

ROZDZIAŁ VI.

ODWODNIENIE MECHANICZNE.

Ustrój ogólny. W wypadkach, gdy wysoki stan w odbieralniku, lub przeszkody naturalne, stojące na drodze do niego, nie pozwalają na bezpośrednie odprowadzenie wody z obszaru odwadnianego drogą grawitacyjną, okazuje się potrzeba zastosowania odwodnienia sztucznego, polegającego na przelewaniu wody drogą mechaniczną do wyżej położonego odbiornika, lub poprzez przeszkody stojące na drodze swobodnemu odpływowi.

Odwodnienie sztuczne okazuje się więc niezbędne w wypadkach takich, jak długotrwałe wody wysokie w rzece, stanowiącej odbiornik, brak naturalnego spadku niziny zabagnionej w jego stronę, trudności połączone z wykopaniem nowego odpływu dostatecznie głębokiego (np. na gruntach obcych), odwodnienie nisko leżących dolin nadmorskich, gdzie wskutek przypływu i odpływu poziom w odbiorniku podlega wahaniom.

Niewątpliwie w kraju naszym, w większej swej części typowo-nizinnym, odwodnienie mechaniczne może znaleźć znaczne rozpowszechnienie i umożliwić w wielu przypadkach pomyślne rozwiązanie melioracji. Nawiasowo jednak należy zauważyć, że ten sposób odwodnienia może być tylko zastosowany wówczas, gdy inne wszystkie okazują się niemożliwe, a to z powodu dużych kosztów zakładowych i znacznych kosztów eksploatacyjnych. Pomimo to zastosowanie mechanicznego odwodnienia rozpowszechniło się znacznie w wielu krajach, a to dzięki dużym ulepszeniom w budowie odpowiednich urządzeń pomocniczych. Zauważyć należy, że poza urządzeniami podnoszącymi wodę, funkcjonowanie odwodnienia zależy od właściwego układu sieci kanałów i pomocniczych urządzeń

wodnych. Jednakże jako postulat w ogólnym ustroju przyjąć należy rozdział wód obcych i wysokich, które grawitacyjnie mogłyby być odprowadzane do odbiornika, od wód niskich, które muszą być pompowane.

Jeśli nizina z wyżej położonym odbiornikiem ma być odwodniona, potrzebne są następujące urządzenia:

1) obwałowanie niziny dla zabezpieczenia jej od zbyt wysokiej wody odbiornika;

2) rowy graniczne i opaskowe, przeznaczone do chwytania wód obcych powierzchniowych i gruntowych, a pochodzących z wyżej położonych okalających miejscowości;

3) sieć rowów wewnętrznych osuszających i zdolnych doprowadzać wodę do urządzeń przelewowych;

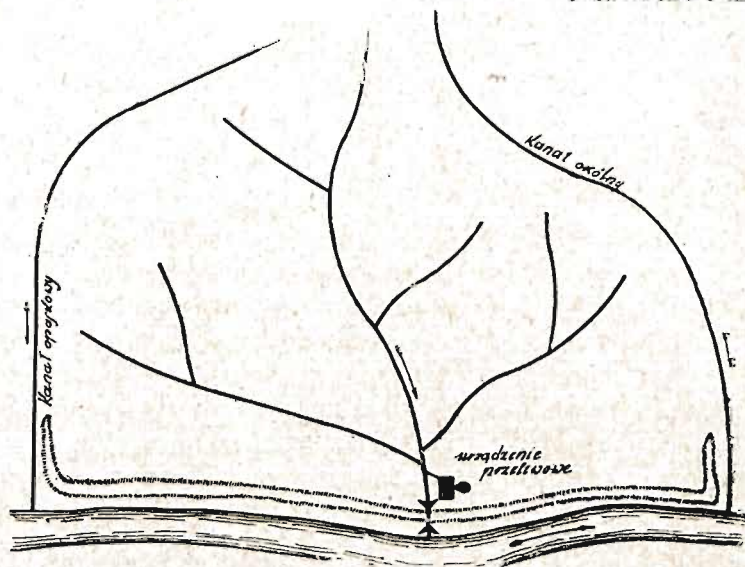
4) przepust na kanale głównym w najniższym miejscu niziny, a przeznaczony dla swobodnego wypuszczania wody, gdy czasowo niski poziom w odbiorniku na to pozwala. Możliwe jest tu zastosowanie samoczynnych upustów, zamykających się w razie nagłych przyborów i otwierających się przy opadaniu wody w odbiorniku;

5) urządzenia mechaniczne, przeznaczone do przelewania wody, położonej zazwyczaj bezpośrednio przy wyżej wspomnianym przepuście. Składa się ono z pomp i silników.

Rozkład ogólny rowów wewnętrznych tego rodzaju odwodnienia niewiele zasadniczo różni się od odwodnienia zwykłego, jedynie że wszystkie kanały główne winny być skierowane do wspólnego miejsca w bliskości odbieralnika, a zwykle stanowiącego najniższe miejsce niziny odwadnianej, gdzie urządzony zostaje zbiornik, z którego następuje przelewanie wody zapomocą urządzeń mechanicznych.

Koszt, jaki pociąga za sobą mechaniczne przelewanie wody, zmusza do szukania środków, dążących do jego ograniczenia, a polega to z jednej strony na zabezpieczeniu niziny przed zalewem wód zewnętrznych, napływających z góry bądź zdołu, oraz na odprowadzeniu drogą naturalną tej części wody, która ze względu na swe położenie może być wten sposób odprowadzona. Osiągnąć to można, jak wyżej było wspomniane, z jednej strony przez otoczenie doliny groblami, zapobiegającymi podtapianiu jej, z drugiej zaś otoczenie kanałami opaskowymi, które byłyby w możności wody napływające z wyższych miejscowości uchwycić i drogą naturalną od-

prorowadzić do odbiornika (Rys. 64). Jeśli nizina odwadniana w swych poziomach jest różnorodną, to należy rozdzielić ją i dać możność miejscom wyżej położonym odwadniania ich drogą grawitacyjną dzieląc w ten sposób sieć kanałów odwadniających na części, odprowadzające wody osączone drogami naturalnymi i takie, które doprowadzają je do urządzeń przelewowych.



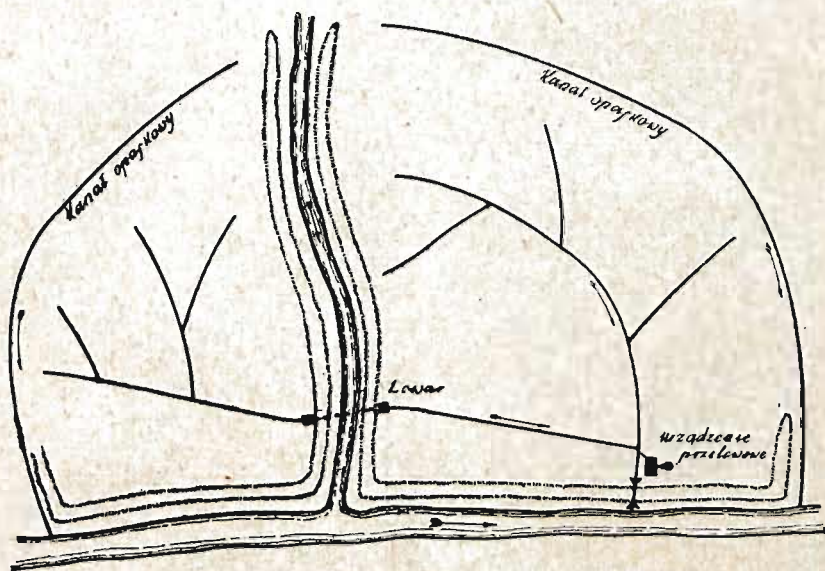
Rys. 64.

Mogą być też wypadki, gdy obszar odwadniany zostaje rozdzielony na części o różnych wysokościach w ten sposób, że wyższe części w chwilach wód niskich w odbiorniku mogą być odwadniane grawitacyjnie, zaś niższe części przez cały rok są osuszane mechanicznie. Wówczas potrzebna jest oddzielna dla każdej części kanalizacja i każda z nich posiada własny zakład przepompowywania z różnymi wysokościami podnoszenia wody, ekonomiczniejsze jednakże być może połączenie tych zakładów.

W zwykłych wypadkach woda bywa przelewana wprost do głównego odbiornika, jak rzeka lub jezioro. Gdy jednak wodostan w odbiorniku jest zmienny, jak to bywa z morzami, to urządzenia przelewowe zwykle podnoszą wodę tylko do sztucznego zbiornika pośredniego z którego woda po obniżeniu się poziomu w odbiorniku głównym (w morzach podczas odpływu), może samoczynnie spływać.

Do takich zbiorników zapasowych odprowadzają wodę i kanały opaskowe, a w takim razie mogą one być napełniane tylko do określonego poziomu, poczem pompy, przelewające wodę kanałów osuszających, muszą zaprzestać swą czynność, aby nie wywoływać szkodliwego spiętrzenia wody w kanałach opaskowych. Zbiorniki te winny więc być dość wielkie, aby umożliwić nieprzerwaną pracę urządzeń przelewowych.

W wypadkach, gdy nizinę odwadnianą przecina rzeka, któraby niepomrotnie powiększała ilość wody zabagniającej dolinę, należy dążyć do odprowadzenia jej drogą okólną, lub też zabezpieczyć ni-

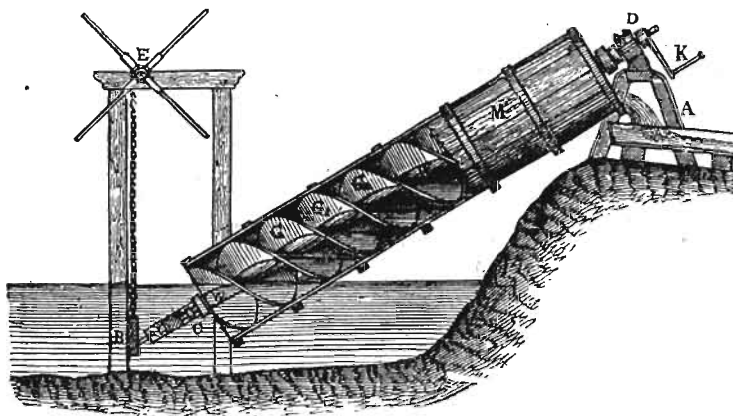


Rys. 65.

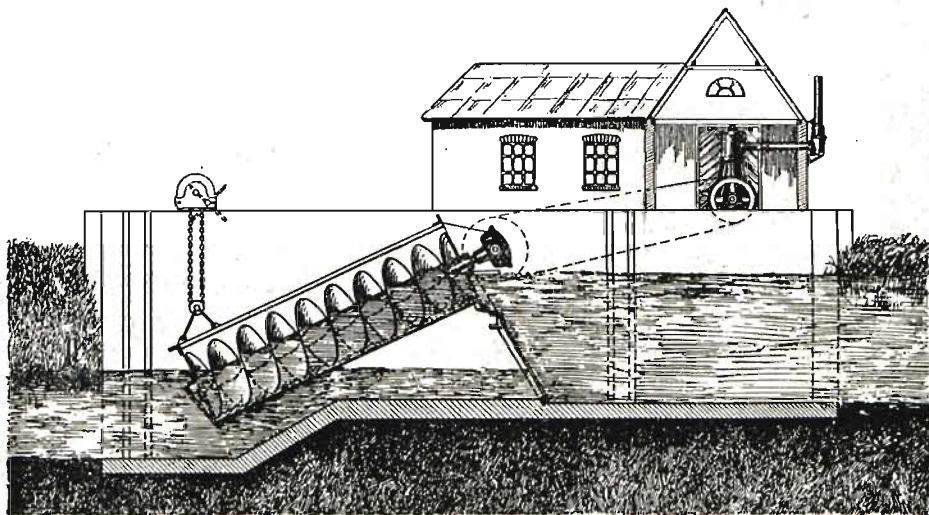
zinę od wód rzecznych przez obwałowania i wykluczenie w ten sposób rzeki z odwodnienia (Rys. 65). Wobec rozdzielenia doliny w ten sposób wałami na części, może okazać się celowe dla uniknięcia budowy dwóch lub więcej urządzeń przelewowych, połączenie kanałów odwadniających różne części niziny zapomocą lewarów, zbudowanych pod łóżyskiem obwałowanej rzeki.

Dążeniem urządzenia odwadniającego winno być zredukowanie do minimum zarówno kosztów zakładowych, jak i kosztu eksploatacji, co jedynie da się skutecznie przez ograniczenie z jednej strony ilości wody sztucznie podnoszonej, z drugiej zaś wysokość podno-

szenia. Dobór odpowiednich urządzeń podnoszących wodę, zarówno jak silników, wprowadzających w ruch podnośniki, jest rzeczą również pierwszorzędnej wagi. Te wszystkie czynniki rozpatrzone zostaną poniżej.



Rys. 66.

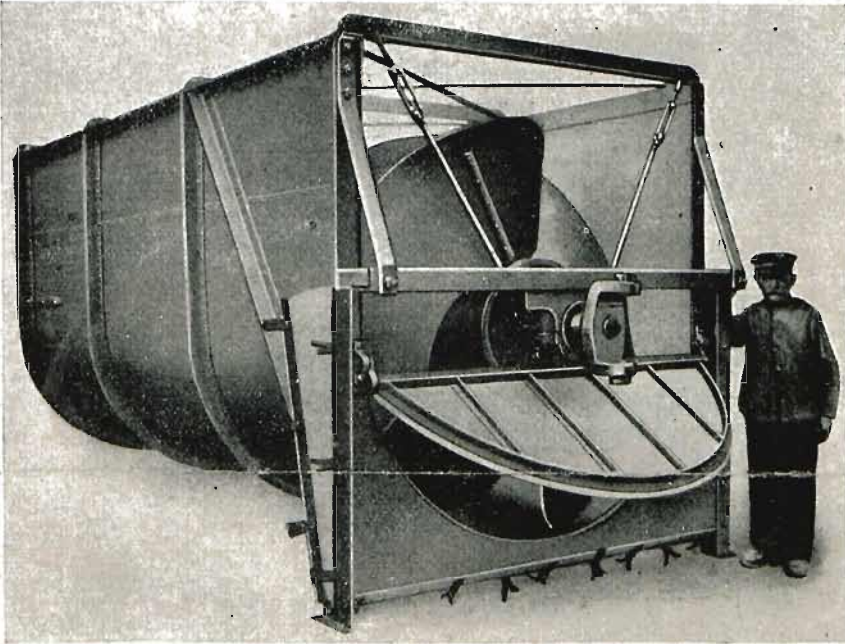


Rys. 67.

Mechanizmy podnoszące wodę. Pomiędzy tego rodzaju mechanizmami w użyciu są podnośniki wodne i pompy.

Najprostszym, oraz od niepamiętnych czasów stosowanym w celach odwodnienia podnośnikiem jest śruba Archimedes, skła-

dająca się z połączonych na stałe drewnianej lub metalowej rury, oraz śruby wewnątrz niej umieszczonej (Rys. 66). Podnośnik ten znajduje zastosowanie do wysokości podnoszenia wody 4,5 m, oś jego nie powinna być silniej nachylona niż 30° w stosunku do poziomu, śruba Archimedesowa buduje się długości do 8 m i 0,2 — 1 m średnicy, na metr bieżący przypada 3 — 4 skoków śruby. Ponieważ przy podnośnicy śrubowej cały ciężar wody, który w niej jest za-



Rys. 68.

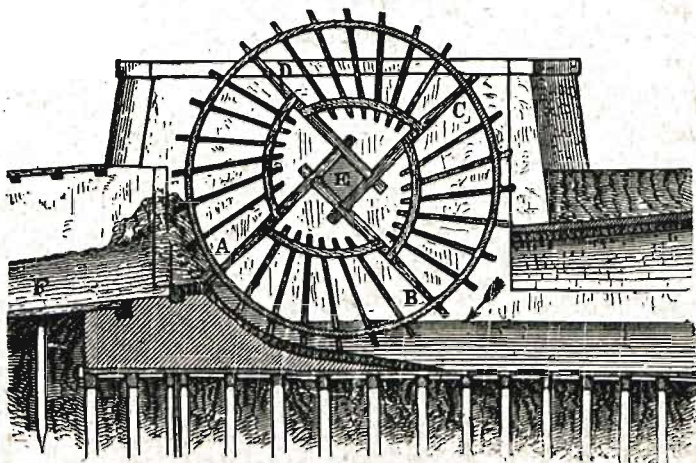
warty, obciąża oś, na której ona się obraca, to tarcie w łożysku dolnym jest nadmiernie wielkie, co w budowie jej musi być uwzględnione.

To też poza wyżej opisanymi śrubami w użyciu są takie, których zwoje obracają się w korycie nieruchomym (Rys. 67) drewnianem lub murowanem. Ulegają mniejszemu zużyciu niż poprzedni typ, jednak mniej nadają się do użycia przy zmiennych wodostanach. Dolna część śruby nie powinna być całkowicie zanurzona w wodzie.

Urządzenia te bywają budowane niekiedy dość znacznych rozmiarów i to obecnie całkowicie metalowe (Rys. 68).

Mechanizmy te zalecają się dzięki ich prostocie budowy i możliwości działania przy podnoszeniu wód zanieczyszczonych, wreszcie dzięki powolnemu ruchowi obrotowemu. Sprawność mechanizmu wynosi 0,7 — 0,75.

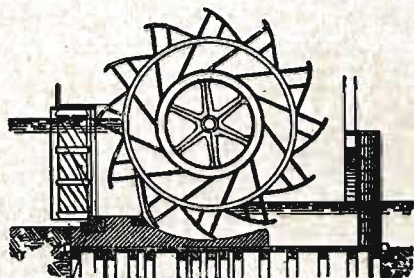
W mniejszym już dziś użyciu są rzutnice, czyli koła zaopatrzone w łopatki, które będąc obracane za pomocą silnika, zagarniają wodę i podnoszą ją (Rys. 69). Są one używane szczególnie w Holandji



Rys. 69.

przy niewielkich wysokościach podnoszenia wody i małych zmianach poziomu. Podobne są do t. zw. kół wodnych podsiębiernych, gdzie jednak łopatki umieszczone nie są radialnie, lecz ekscentrycznie, ażeby uniknąć uderzeń przy zanurzaniu się ich w wodę dolną i aby spływ wody podniesionej ułatwić. Koła sporządzane są z drzewa, szerokości 0,45 — 0,6 m i średnicy do 6 m, lub też z żelaza przy szerokości do 2 m. Podnoszenie wody sięgać może do 2 m. Wydajność sięga 0,6 — 2 m³ na metr szerokości koła. Rzutnica porusza się w korycie, do którego doprowadzana jest woda. Koryto to, dla ułatwienia dopływu, zwęża się lejowato. W dolnej części ścianki koryta zbliżają się tak do koła, by o ile można, straty wody zabezpieczyć. Z doprowadzalnika dostaje się woda do koryta odprowadzającego, które posiada zwykle wrota samoczynne, zabezpieczające cofanie się wody z odprowadzalnika, gdy rzutnica jest nieczynna. Prędkość obwodowa koła wynosi co najmniej 0,65 m,

zwykle około 1,5 m *). Jako zalety tego urządzenia są: prostota, łatwość utrzymania, pewność ruchu przy małej prędkości, podnoszenie wody tylko tak wysoko, jak istotne poziomy górnej i dolnej wody tego wymagają. Jako wady wymienić należy wielkie rozmiary kół, straty w korycie i konieczność stałego dolnego poziomu wody. Jako przekształcenie poprzednio opisanych podnośnic są t. zw. pompy kołowe (Rys. 70), posiadające od wewnątrz łopatki ograni-



Rys. 70.

czone szczelnym bębnem na skutek czego przy wyższych wodostanach, woda nie przelewa się po łopatkach do wnętrza koła w kierunku osi jego, tak, jak to ma miejsce w rzutnicach poprzednio opisanych. Podnośnice te używane są dla zmiennych poziomów od 1,5 do 4 m. Spółczynnik wydajności ich wynosi do 60%, gdy zwykłych rzutnic 50%. Konstrukcyj podobnych istnieje kilka, jak Gouda, Fünfhausena*), Rijak'a**). Jako wady tego rodzaju konstrukcyj są wysokie koszty fundamentowania, przy napędzie pasowym kosztowne przekładnie z powodu konieczności wielkiego obniżenia ilości obrotów, wreszcie utrudnione korzystanie z urządzeń podczas mrozów.

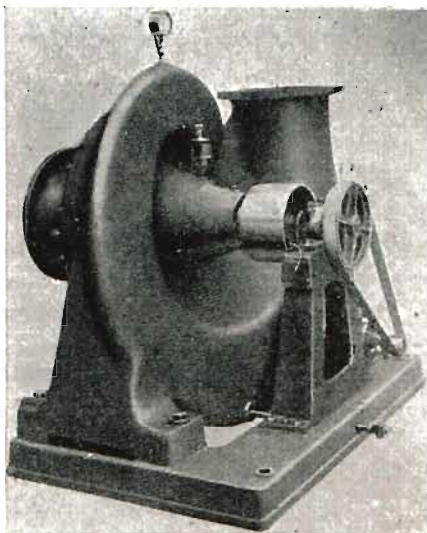
Z nowoczesnych urządzeń, służących do podnoszenia wody, pompy tłokowe dla celów odwadniania są używane rzadko; ponieważ muszą być osadzone głęboko, a przy zanieczyszczonej wodzie ulegają łatwo uszkodzeniom i stąd pochodzącym kosztownym reparacjom.

*) Bliższe szczegóły konstrukcyjne: Handbuch der Ing. Wissensch. 4 Teil, str. 17.

*) Zeitschr. d. Arch.-u. Ing.-Ver. zu Hannover, 1882, S. 191.

**) Zeitsch. f. Bauw. 1887, S. 100.

Natomiast pompy odśrodkowe i turbinowe znajdują coraz większe zastosowanie i usuwają dawne prostsze urządzenia. (Rys. 71). Są one szczególnie przydatne, gdy chodzi o wysokie podnoszenie, posiadają niewielkie rozmiary, nie mają zaworów i nie wymagają trudnego fundamentowania, dają wodę strumieniem jednostajnym i zapewniają największe bezpieczeństwo ruchu. Bez trudności dają się zastosować dla wysokości pompowania do 15 m i wydajności do 5 m³ na sek. Istnieją typy dla ciśnień małych ($H < 15$ do 20 m), średnich ($H = 20$ do 40 m) i wysokich ($H = 40$ do 250 m). Wysokość ssania dochodzi do 8 m, jednak w praktyce ogranicza się ją zazwyczaj do 3 m.

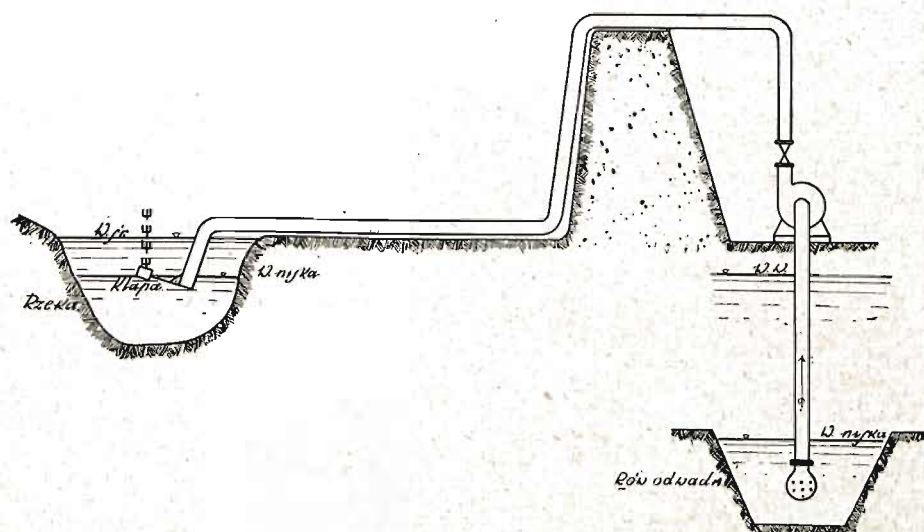


Rys. 71.

Pompy odśrodkowe z osią poziomą ustawiane ponad dolnym zwierciadłem wody, mają wyższość, bowiem są zawsze dostępne. Pompy te działają tem lepiej, im ustawione są niżej, jednak ponad poziomem wody zewnętrznej. Pompy odśrodkowe mają wielką zaletę, że działać mogą przy różnorodnych wysokościach podniesienia i ilościach wody. Poziom wody dolnej może być zmienny, zaś przy obniżającym się poziomie górnej wody, aby nie tracić na bezpotrzebnie wysokim podnoszeniu wody, w użyciu jest urządzenie syfonowe

rury tłoczącej, tak aby otwór jej wylotowy zawsze był zanurzony w wodzie. (Rys. 72).

Ilość obrotów pompy odśrodkowej może być zmienna, zależnie od potrzeby, jest ona wysoką i dochodzi w małych pompach do 2800 na minutę. wzrasta zaś w każdej, z wysokością podnoszenia wody. Granica jej wydajności zależy tylko od pewnej określonej ilości obrotów, która z praktycznych względów nie powinna być przekraczana. Wydajność pomp tych wynosi $\eta = 0,8$.



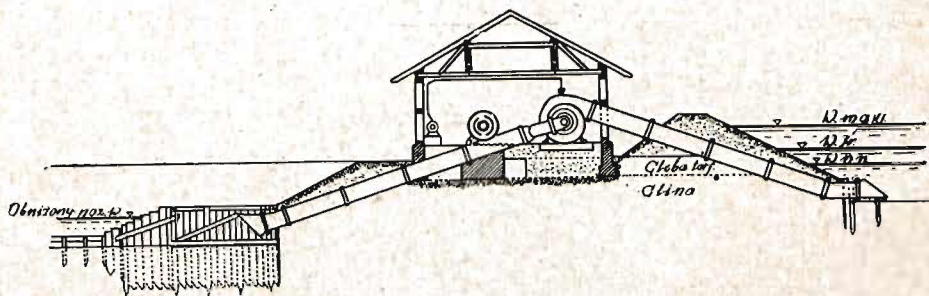
Rys. 72.

Pompy mniejsze, przed puszczeniem w ruch, muszą być zalewane wodą, co powoduje konieczność stosowania odpowiednich zasuw lub zaworów, umieszczonych w rurach ssących i tłoczących. W instalacjach większych zalanie odbywa się przez usunięcie powietrza z pomp, co uskutecznia się w instalacjach parowych zazwyczaj odpowiednim eżektorem, zaś przy zastosowaniu elektro-motorów, za pomocą pompki powietrznej.

Co się tyczy doprowadzania wody do pompy i odprowadzania jej, to rury — ssąca i tłocząca — winny być tak ułożone, by uniknąć o ile możliwości zmian kierunków i by woda poruszała się w liniach możliwie płynnych. Mniej więc korzystne jest dawanie pionowej rury ssącej, czerpiącej wodę ze studni, do której jest doprowadzana, lecz

winna ona być ułożona pochyło i oś jej zgodna z kierunkiem kanału doprowadzającego. (Rys. 73). Podobnie też i rura tłocząca winna odprowadzać wodę w kierunku kanału odprowadzającego. Przy rurach w ten sposób pochyłonych odpadają kosztowne mury oporowe ograniczające zbiornik, z którego woda jest czerpana i wogóle instalacja może być nieco tańsza, bowiem mniej kosztowne jest prowadzenie wody rurami, niż obmurowaniami kanałami.

Zakończenia rur tłoczącej i ssącej winny być lejowato rozszerzone, przytem wlot winien być skośnie obcięty do dołu, zaś wylot skośnie do góry. Wogóle wylot nie powinien być skierowany ku dnu, z tego powodu rura tłocząca zostaje wygięta w końcowej swej części poziomo. Zaopatrywaniem rury ssącej w kosz winno być zaniechane ze względu na opory. Częstokroć nawet kraty gęstsze zabezpieczające napływ drobnych zanieczyszczeń są pomijane, bowiem okazuje się, że

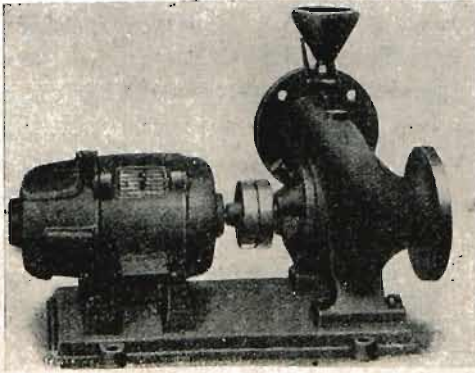


Rys. 73.

pompy dla tego rodzaju zanieczyszczenia, jak trawy, drobne kawałki drzewa, nie są czułe. Również pomijana jest często zasuwka działająca w rurze tłoczącej, natomiast zamiast niej, stosowana jest kłapa, umieszczana na wylocie. W razie instalowania kilku pomp, winny one być ustawione obok siebie, nie zaś w szeregu za sobą.

Naogół, co do budowli, związanych z tego rodzaju zakładami, da się powiedzieć, że dla pomieszczenia maszyn, o ile nie jest w zastosowaniu instalacja parowa, wystarczają często szopy drewniane, trwałość bowiem budynku okazuje się zawsze większą, niż urządzeń maszynowych; fundowanie pomp odśrodkowych na gruncie mineralnym może być ograniczone do kraty rusztowej, położonej bezpośrednio na ziemi. W gruntach torfowych należy uprzednio wybrać ziemię torfową i w ten sposób otrzymany dół wypełnić piaskiem, na którym już bezpośrednio spocząć może ruszt.

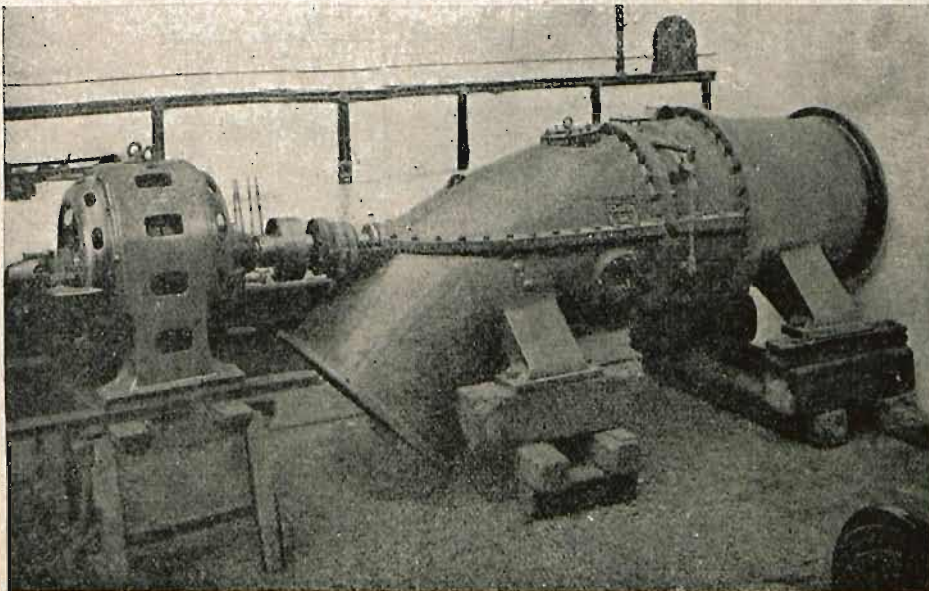
Rozpowszechnione użycie silników elektrycznych do zakładów przepompowywania wody, doprowadziło do nowych konstrukcji, polegających na bezpośrednim sprzężeniu silnika z pompą (Rys. 74). Przedstawia to



Rys. 74.

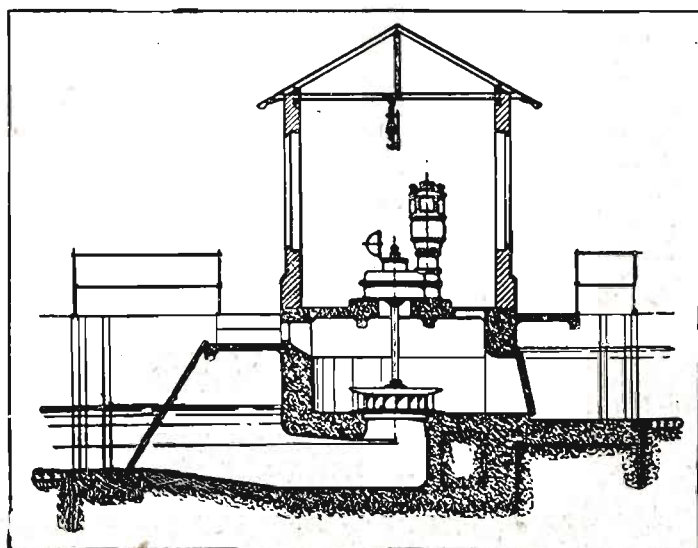
wielkie zalety, jednakże większe pompy posiadają ilość obrotów stosunkowo mniejszą i wymagają z tego powodu specjalnych elektro-motorów, pompy wówczas przybierają formę t. zw. p o m p o ś r u b o w y c h (n. Schraubenpumpen) (Rys. 75). Zapotrzebowanie miejsca jest w ten sposób ograniczone do minimum. Jest to szczególnie wskazane dla mniejszych instalacji, przy

których wówczas unika się dla pomp i rurociągów specjalnego fundamentowania.



Rys. 75.

Dotychczas omawiane pompy posiadają oś poziomą, jednakże już oddawna budowano podobne urządzenia z osią pionową. Zalety ich polegają na tem, że z jednej strony potrzebne są tylko krótkie rurociągi, tak, że opory w rurach ograniczane są do minimum i że pompy te nie potrzebują być odpowietrzniane, ponieważ wirnik znajduje się pod wodą. Pompy te, zwane podwodnymi pompami wirnikowymi, posiadają jednak i swoje wady, jako to: wirnik nie jest dostępny, koszty budowlane są dość znaczne, bowiem woda musi być doprowadzana do pompy w kanałach masywnych. Pompy te wprowadzone są w ruch często zapomocą pionowo-

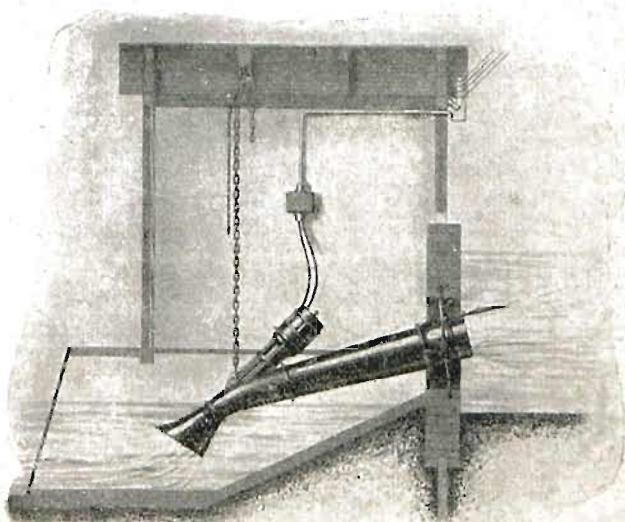


Rys. 76.

stojących elektro-motorów, osadzonych bądź bezpośrednio na wale pompy, lub sprzężonych z nim za pomocą przekładni. Obok tych pomp pionowych z obudowaniem i rurami, są również instalacje, gdzie wirnik leży swobodnie w wodzie. Są to zatem urządzenia analogiczne z turbinami wodnymi, w których wirnik, będąc obracany silnikiem w stronę odwrotną, powoduje podnoszenie wody (Rys. 76). Stroną dodatnią tych urządzeń — jest całkowite uniknięcie rurociągów i z tem związanych oporów, jednakże wobec tego, że przy wysokościach podnoszenia wody na 2 do 3 m opory tarcia zmniejszają się na tyle, iż dochodzą zaledwie do 3% istotnej różnicy poziomów, od-

pada tu ta zaleta pomp wirnikowych. Jeśli zatem mamy do czynienia z wysokościami podnoszenia wody powyżej 1 metra, korzystniej jest zwrócić się do innego sposobu rozwiązania. Im niższe są wodostany zewnętrzne i im mniejsza wysokość podnoszenia wody, tem wyraźniej zmniejszają się koszty zakładowe pomp turbinowych i tym korzystniejszy jest ich stopień wydajności w stosunku do pomp z przewodami rurowymi. Do tych tylko więc wypadków należy ograniczyć stosowanie nieobudowanych podwodnych pomp wirnikowych.

Technika ostatnich lat daje dla odwodnień, cały szereg nowych pomysłów w dziedzinie pomp specjalnych, wykazujących się wielkimi zaletami. Rys. 77 np. daje obraz nowej pompy wirnikowej Köstera, ruchomej, i dającej się instalować bez fundamentów.



Rys. 77.

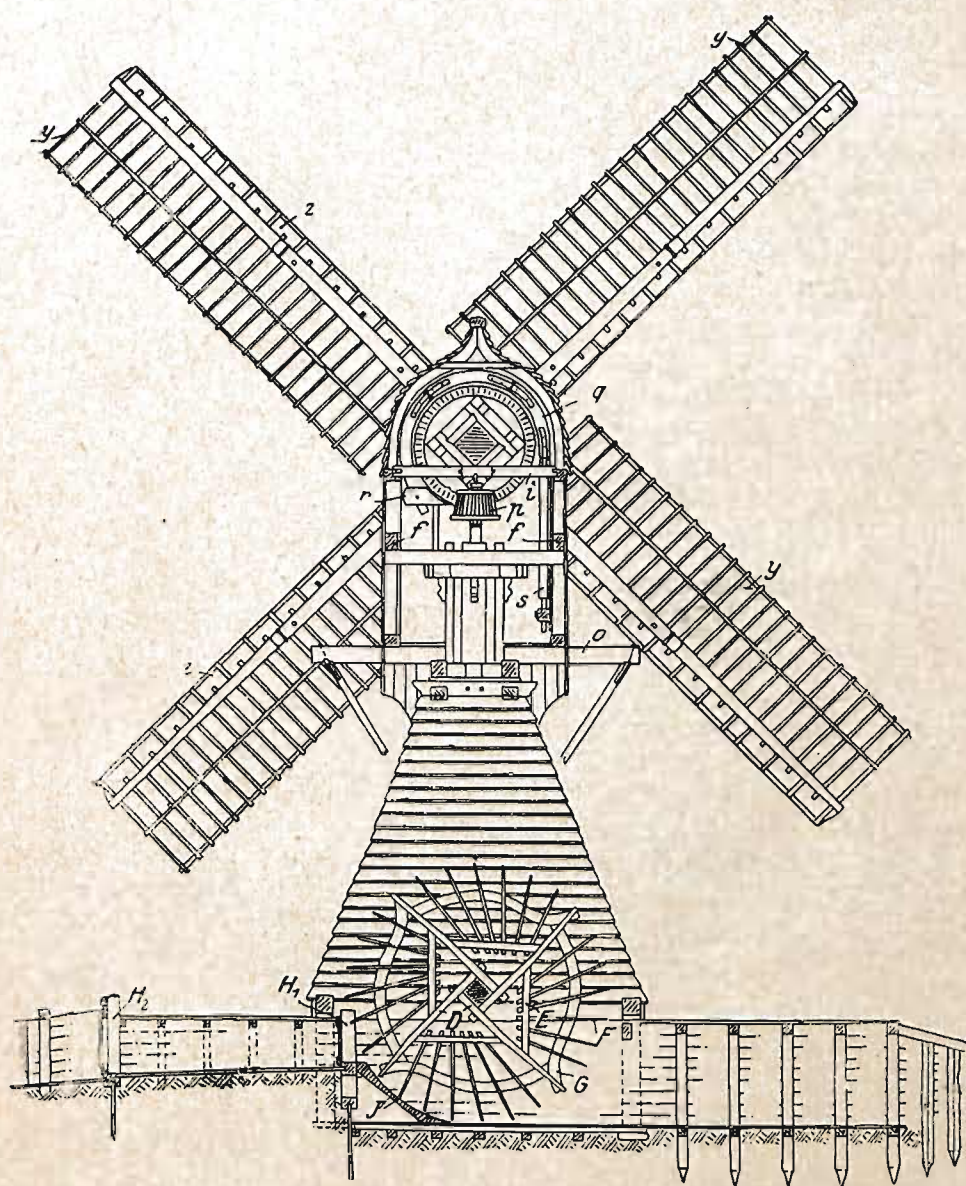
Silniki. Przy odwodnieniach mogą być brane pod uwagę następujące silniki:

Wiatraki, które wyzyskują energję prądów powietrza. Silniki te do czasu wprowadzenia maszyn parowych były najwięcej rozpo-



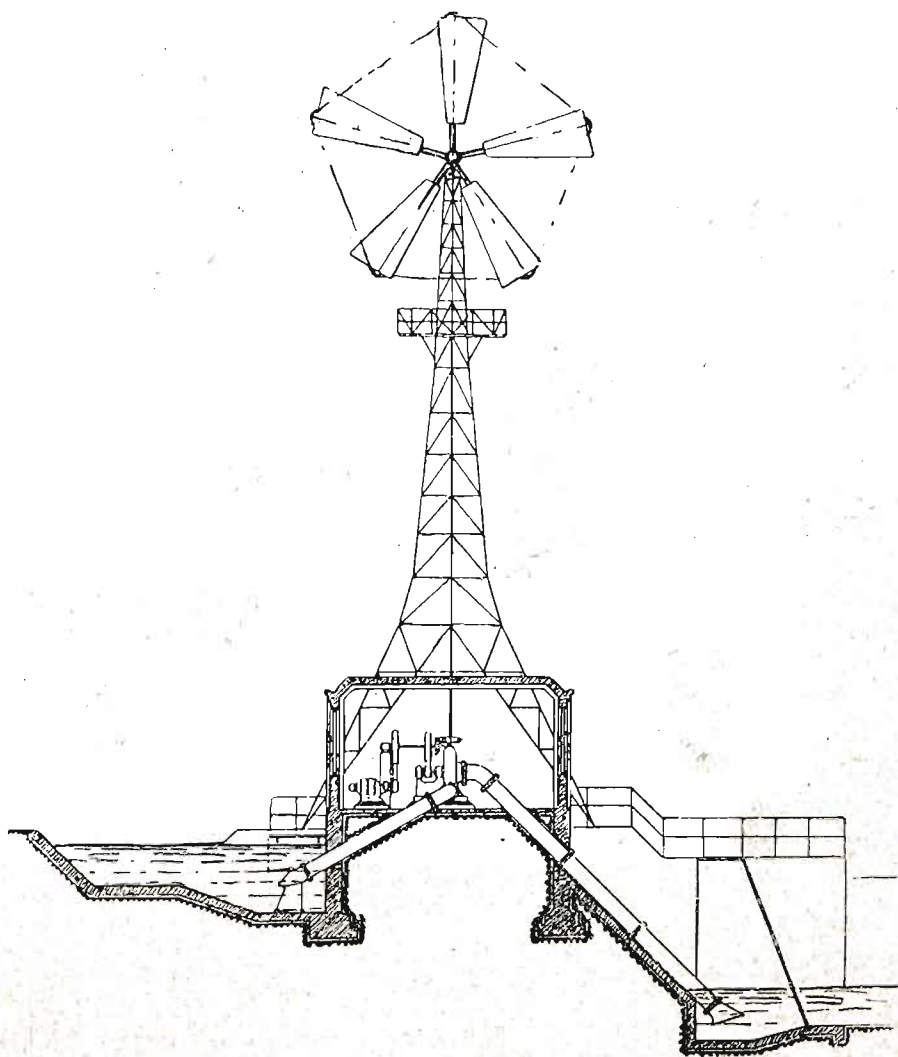
Rys. 78.

wszechnione (Rys. 78). Świadczy o tem ogromna ilość tych silników, do dziś dnia funkcjonujących od czasów krzyżackich w delcie Wisły (Rys. 79). Mają one zaletę stosunkowo niewielkich kosztów zakładowych, jak również niskich kosztów ruchu. Są jednakże zawodne i z tego powodu dla większych instalacyj dziś nie stosowane, zwłaszcza gdy chodzi o odwodnienie gruntów ornych, które na nadmiar wilgoci w pewnych okresach są więcej wrażliwe.



Rys. 79.

W nowszych czasach stosowane turbiny powietrzne, ustawiane na wysokich, żelaznych wieżach, są znacznie sprawniejsze od dawnych wiatraków, odznaczają się mniejszą średnicą i posiadają sa-



Rys. 80.

moczynną regulację, tak co do kierunku wiatru, jak i jego siły (Rys. 80). Nastawianie w odpowiednim kierunku odbywa się za pomocą steru, zaś samoczynna regulacja siły odbywa się przez powiększanie lub zmniejszanie czynnej powierzchni skrzydeł. Odbywa się to zazwyczaj za pośrednictwem odpowiednio przytwierdzonych do skrzydeł ciężarów, które przy zwiększonej szybkości obrotów, siłą

odśrodkową działając, nachylają w odpowiedni sposób płaszczyzny skrzydeł. Szczegóły mechanizmów są w różnych systemach motorów różne i niezawsze jednakowo zadawalniająco działają; przy dużych silnikach, z powodu małej ilości obrotów, dużych oporów, jakie stawiają liczne skrzydła, mechanizmy te, oparte na sile odśrodkowej nie działają tak sprawnie, jak przy małych wiatrakach. Są pewne systemy, które regulują siłę przez ustawianie mniej lub więcej skośne do kierunku wiatru płaszczyzny koła wiatrakowego. Konstrukcja ta, zwłaszcza przy nierównomiernym, pulsującym prądzie wiatru, wykazuje liczne braki.

Wiatraki są tem trwalsze, im mniej ruchomych części posiadają. Mniejsze koła są przeważnie wykonane ze stali i żelaza. Dobre wiatraki rozpoczynają pracę przy prędkości wiatru, wynoszącej 2,5 do 3 metrów, jednakże dla bezpieczeństwa, wiatry o prędkości mniejszej niż 4 m, nie powinny być brane w rachubę.

Ustawienie wiatraka powinno być, o ile można, jaknajwyższe, aby wyzyskać silniejsze prądy powietrza. Zastosowanie ich winno być oparte na poprzednim zaznajomieniu się z warunkami meteorologicznymi miejscowości.

O ile chodzi o zainstalowanie racjonalne wiatraka, to należy przede wszystkim określić miesiąc największego obciążenia, zaś z danych meteorologicznych dla tegoż miesiąca znaleźć prędkość wiatru. O ile wiadomą nam jest ilość wody, pozostającej do odpompowania, oraz wysokość jej podnoszenia, będziemy mieli dane, pozwalające w przybliżeniu obliczyć wielkość wiatraka. Przy tej kalkulacji ujawnione zostanie, czy nie należałoby zastosować silnika rezerwowego, by przy ewentualnych nieregularnościach siły wiatru, uniknąć zbyt-niego nagromadzenia się wody. Dla mniejszych instalacji takim rezerwowym motorem może być nawet manież konny, gdy dla większych, właściwszym będzie silnik wybuchowy lub parowy. Instalacje takie, zwłaszcza w nadmorskich okolicach są dość liczne, że wspomnimy tu odwodnienie sztuczne w okolicach Gdańska, lub odwodnienie Zuider - See - Polder, pomiędzy Rotterdamem a Gouda, gdzie 4420 h jest odwadnianie zapomocą 30-tu wiatraków i 2-ch rezerwowych maszyn parowych. Należy jednak zaznaczyć, że naogół, w miarę wprowadzania elektryfikacji, licznie dawniej stosowane wiatraki są stopniowo zamieniane na elektro-motory.

Silniki wodne rzadziej są używane dla celów odwadniania, a to z powodu, że w miejscowościach zabagnionych zazwyczaj

braknie dostatecznego spadku, by mogły być zastosowane, jednakowoż w poszczególnych wypadkach może się to zdarzać. Wówczas poza normalnymi urządzeniami, jak: koła wodne, turbiny, są używane urządzenia automatyczne w rodzaju eżektorów, oraz, jak np. nowoobmyślone *hydropulsory*.

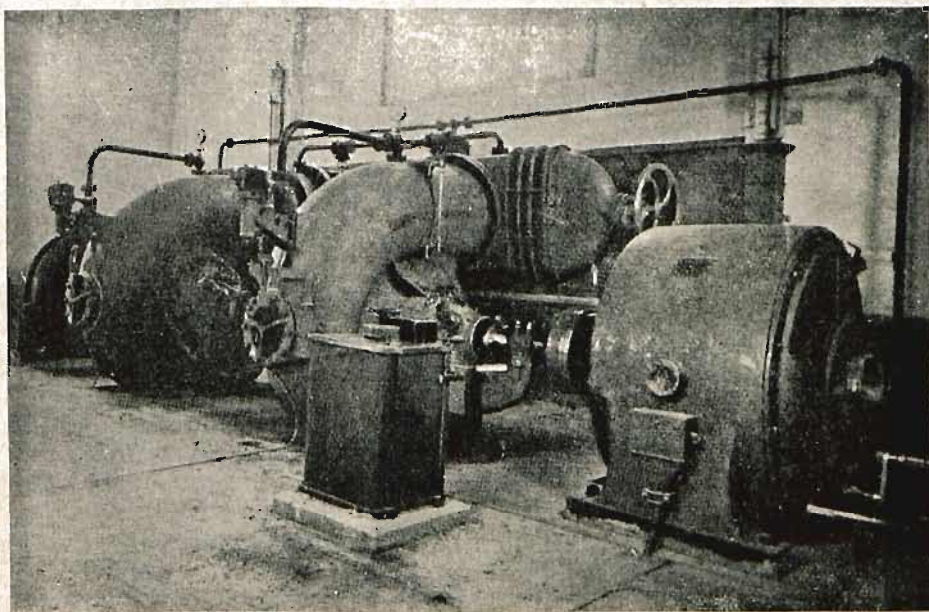
Silniki parowe usunęły prawie całkowicie inne urządzenia, szczególnie, gdy chodzi o większe obszary. Dają one pewność działania w każdej pożądanej chwili i w dowolnej wielkości. Instalacje większe posługują się silnikami stałymi, w mniejszych instalacjach znajdują zastosowanie *lokomobile*, zwłaszcza gdy odwodnienie sztuczne stosowane jest w krótkich okresach roku, lub w różne miejsca przewożone. Mniejsze zakłady posługują się zwykle maszynami leżącymi, z powodu ich prostoty i mniejszych kosztów. W większych instalacjach znajdują niekiedy zastosowanie silniki stojące, gwarantujące mniejsze opory tarcia i zużywania się.

Silniki spalinowe znajdują zastosowanie w instalacjach mniejszych często z przerywanym ruchem, mają one wielkie zalety ze względu na oszczędność miejsca zajmowanego, łatwość obsługi, mały koszt, jednakże mogą być z korzyścią stosowane tylko tam, gdzie dostarczanie opału płynnego jest łatwe i kalkuluje się.

Silniki elektryczne tam, gdzie prąd jest łatwy do otrzymania i niedrogi, przedstawiają tak wielkie zalety, że wypierają wszelkie inne silniki (Rys. 81). Taniość ich, niezmiernie uproszczona obsługa, łatwość połączenia z szybkobieżną pompą odśrodkową, czynią te czynniki bezkonkurencyjnymi, to też w sprzyjających warunkach, jak np. widzimy to w delcie Wisły, wyparły one prawie całkowicie dawniej stosowane wiatraki, a później maszyny parowe.

Określenie ilości wody. Przy naturalnym odpływie sprawa obliczenia dokładnego wody jest mniej ważna, bowiem kanały otwarte mogą łatwo odprowadzać zmienne jej ilości, co wpływa tylko na chwilowo niższy lub wyższy stopień odwodnienia. Przy pompowaniu dokładne oszacowanie ilości wody jest rzeczą decydującą, co do wyboru wielkości instalacji i skuteczności jej działania. Gdy zaszła pomyłka in minus, urządzenia nie są w stanie spełniać swego zadania, gdy zaszła pomyłka in plus — pompy pracują nieekonomicznie, nie mówiąc, iż cała instalacja wypada drożej. O obliczeniach wody spływającej mowa była w rozdziale II-gim. Naogół wskazania te mogą być zastosowane i do omawianego wypadku, jednak-

że jest tu konieczność bliższego wniknięcia w ilości wód spływających w krótszych okresach czasu, bowiem wobec nierównomiernego spływu, jaki ma w istocie miejsce w ciągu okresu rocznego, nieślusznem byłoby przystosowywać urządzenia mechaniczne jedynie do średniej rocznej wody. Zależne to jest zresztą od warunków klimatycznych. W stosunkach kraju naszego niewątpliwie okres wiosenny będzie odgrywał rolę dominującą, lecz i tu pożyteczne jest wniknięcie dokładniejsze w istotę hydrologicznych zjawisk. Niestety, obserwacje dotychczasowe i dane, które znajdujemy w lite-



Rys. 81.

raturze odnośnej są niezupełnie wystarczające, a częstokroć są ze sobą niezgodne. Tak np. dr. Szpöttle*) podaje, iż w przecięciu, jeśli niema obawy większego naporu wód gruntowych, przyjmować można dla instalacji odwadniających spływ 0,3 do 0,4 l/sek. i ha. Prof. Krüger**) podaje: „Dla wydajności urządzeń, podnoszących wodę, znajdujemy następujące dane: Woltman przyjął, że w Półn. Niemczech

*) Handb. d. Ing. Wis. Landwirtschaftliche Bodenverbesserungen, str. 62.

**) Kulturtechnischer Wasserbau, str. 112.

największy opad miesięcy I do IV-go był 280 mm, z czego $\frac{1}{3}$ znika przez odparowanie, reszta w ciągu 30-tu dni winna być odpompowana — to czyni dzienną warstwę 6 mm lub spływ 0,7 l/sek. i ha.

Post dąży do pracy zakładu od 15 marca do 15 kwietnia, odprowadzając w tym czasie opady z okresu od 1 stycznia do 15 kwietnia. Liczy on z tego 25% na straty. To daje spływ 0,81 l/sek. i ha".

Nawet Bertram*) w swej książce, poświęconej specjalnie tego rodzaju zakładom, nie daje właściwej metody obliczenia ich, a ogranicza się w rezultacie do podania, że moc ich powinna być przystosowana do przepompowywania 1,7 do 2,0 l/sek i h.

Z literatury włoskiej prof. Turazzo dla określenia spływu z jednego kilometra kw. bierze $\frac{3}{5}$ wody opadowej (h) w najwięcej obfitującym w nie miesiącu, dzieli ją na ilość dni (n) opadowych i powiększa otrzymany rezultat o $\frac{1}{4}$.

$$\frac{3}{5} \cdot \frac{h \cdot 1.000.000}{86400 \cdot n} \left(1 + \frac{1}{4}\right)$$

Poniżej rozwinięty bieg obliczeń odnosi się do zamkniętych nizin rzecznych, zazwyczaj odgrodzonych z jednej strony groblą ochronną od koryta rzecznego, z innych zabezpieczonych bądź obwałowaniem, bądź też rowami opaskowymi od napływu wód obcych. W tych wypadkach woda, której nadmiar winien być usunięty, składa się ze spływów powierzchniowych pochodzenia atmosferycznego, oraz wody przesiąkającej przez groble, względnie podsiąkającej w okresach wysokich stanów wód w rzece, o ile jest ona w pobliżu.

Określenie spływów powierzchniowych może być jedynie oparte na wysokości opadów i wielkości obszaru niziny odwadniającej. Przy obliczeniu jednak wody przypuszczalnie spływającej, winny być wzięte pod uwagę straty na parowanie, wsiąkanie, względnie zużycie jej przez rośliny. Dla obliczenia zakładu przepompowywania, zainteresowanie budzić może woda miesięczna, lub nawet dzienna. Ponieważ w praktyce operować możemy tylko przeciętnymi cyframi, przeto wyjście z opadów miesięcznych wydaje się najśluszniesze, opady te jednak winny być wypośredkowane z możliwie jaknajwiększej liczby lat notowań opadowych dla danej miejscowości.

*) Neuere Grundsätze für Schöpfwerksbauten. 1925.

Wobec powyższego, całkowita ilość wody dziennej, czyli Q_d w określonym miesiącu przeznaczona do odpompowania przy obszarze równym F hektarów wyniesie:

$$Q_d = Q'_d + Q''_d = \frac{10 F \cdot l m}{n} + \frac{86400 \gamma L (h_1 t_1 + h_2 t_2 + \dots)}{1000 n} \text{ m}^3/\text{dzien.}$$

Nie bierzemy tu pod uwagę wód katastrofalnych, które mogą niekiedy znacznie przewyższać normalne wody, przyjęte za miarodajne dla instalacji. Te jednak ilości wody, jako zdarzające się rzadko, nie mogą być brane, jako podstawa do budowy urządzeń przelewowych, które wówczas wypadłyby bardzo kosztowne, a w normalnym stanie znacznie za wielkie i nieekomicznie pracujące. Zaznaczyć jednak wypada, że co do tego są różne zapatrywania. Niektórzy inżynierowie skłaniają się do uwzględnienia wód maksymalnych, twierdząc, że jeden rok klęskowy w gospodarstwie intensywnym, może przynieść straty tak duże, że usprawiedliwią pozornie nadmierny wydatek na instalacje zabezpieczające od tego, choć rzadko w pełni wyzyskiwane.

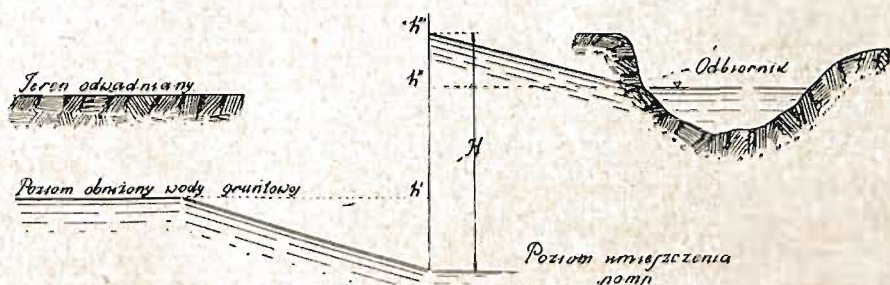
Określenie wody przesiąkającej, o której poprzednio mówiliśmy, jest bardzo trudne i posiadamy niewiele danych, które nas w tym kierunku pouczają. Z obserwacji, czynionych w delcie Wisły, wynika, że przesiąki dochodzić mogą do 100 l/km i sek.

Co do ilości wody opadowej, którą należy odpompowywać, to jest ona w ścisłej zależności od warunków atmosferycznych terenowych, oraz kultur roślinnych. W delcie Wisły w latach suchych odpływa średnio 30%, w latach normalnych 39%, zaś mokrych 42% rocznych opadów.

W miesiącach letnich, to jest od czerwca do sierpnia, spływ wynosi około 18% opadów (wahania wynoszą 4 — 44%), w miesiącach zimowych t. j. XII, I, II i III, przeciętna ilość wody odpompowywanej przekracza nieco wysokość opadową, to też po surowej zimie, raptownych roztopach, liczą w delcie Wisły na usunięcie 100 mm warstwy wody. Wody letnie przy opadach dochodzą tam do 3,5 l/sek. i ha.

Wysokość pompowania. Zagadnienie to jest nie mniej ważne od poprzedniego, jeśli chodzi o obliczenie potrzebnej energii, zużywanej na usuwanie wód zabagniających, wielkości pomp, wreszcie mocy silników. Wysokość pompowania wyraża się różnicą pomiędzy poziomem wody w odbiorniku i obniżonej wody gruntowej niziny odwadnia-

nej. Ten ostatni możemy przyjąć za stały, gdy pierwszy (o ile jest to rzeka), ulega częstokroć dużym wahaniom. W istocie jednak, wobec potrzeby zarówno doprowadzenia wody do zakładu, jak i jej odprowadzenia, wchodzi w grę straty na spadki, zarówno w kanale doprowadzającym, jak i odprowadzającym. (Rys. 82). Wobec powyższego, wysokość całkowita podnoszenia wody $H = h' + h'' + h'''$.



Rys. 82.

W praktycznym zastosowaniu wpływ strat na spadek w doprowadzalniku (h') daje się odczuwać i z tego powodu nie jest obojętny zarówno jego kształt, jak i długość. Doprowadzalnik musi odpowiadać rozmiarami ilości wody pompowanej, inaczej pompa będzie zbyt mocno obniżać poziom wody, by wywołać spadek, odpowiadający pożądanemu wydatkowi kanału. W tych wypadkach pozostaje do wyboru poszerzenie kanału z równoczesnym zmniejszeniem jego spadku, co wpływa na zmniejszenie wysokości pompowania, lecz podraża koszty zakładowe, lub zwężenie doprowadzalnika z równoczesnym zwiększeniem spadku jego, co zmniejszy wydatki na roboty ziemne, lecz powiększy koszty eksploatacyjne, wskutek powiększenia wysokości pompowania. Wypośredkowanie najkorzystniejszego stanu jest zadaniem inżyniera.

W dalszym rozumowaniu przyjmujemy, że zarówno kanał doprowadzający, jak i odprowadzający, są stosunkowo krótkie i wpływ ich na wysokość pompowania, wobec wielkości h'' jest znikomym mały. Dla otrzymania ścisłych wymiarów podnoszenia wody musimy posiadać wykaz stanu wód dla całego okresu rocznego. Na podstawie tego nie trudno określić długość czasów trwania poszczególnych wodostanów, podzielonych na grupy, a więc w granicach np. 20 cm. Unaoczni to nam krzywa czasów trwania. Na podstawie tego nie przedstawia trudności wykreślenie krzywej wysokości pompowania i krzywej czasów trwania tychże wysokości, które pozwolą na określenie mini-

malnych i maksymalnych wysokości, oraz rozstrzygnięcie pytania, jaka jest wysokość, na którą największa ilość dni w roku jest woda pompowana, co dla szczegółów budowy i przystosowania urządzeń może być decydujące.

Ponieważ dla określenia potrzebnej mocy urządzeń jest niezbędne skoordynowanie ilości wody napływającej w poszczególnych momentach i wysokości pompowania, odpowiadających tym momentom, zmienne ilości wód, jak to poprzednio było omawiane, zredukowaliśmy do średnich dziennych dla każdego miesiąca, przeto i wysokości pompowania winny być zanalizowane dla każdego poszczególnego miesiąca (lub jego części np. dekady) przez wykreślenie miesięcznych krzywych czasu trwania.

W warunkach bardzo często spotykanych, gdy notowań wodowskazowych brak, należy ograniczyć się do ustalenia przybliżonych wodostanów odbiornika w różnych okresach roku, co ze znaków na miejscu i zeznań miejscowej ludności da się wypośredkować.

Przy obliczaniu pracy zakładu tylko wysokości dodatnie mogą być brane pod uwagę, gdyż ujemne świadczą o grawitacyjnym spływie wody.

Określenie energii, potrzebnej do przelewania wody. Posiadając ilość wody rocznej, przeznaczonej do wypompowania z odwadnianego terenu, oraz średnią wysokość podnoszenia z łatwością określić możemy pracę w *kgm*, konieczną do zużycia w tym celu

$$E = Q_r \cdot h$$

gdzie Q_r — woda wyrażona w litrach, zaś h — wysokość w metrach
Moc teoretyczna średnia silnika wyrazi się w koniach mechanicznych

$$N_e = \frac{Q_r \cdot h}{360 \cdot 86400 \cdot 75}$$

Rzeczywista moc silnika N_i ze względu na straty, musi być większa.

$$\frac{N_i}{N_e} = \eta$$

co stanowi skutek użytecznego działania zespołu maszyn i wynosi około 0,50, stąd

$$N_i = \frac{Q_r \cdot \eta \cdot h}{360 \cdot 86400 \cdot 75}$$

Takie obliczenie może jednak mieć tylko orientacyjną wartość i może być użyteczne dla przybliżonego obliczenia kosztów. Wobec zmienności zarówno ilości wody pompowanej, jak i wysokości podnoszenia jej, muszą być w rachunek wzięte krótsze okresy czasu, umożliwiające ściślejsze określenie mocy silników, lub potrzebną wydajność pomp. Instalacja musi być przystosowana z jednej strony do chwilowego pokonania maksimum pracy, gdy zbiegają się ze sobą chwilowo większe ilości spływów z wysokiem podnoszeniem wody, z drugiej zaś, winne być wzięte pod uwagę i minima, gdy chodzi o racjonalny rozdział agregatów. Dostateczne podstawy do tego będą otrzymane z określenia ilości średniej i dziennej wody dla każdego miesiąca (Q_d), oraz odpowiadających temu miesiącowi wysokości tłoczenia, ujętych krzywą wysokości, względnie krzywą czasów trwania poszczególnych wysokości w każdym miesiącu. Jeśli np. w miesiącu średni spływ dzienny wynosi Q_d , wyrażone w litrach, zaś wysokość pompowania

w ciągu n_1 dni wynosiła $+ h_1$ wyrażone w metrach

"	n_2	"	"	+	h_2	"	"
"	n_3	"	"		0	"	"
"	n_4	"	"	—	h_4	"	"

to całkowita praca miesięczna, określona w kgm , wyniesie

$$A = Q_d (n_1 \cdot h_1 + n_2 \cdot h_2) \text{ } kgm.$$

ponieważ w ciągu pozostałych $n_3 + n_4$ dni woda spływała grawitacyjnie.

Teoretyczna przeciętna praca sekundowa moc we wziętym pod uwagę miesiącu wyniesie

$$N_e = Q_d \cdot \frac{n_1 h_1 + n_2 h_2}{86400 (n_1 + n_2)} \text{ } kgm/se'.$$

W ten sposób określić możemy minima i maksima teoretycznej mocy silnika w różnych momentach, które uwarunkowane są w okresie miesięcznym różnymi wysokościami podnoszenia wody i wyrażą się wzorami:

$$\frac{Q_d}{86400} h \text{ min. i } \frac{Q_d}{86400} h \text{ max. } kgm/sek.$$

lub moc w koniach mechanicznych

$$\frac{Q_d}{86400 \cdot 75} h_{\min.} \text{ i } \frac{Q_d}{86400 \cdot 75} h_{\max.} \text{ M.K.}$$

Istotna moc silnika, uwzględniając współczynniki użytecznego działania, zarówno silnika, jak i pompy, różne przy różnych obciążeniach lub wysokościach tłoczenia, wyniesie:

$$N = \frac{Q_d}{86400 \cdot 75 \cdot \eta_i \cdot \eta_p} \cdot h$$

W poszczególnych wypadkach okazać się może koniecznem obliczenie mocy silnika, uwzględniając nie przeciętny dzienny spływ w miesiącu (Q_d), lecz istotny, a więc n. p. powodowany 24-o godzinnym opadem. Da to możność lepszego zorientowania się w chwilowych obciążeniach urządzeń tłoczących wodę.

Uwzględniając ilość dni w miesiącu i moce, z którymi instalacja pracować powinna, możemy dla każdego miesiąca zbudować wykres zużycia pracy. Zestawienie tych wykresów za cały rok da nam możność oznaczania absolutnego maksimum mocy silnika, a wykres czasów trwania mocy da nam możność wypośredkowania, czy instalacja ma się składać z jednego silnika, lub pompy, czy też korzystniej zestawić dwa lub więcej agregatów w celu lepszego wykorzystania sprawności. Jeśli pożądana moc silnika w okresie rocznym nie ulega znacznym wahaniom, to dogodniej będzie zastosować jeden agregat, nie licząc ewentualnie zapasowego na wypadek zepsucia, gdy jednak wahania są znaczne, to silniki obliczone na średnią moc, są w okresach pewnych przeciążone, niedociążone zaś w innych, co skłaniałoby do zastosowania kilku agregatów o różnej mocy, kombinowanie których dałoby możność wyzyskania pełnej ich sprawności przy różnych zapotrzebowaniach pracy.