. Siebmann [29], W.W. Weltmera [39].



Rys. 14.4

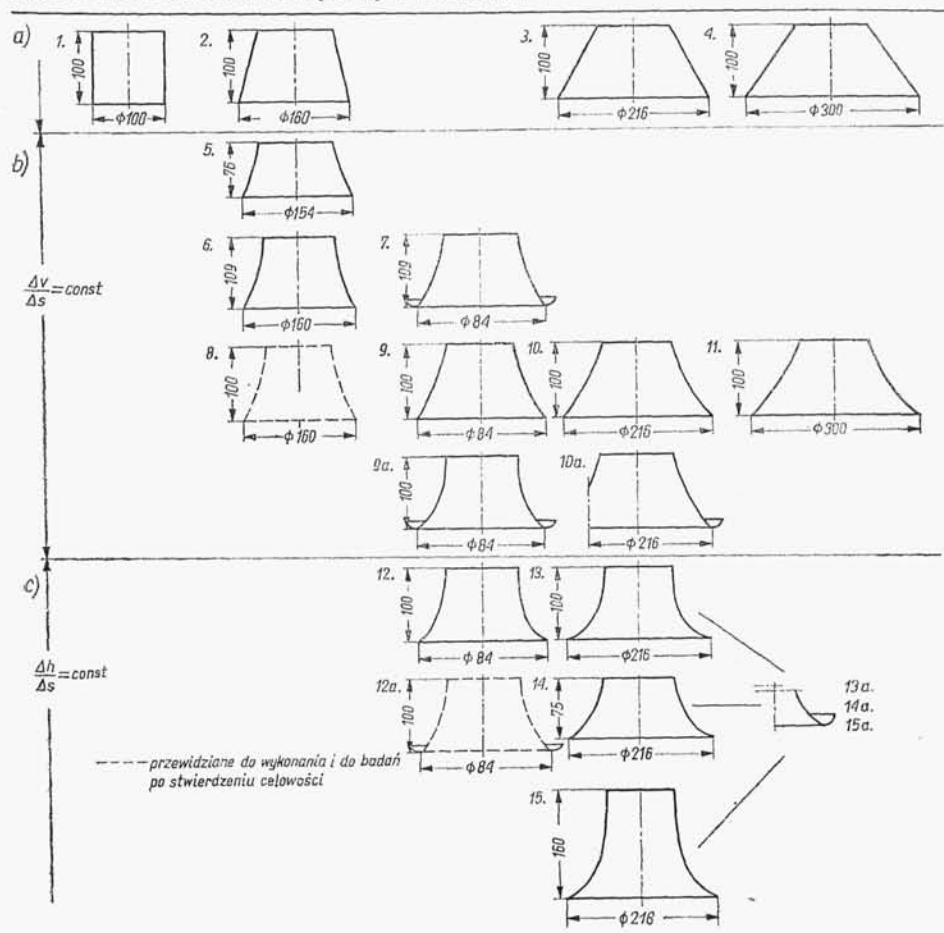
Stanowisko do badań modeli lejów wlotowych:
a) widok zbiornika badawczego, b) widok głowicy pomiarowej z trzema prędkościomierzami piętrzącymi w przekroju hydrometrycznym oraz z badanym lejem; 1 — głowica pomiarowa, 2 — regulowana płyta dna, 3 — podziałka

Głównym celem badań przeprowadzonych przez autora [28] było stwierdzenie m.in. wpływu kształtu lejów ssawnych na pole prądu w przekroju hydrometrycznym, odpowiadającym przekrojowi wlotowemu wirnika pomp diagonalnych i śmigłowych oraz pomiar wysokości strat hydraulicznych w lejach wybranych kształtów, a także stwierdzenie wpływu żeber prostujących w leju, obrzeża leja o różnej krzywiznie oraz stożka prowadzącego pod lejem na wysokość strat hydraulicznych w leju. Ponadto przeprowadzono próby stwierdzenia wpływu odległości leja od dna zbiornika na przepływ w leju oraz obserwowano tworzenie się wirów powietrznych sznurowych. Na podstawie



Rys. 14.5. Schemat głowicy pomiarowej; 1, 2, 3 — prędkościomierze piętrzące, 4 — otwory piezometryczne, 5 — badany lej modelowy

Tablica 14.1. Zestawienie badanych lejów modelowych



wyników badań dokonano eliminacji optymalnych kształtów do dalszych badań lejów w większej skali bądź wielkości naturalnej oraz z uwzględnieniem wpływu zawirowania.

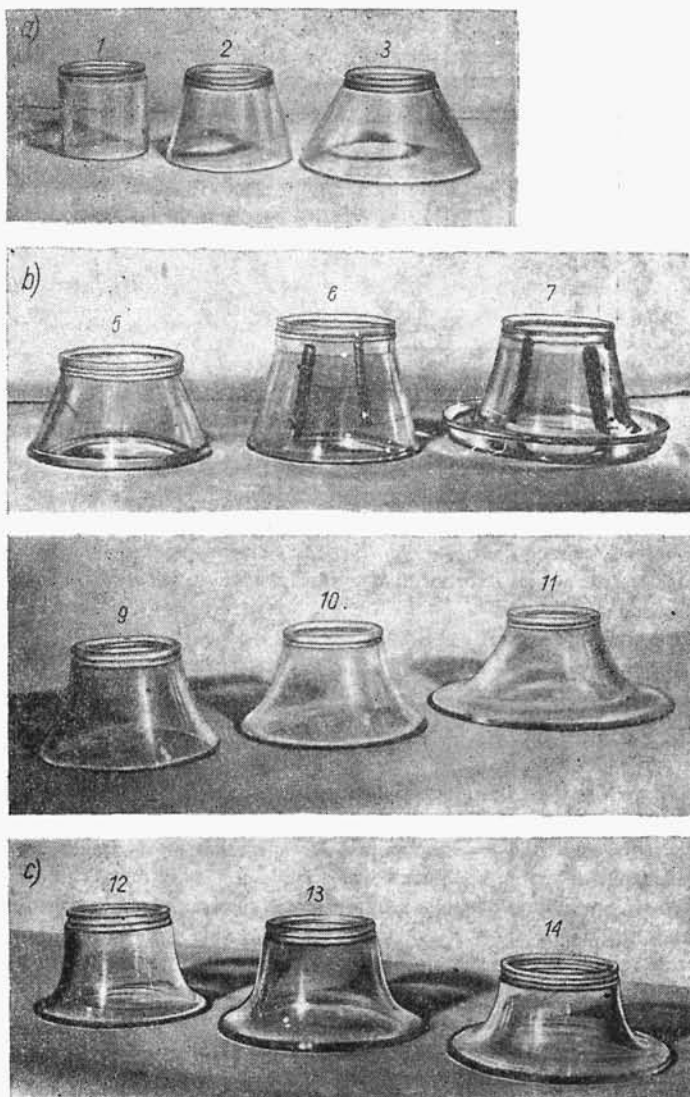
Badania prowadzono w oszklonym otwartym zbiorniku (rys. 14.4a), w którym umieszczono głowicę pomiarową (rys. 14.4b). Schemat ustawienia głowicy przedstawiono na rys. 14.5. U dołu głowicy jest umocowany badany lej 5. W przekroju hydrometrycznym zainstalowano trzy prędkościomierze piętrzące 1, 2, 3 do pomiaru wysokości i kierunku prędkości bezwzględnej oraz trzy otwory piezometryczne 4 do pomiaru spadku ciśnienia statycznego. Obieg wody w układzie lewarowym podlega regulacji natężenia przepływu. Przed dopływem do obszaru pomiarowego (w zbiorniku) zainstalowano sita uspokajające.

Badaniom zostały poddane modele lejów wybranych kształtów zestawione w tabl. 14.1 i przedstawione na rys. 14.6. Wszystkie modele oprócz nr 15, dla umożliwienia obserwacji wizualnych, zostały wykonane ze szkła organicznego (pleksiglasu). Grupa lejów nr 1—4 (rys. 14.6a i tabl. 14.1) ma prostokątną powierzchnię wewnętrzną, leje nr 5—11 (rys. 14.6b) mają kształty zapewniające stały przyrost prędkości wzdłuż osi leja ($\Delta v / \Delta s = \text{const}$), grupa lejów o nr 12—15 spełnia warunek stałego spadku wysokości ciśnienia wzdłuż osi leja ($\Delta h / \Delta s = \text{const}$). Ponadto odejmowalne żebra prostujące miały leje nr 6 i 7 oraz wymienne obrzeża — leje nr 9, 10, 13, 14 i 15.

Średnica wylotowa lejów była stała i równa średnicy d_m przekroju hydrometrycznego, natomiast średnice wlotowe d_0 zostały zróżnicowane jednakowo dla wszystkich grup.

Dla warunku przepływu

$$\Delta v / \Delta s = \text{const} \quad (14.1)$$



Rys. 14.6. Widok badanych lejów modelowych zestawionych w tabl. 14.1

kształt (wewnętrzny) leja określa zależność

$$d_x = \frac{d_0}{\sqrt{1 + \frac{x}{l} \left[\left(\frac{d_0}{d_m} \right)^2 - 1 \right]}} \quad (14.2)$$

gdzie: d_0 — średnica wlotowa leja, $d_m = 100$ mm — średnica wylotowa, l — wysokość leja, x — odległość od krawędzi wlotowej (dolnej) leja.

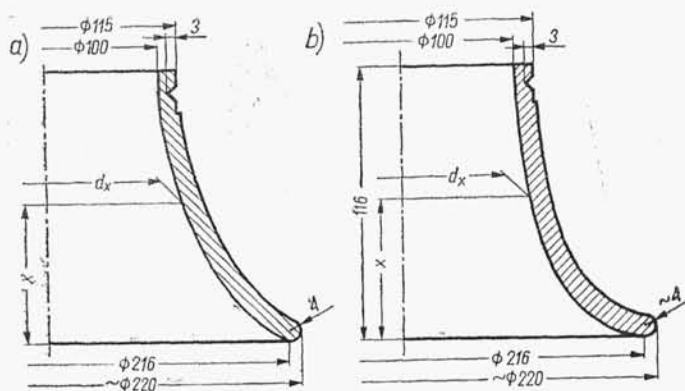
Na rys. 14.7a przedstawiono lej nr 10 ukształtowany zgodnie z zależnością (14.2).

Dla warunku przepływu

$$\Delta h / \Delta s = \text{const} \quad (14.3)$$

kształt leja określa równanie

$$d_x = \frac{l}{\sqrt[4]{1 - \frac{x}{l} \left[1 - \left(\frac{d_0}{d_m} \right)^4 \right]}} \quad (14.4)$$



Rys. 14.7. Konstrukcje lejów: a) nr 10 ukształtowanego wg formuły $\Delta v/\Delta s = \text{const}$, b) nr 13 ukształtowanego wg formuły $\Delta h/\Delta s = \text{const}$

Na rysunku 14.7b przedstawiono lej nr 13 ukształtowany wg tej zależności. Na podstawie pomiarów obliczono dla każdego kształtu leja wartość współczynnika strat hydraulicznych ζ w funkcji natężenia przepływu Q i odległości s_1 leja od dna zbiornika (rys. 14.5) oraz sporządzono wykres strat dla leja nr 10 (rys. 14.8), a następnie wykres zbiorczy dla wszystkich badanych lejów (rys. 14.9).

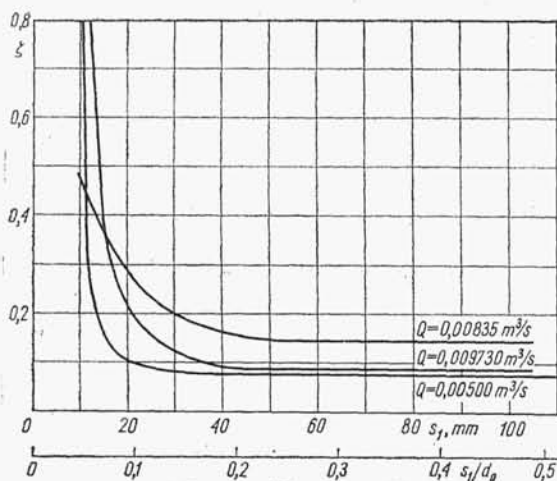
Współczynnik strat wyznaczono z zależności

$$\zeta = \frac{h_{str}}{H_{dyn}} = \frac{H_{st} - H_{dyn}}{H_{dyn}} \quad (14.5)$$

gdzie: H_{st} — średni spadek ciśnienia statycznego mierzony w przekroju hydrometrycznym, H_{dyn} — wysokość średniej prędkości w tym przekroju, h_{str} — straty przepływu w leju.

W wyniku badań i pomiarów stwierdzono m.in. że:

- wysokość strat hydraulicznych oraz kształt prądu w leju zależą przede wszystkim od jego kształtu,
- kształty lejów spełniające warunek $\Delta h/\Delta s = \text{const}$ powodują mniejsze straty hydrauliczne, niż wszystkie pozostałe leje (z wyjątkiem leja nr 7 z obrzeżem),
- obrzeża o łagodnej krzywiźnie wpływają dodatnio na zwiększenie równomierności przepływu oraz zmniejszenie jego straty (lej nr 7),
- pewien wpływ na wartość strat w leju ma odległość s_1 od dna zbiornika; nie stwierdzono wprawdzie istnienia optimum, jednak istnieją dostateczne podstawy do twierdzenia, iż dla każdego kształtu leja można określić minimalną odległość s_1 , powyżej której straty przepływu pozostają prawie niezmiennie,
- duży wpływ na wysokość strat mają żebra prostujące wewnątrz leja,



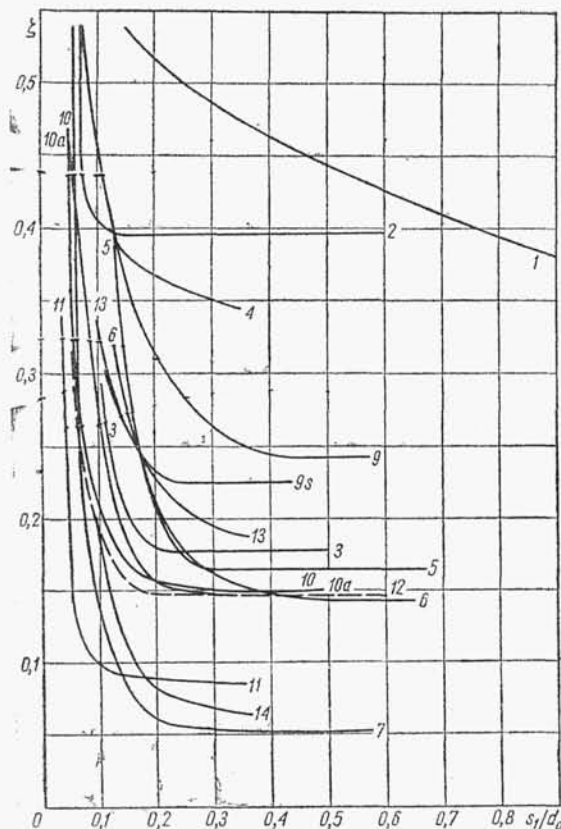
Rys. 14.8

Wykres zależności współczynnika strat hydraulicznych ζ w leju nr 10 w funkcji odległości s_1 od dna zbiornika dla różnych wartości przepływu Q

— stożki kierujące (jak np. 2 na rys. 14.10) nie zmniejszają strat hydraulicznych, ale powodują ich stabilność i umożliwiają zmniejszenie odległości s_1 .

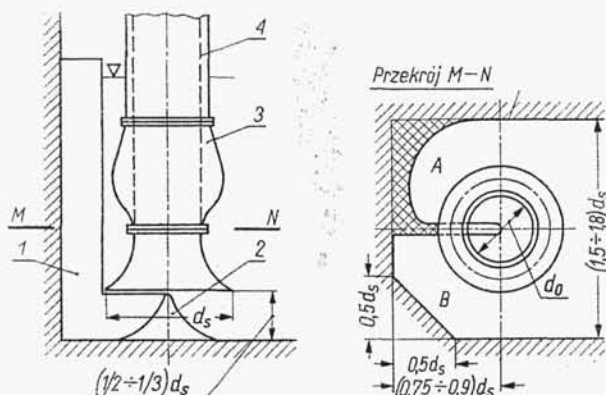
W zakończeniu badań została wysunięta sugestia ich kontynuacji, z uwzględnieniem zawirowania i przy użyciu lejów w większej skali, współpracujących z rzeczywistymi pompami.

Na rys. 14.10 przedstawiono stosowane w obecnych projektach przybliżone kształty i wymiary komór ssawnych otwartych i usytuowanie w nich pomp. Na uwagę

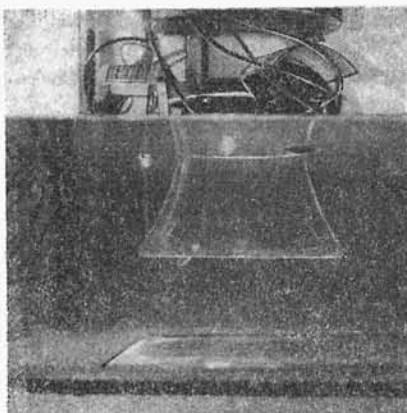


Rys. 14.9

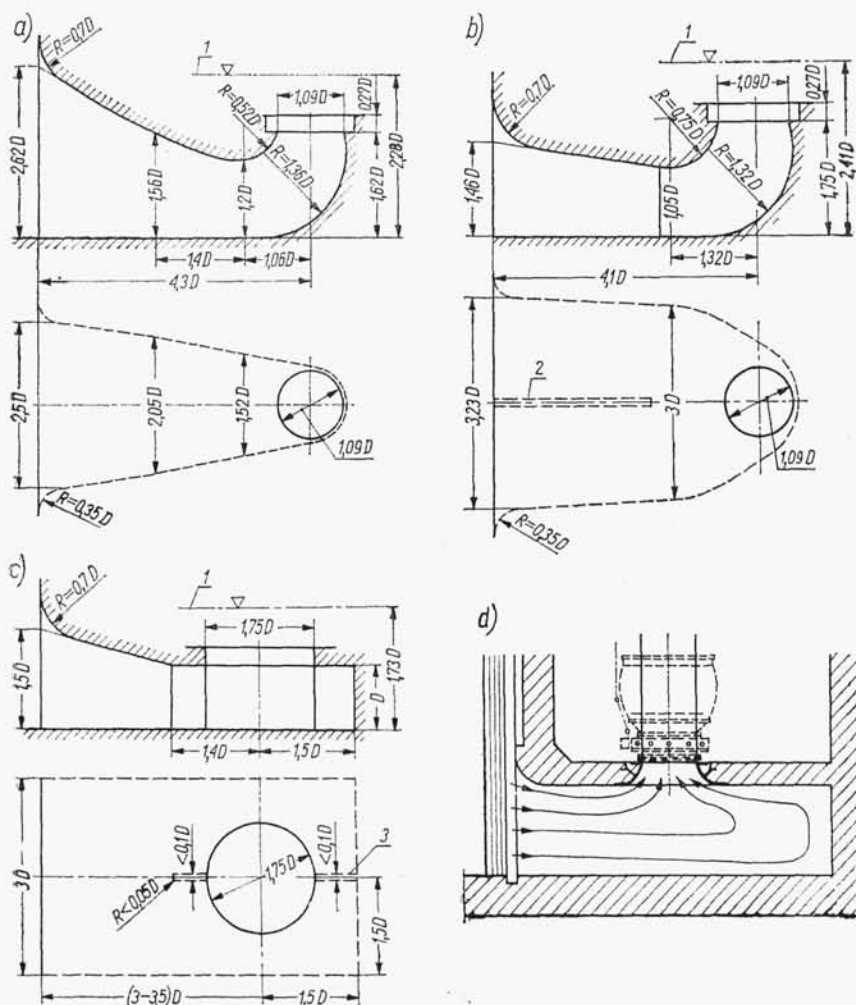
Wykres zbiorczy zależności współczynników strat hydraulicznych ζ we wszystkich badanych lejach w funkcji stosunku s_1/d_0 dla nominalnego przepływu $Q = 0,00840 \text{ m}^3/\text{s}$ (oznaczenia cyfrowe krzywych odpowiadają nr lejów w tabl. 14.1)



Rys. 14.10. Kształty i przybliżone wymiary otwartych komór ssawnych: A — zarys komory wg przybliżonego pola prądu, B — zarys uproszczony; 1 — przegroda zapobiegająca zawirowaniu cieczy w komorze przed dopływem do wirnika, 2 — stożek kierujący, 3 — pompa diagonalna, 4 — pompa śmigłowa



Rys. 14.11
Powietrzny wir sznurowy sięgający do wnętrza
leja ssawnego



Rys. 14.12. Kształty i podstawowe wymiary: a), b) kolanowych rur ssawnych, c) komory ssawnej zamkniętej (wg WIGM), d) przekrój południkowy komory ssawnej zamkniętej z naniesionymi przybliżonymi liniami prądu [29]; 1 — płaszczyzna średniego przekroju wlotowego na łopatkach wirnika, 2 — przegroda, 3 — żebra zapobiegające zawirowaniu cieczy

zasługuje zastosowanie żebra prostującego I , zapobiegającego powstawaniu zawirowania w komorze ssawnej wskutek wstecznego oddziaływania wirnika¹⁾ oraz ustawienie pod lejem stożka prowadzącego 2.

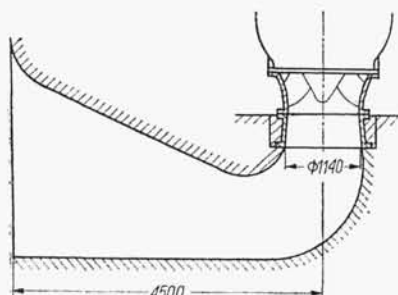
Należy tu również wspomnieć o innym zjawisku związanym z kształtem lejów i komór ssawnych. Jest nim tworzenie się *wirów sznurowych* wokół leja pompy sięgających niekiedy do jego wnętrza i umożliwiających zasysanie powietrza. Powoduje to nierównomierne zasilanie wirnika, niewyrównoważenie masy wody w jego obrębie, hałaśliwą pracę pompy i zmniejszenie jej sprawności.

W badaniach modelowych [28] przeprowadzono wizualną obserwację powstawania wirów sznurowych w zależności od natężenia przepływu oraz głębokości zanurzenia leja. Na rys. 14.11 widoczny jest wir sięgający aż do wnętrza leja.

Zagadnienie wpływu kształtu lejów wlotowych i komór ssawnych na pracę pomp nie zostało dostatecznie i wyczerpująco opracowane, a więc wymaga dalszych badań.

14.4. Kolanowe rury ssawne i komory ssawne zamknięte

W diagonalnych i śmigłowych pompach pionowych o wydajnościach powyżej 15 000 m³/h (granica orientacyjna) leje ssawne, jako zakończenie pomp swobodnie zanurzonych, nie zapewniają poprawnego dopływu cieczy do wirnika, w szczególności nie zabezpieczają przed powstawaniem zawirowania w obszarze wlotowym wirnika. W tych przypadkach są stosowane *kolanowe rury ssawne* (metalowe lub betonowe) (rys. 14.12a, b) oraz *komory ssawne zamknięte* (rys. 14.12c,d).



Rys. 14.13
Kolanowa dopływowa rura ssawna pompy diagonalnej typu 140D40 produkcji Warszawskiej Fabryki Pomp; $Q = 17500 \text{ m}^3/\text{h}$

Przekrój wlotowy kolana lub komory ssawnej jest prawie zawsze prostokątny, zaś wlot do komory wirnikowej ma kształt kołowy. Zmiana kształtu przekroju rury kolanowej od prostokątnego wlotu do kołowego wylotu następuje płynnie. Przy dużych wymiarach szerokości kolana lub komory ssawnej (w płaszczyźnie poziomej) stosuje się dodatkową pionową przegrodę.

Zastosowanie kolanowej rury ssawnej betonowej do pompy diagonalnej typu 140D40 ($Q = 17500 \text{ m}^3/\text{h}$, $H = 22 \text{ m}$) przedstawiono na rys. 14.13.

¹⁾ Autorowi znany jest przypadek pracy pompy diagonalnej o wydajności $Q = 12500 \text{ m}^3/\text{h}$. Bez żebra prostującego w komorze ssawnej pompa wykazywała zaniżoną sprawność oraz wahania poboru mocy ok. 10% przy wyraźnie niespokojnej pracy. Zastosowanie żebra wyeliminowało wahania poboru mocy, spowodowało bardziej spokojną pracę oraz zwiększyło sprawność o 5÷7%.