

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA == TOM XXXVII.

BUDOWNICTWO WODNE CZĘŚĆ IV.

DR. INŻ. MAKSYMILJAN MATAKIEWICZ

PROFESOR BUDOWNICTWA WODNEGO W POLITECHNICE LWOWSKIEJ

BUDOWA JAZÓW

Z ATLASEM (20 TABLIC) I 171 RYSUNKAMI W TEKSCIE

PODRECZNIK DO UŻYTKU INŻYNIERÓW I SŁUCHACZÓW SZKÓŁ POLITECHNICZNYCH.



WE LWOWIE 1920 ROKU
NAKŁADEM ZAKŁADU NARODOWEGO IMIENIA OSSOLIŃSKICH.

PRZEDMOWA.

Pracę nad tym podręcznikiem rozpocząłem jeszcze w roku 1911., jednak inne czynności, jak opracowanie i wydanie wspólnie z dwoma innymi autorami podręcznika „Zasady budowy wodociągów”¹⁾, a dalej długotrwała służba wojenna opóźniły znacznie jego dokończenie i wydanie. Dopiero z końcem 1916. roku mogłem rozpocząć dalszą pracę i podręcznik ten w r. 1919. ukończyłem.

„Budowa jazów” stanowi czwartą część podręcznika obejmującego budownictwo wodne, którego opracowanie zainaugurował zasłużony na tem polu badacz śp. profesor Józef Rychter, przez wydanie części I. i II., a mianowicie „Pomiary wodne, rowy i kanały”, (Lwów 1894), oraz „Fundamenty” (Lwów 1910)²⁾. Opracowanie dalszych części jest konieczne i pilne, gdyż polscy słuchacze Szkół politechnicznych powinni mieć możliwość czerpania zasad nauki technicznej z polskich książek. W miarę czasu i środków będę tę pracę posuwał naprzód; obecnie rozpocząłem opracowanie „Regulacji rzek”.

Przedmiot budowy jazów, nader ważny dla inżynierów pracujących na polu budownictwa wodnego, obejmuje liczne konstrukcje, nad których rozwojem pracowano od dawna, jednak nadzwyczaj żywą działalność w tym kierunku rozwinięto w czasach ostatnich. Stąd też część konstrukcyjna podręcznika, która musiała objąć tak dawniejsze jak i nowsze typy jazów, stanowiła największą część pracy i na nią też w opracowaniu położono największy nacisk.

W pracach rysunkowych związanych z opracowaniem atlasu, oraz rysunków tekstu, pomagali mi rzetelnie moi asystenci inżynierowie: śp. Jan Cyfrowicz³⁾, Teofil Ryżewski i Jakób Radziewanowski, którym na tem miejscu wyrażam szczerze podziękowanie.

Wszystkim kolegom, którzy użyczyli mi planów budowli wykonanych w kraju i ich opisów, a przede wszystkim inżynierom Rożańskiemu, Nawrockiemu, Müldnerowi, Maćkowskemu, Kornickiemu i Posackiemu składam serdeczne podziękowanie.

Wyrazy wdzięczności należą się także tajemnemu radcy budownictwa i rządu Wegenerowi, naczelnikowi inspekcji wodnej we Wrocławiu, oraz radcy Rubinowi, b. naczelnikowi technicznemu Komisji kanalizacji Wełtawy i Łaby w Czechach, którzy obdarzyli katedrę

¹⁾ Lwów 1914., opracowali Ciechanowski, Matakiewicz i Pomianowski.

²⁾ Część III. stanowią wspomniane „Zasady budowy wodociągów” Lwów 1914.

³⁾ Poległ na południowym placu boju w r. 1915.

budownictwa wodnego kompletami planów wykonawczych kanalizacji Odry pod Wrocławiem, oraz Wełtawy i Łaby w Czechach.

Krajowemu Urzędowi Odbudowy za udzielenie subwencji na koszt wydawnictwa składam głębokie podziękowanie.

Nie mogę nie wspomnieć o tem, że wydanie tej książki w obecnych nadzwyczaj trudnych warunkach umożliwione zostało jedynie dzięki objęciu nakładu i wykonania przez Zakład Narodowy im. Ossolińskich. Za szybkie i piękne wydanie składam Dyrekcji administracyjnej i Zarządowi drukarni tego Zakładu wyrazy podziękowania.

Wyrazy uznania należą się wreszcie zakładom „Unja“ i Brzezińskiego za wykonanie kliszy.

We Lwowie, w maju 1919.

Autor.

BUDOWA JAZÓW.

CZĘŚĆ I.

1. Uwagi ogólne i podział jazów.

Jaz (Stauwerk, Wehr, barrage) jest to przegroda wstawiona w łóżysko wody płynącej. Stanowiąc przeszkodę przepływu, spiętrza wodę, skutkiem czego wytwarza się powyżej jazu głębszy zbiornik wody, ułatwiający odprowadzenie jej z rzeki zapomocą kanałów, rowów, lub rur. Nadto skutkiem spiętrzenia możemy wodę wprowadzić do kanałów w wyższym poziomie, a przez to wytworzyć, względnie zwiększyć możliwość wykonania przez wodę pracy mechanicznej, lub też ułatwić rozprowadzenie jej po terenie. Dalszem wreszcie zjawiskiem, jakie wykonanie jazu na rzece lub potoku wywołuje, jest zmniejszenie wahań stanów wody na jazu i w przestrzeni powyżej jazu położonej — zmniejszenie to będzie tem wydatniejsze im jaz ma większą długość. Długością jazu nazywamy jego wymiar między obydwoma brzegami, czyli między obydwoma przyczółkami, którymi każdy jaz jest zazwyczaj obustronnie ograniczony.

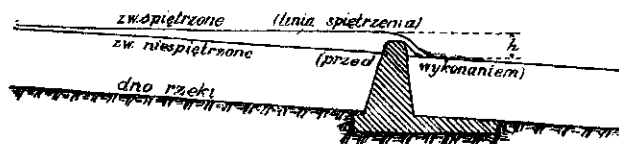
Zależnie od celu, do jakiego woda odprowadzona kanałem będzie użyta, rozróżniamy:

- a) jazy spiętrzające wodę w celu wyzyskania sił wodnych;
 - b) w celach meljoracyjnych, a więc do nawodniania gruntów;
 - c) w celach żeglugi, a więc przy tz. kanalizacji rzek, tudzież spławie drzewa;
 - d) w celach zaopatrzenia we wodę miast, miejscowości, zakładów przemysłowych, oraz kanałów żeglugi.
- Ten rodzaj jazów wykonywany był, choć nieraz w sposób tylko prymitywny, od niepamiętnych czasów, gdyż ludzie celem ułatwienia czerpania wody, lub pojenia, spiętrzali ją zapomocą przegród z kamienia lub drzewa.

Zbliżone pod względem przeznaczenia do jazów są tz. groble, zwane także przegradami, lub zaporami dolin (Talsperre, barrage de réservoir) — różnią się one tem od jazów, że woda przez ich koronę się nie przelewa, a celem ich jest wytworzenie znaczniejszego zbiornika wody, a zatem gromadzenie wody.

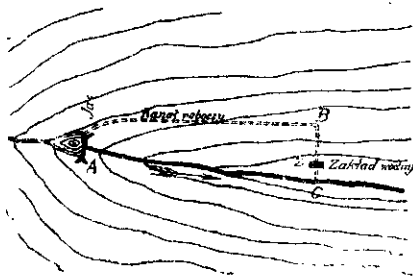
Takie gromadzenie wody występuje także i przy jazach, jednak ma ono tu znaczenie drugorzędne i nie stanowi ich głównego celu. Jak widać z rys. 1. przez spiętrzenie wody jazem o wysokość h powstaje tu także między zwierciadłem wody spiętrzonem a niespiętrzonem nagromadzenie wody, jednak zazwyczaj przestrzeń ta nie jest tak wielka, aby można było liczyć na zwiększenie odpływu skutkiem wyzyskania nagromadzonej ilości wody.

Określone powyżej cele jazów wyjaśnimy tu pokrótce, a mianowicie tylko o tyle, o ile dalsze zrozumienie przedmiotu tego wymaga, przyczem ograniczymy się tylko do omówienia wyzyskania sił wodnych i kanalizacji rzek.



Rys. 1.

a) **Wyzyskanie sił wodnych.** Jeżeli w miejscu *A* (rys. 2) wykonamy na rzece lub potoku jaz spiętrzający wodę o *h*, a następnie wykonamy kanał *AB* odprowadzający z rzeki stale Qm^3/sec , natenczas, jeżeli spadek rzeki na przestrzeni *A—C* jest znaczny, a spadek kanału jest mały, woda w kanale może w punkcie *B* osiągnąć znacznie wyższy poziom, jak



Rys. 2.

w odpowiednim punkcie *C* rzeki, skutkiem czego różnicę poziomów, po potrąceniu potrzebnego spadku dla partii kanału *B—C*, możemy wyzyskać jako tzn. spadek użyteczny w zakładzie o sile wodnej *Z*, w którym znajduje się motor wodny, zatem turbina, lub koło wodne. Powiadamy, że cały uzyskany spadek użyteczny *H* zużywamy w tym zakładzie, gdyż woda wchodzi do komory motoru w poziomie wysokim, wychodzi zaś z niej w poziomie o *H* niższym, poczem przez kanał odpływowy dostaje się z powrotem do rzeki przy *C*.

Jak wielki spadek użyteczny można uzyskać? Jeżeli spiętrzenie na jazu wynosi *h*, spadek jednostkowy rzeki między *A—C* wynosił α_1

" " kanału „ *A—B—C* „ α_2
długość rzeki „ *A—C* „ L_1

" kanału „ *A—B—C* „ L_2 , to spadek użyteczny

jaki może być wyzyskany w zakładzie wodnym wynosi $H=h+(L_1\alpha_1-L_2\alpha_2)$.

Objętość wody Qm^3/sec doprowadzona kanałem roboczym do zakładu wodnego posiada przy tym zakładzie wodnym energję położenia $P=Q \cdot H$; iloczyn ten przedstawia zarazem wielkość siły wodnej, która może być zamieniona na pracę mechaniczną.

Wyrażając *Q* w m^3 , *H* w metrach, i chcąc otrzymać efekt zakładu wodnego w koniach parowych, trzeba iloczyn $Q \cdot H$ pomnożyć przez $\frac{1000}{75}$. Byłby to jednak tylko efekt surowy, który pomnożyć trzeba jeszcze przez współczynnik dzielności motoru wodnego powiedzmy około 0,75.

Zatem efekt użyteczny $E = \frac{Q \cdot H \cdot 1000}{75} \cdot 0,75 = 10 Q(m^3) H(m) K.p.$ Ten prosty, przybliżony wzór na wielkość siły wodnej podaje, że siła wodna zależy od dwóch głównych czynników, a mianowicie od ilości wody i od spadku użytecznego

Objętość wody jaka może być z rzeki do kanału odprowadzona, a następnie użyta w zakładzie wodnym zależy:

1) Od wielkości odpływu wody w rzece, przyczem przedewszystkiem objętości odpływające przy niskich i średnich stanach mają największe znaczenie; 2) od znaczenia danej rzeki i od stopnia dotychczasowego wyzyskania jej wód. Odnosnie do tego punktu trzeba przy projektowaniu zakładu wodnego zbadać: a) jaką ilość wody trzeba pozostawić w łóżysku rzeki, aby użycie wody do celów gospodarczych, jak do picia, prania, pojenia nie doznało uszczerbku; b) jaką ilość wody zużywają zakłady wodne już istniejące; c) jaka najmniejsza ilość wody jest w rzece potrzebna, aby skutkiem zmniejszania ilości odpływu i użycia wody z rzeki do celów gospodarczych i fabrycznych, nie nastąpiło zanieczyszczenie rzeki, a stąd niekorzystne stosunki zdrowotne; d) jaką ilość wody zużywają istniejące zakłady przemysłowe; e) czy na danej rzece istnieje spław lub żegluga i jakie ilości wody trzeba w rzece zostawić, aby spław względnie żegluga bez przeszkody mogły się odbywać, nadto zaś w razie jeżeliby zakład wodny je uniemożliwił, jakie urządzenia dodatkowe trzeba będzie wykonać (wykonanie kanału bocznego, służący komorowej, przepustu dla tratw w jazie); f) jakie urządzenia trzeba będzie wykonać, aby hodowla ryb nie doznała uszczerbku (przepławki dla ryb w jazach).

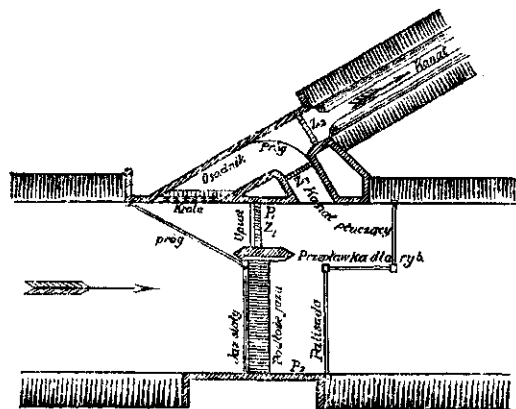
Wszystkie punkty wyrażone tu pod 2) wynikają z wymogów stawianych przez prawo wodne, celem zabezpieczenia mieszkańcom użytku wody i utrzymania dobrych stosunków zdrowotnych, które to względy mają pierwszeństwo przed innymi. Nadto prawo wodne zabezpiecza użytek wody zastrzeżony uzyskaniami koncesjami zakładów wodnych i przemysłowych już istniejących, wreszcie utrzymanie żeglowności i spławności rzek, oraz gospodarstwa rybnego. Drugim czynnikiem decydującym o wielkości siły wodnej jest spadek użyteczny, który jak to poprzednio określono, jest sumą z wielkości spiętrzenia na jazu i wielkości bezwzględnego spadku rzeki w przestrzeni, na której wyzyskujemy siłę wodną ($L_1\alpha_1$), pomniejszemu o spadek kanału roboczego na całej długości ($L_2\alpha_2$). Wynika z tego, że wyzyskana siła wodna będzie tem większą, im jaz będzie wyższy, czyli im spiętrzenie wody będzie większe, tudzież im rzeka, względnie potok, posiada w danej przestrzeni większy spadek. Czasem wykonuje się zakłady wodne bez dłuższego kanału roboczego, a mianowicie w takim razie, jeżeli spadek rzeki nie jest wielki, a uzyskana różnica $L_1\alpha_1 - L_2\alpha_2$ byłaby bez praktycznej wartości; wtedy cały spadek użyteczny zakładu stanowi spiętrzenie na jazu *h*.

Z całego przedstawienia rzeczy widać, że przy wyzyskaniu siły wodnej koniecznem jest wykonanie na rzece jazu. Prócz zwiększenia, względnie wytworzenia spadku użytecznego, spełnia jaz i inne zadanie, a mianowicie wytwarza powyżej obszerny i głęboki zbiornik wody, służący jako osadnik materiału ruchomego, poruszanego przez wodę w łóżysku rzeki. Zbiornik ten zapewnia skutkiem swej głębokości należyte wprowadzenie wody do kanału, gdyż w razie niewykonania jazu wlot kanału byłby płytki, a skutkiem niskiego położenia zasypywany żwirem, piaskiem i namulem. Tylko prymitywnie wykonane zakłady wodne (młynówki w okolicach górskich) wyprowadzają wodę bez jazu.

Zaznaczyć jednak trzeba, że zwiększenie wysokości uzyskane skutkiem spiętrzenia wody jazem nie jest stałe i jest największe przy małej wodzie, w miarę wzrostu stanów wody maleje, a przy wielkiej wodzie niejednokrotnie prawie zupełnie się traci (przy niskich jazach). Dalej zauważyć należy, że ze zwiększeniem spiętrzenia rosną koszty jazu, który jest wogóle budowlą kosztowną, nadto rosną koszty odszkodowań właścicieli sąsiednich gruntów za zajęty pod zalew obszar. Wreszcie zauważyć należy, że wielkość spiętrzenia ograniczona jest wysokością brzegów, względami na utrzymanie kultury na sąsiednich gruntach, które z powodu zbyt wysokiego spiętrzenia wody mogą doznać zawilgocenia.

Jakkolwiek zatem należyte odprowadzenie wody do kanału wymaga zawsze wykonania jazu, to jednak przy oznaczeniu wielkości spiętrzenia trzeba dobrze powyższe momenty rozważyć.

Rysunek 3. podaje sytuację ujęcia wody do kanału roboczego; na rysunku tym oznaczone są wszystkie urządzenia pomocnicze, mianowicie mamy tu część stałą jazu i t.z. upust (jaz ruchomy, lub służowy), zamykany zasuwami Z_1 ; po stronie górnej jazu wychodzi z wytworzonego zbiornika wody kanał, którego dno musi leżeć wyżej jak dno rzeki. Aby łód i płynące przedmioty nie dostały się do kanału mamy u wstępu do niego kratę, złożoną z żelaznych prętów. Pierwszą część kanału stanowią osadnik, gdzie osadza się piasek i namuł. Jeżeli zamkniemy zasuwę Z_2 , t.z. służę wpustowej do kanału, a otworzymy zasuwę Z_3 kanału płuczącego, to powstaje silny prąd wody górnej (spiętrzzonej) ku dolnej (niespiętrzzonej), który porywając namuł i piasek wypłukuje w ten sposób osadnik. Przez otwarcie zasuw upustu Z_1 wytwarzamy również silny prąd wody w łóżysku rzeki, skutkiem czego namuł złożony powyżej jazu się płucze, a wlot kanału oczyszcza. Jaz posiada przyczółek lewy P_1 , oraz prawy P_2 , tudzież filar F , w którym znajduje się przepławka (przejście) dla ryb.



Rys. 3.

Podobnie na rysunku 4. przedstawiono sytuację ujęcia wody do kanału roboczego na rzece Izarze pod Moosburg¹⁾; widzimy tu znaczne rozszerzenie łóżyska poza linie normalne, celem zwiększenia długości jazu, a zatem zmniejszenia wysokości spiętrzenia przy wielkiej wodzie. Nadto część jazu jest stała, a część ruchoma, również w celu zmniejszenia spiętrzenia wielkiej wody. Wreszcie w łóżysku rzeki mamy tu przepust dla tratw zamykany zasuwą, oraz przepławkę dla ryb.

b) Kanalizacja rzeki ma na celu stworzenie sztucznej drogi wodnej. Jeżeli pomimo przeprowadzenia regulacji rzeki niepodobna uzyskać potrzebnej głębokości dla żeglugi, która przy różnych wymaganiach wynosić może 1–2,5 m, ewentualnie i 3 m (przy niskich stanach), dalej jeżeli przyrodzony spadek rzeki jest zbyt znaczny, natenczas należy drogę wodną uzyskać

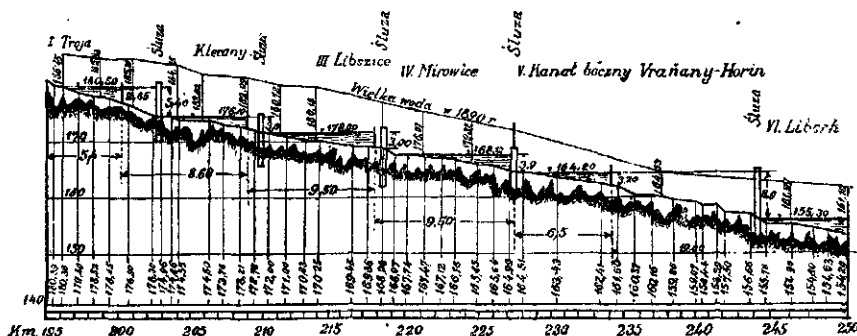
można tylko przez kanalizację rzeki. Polega ona na spiętrzeniu pojedynczych przestrzeni rzeki zapomocą jazów, skutkiem czego głębokości się zwiększają, a chęć wody z korzyścią dla żeglugi zmniejsza. Przestrzeń rzeki skanalizowana zostaje podzielona na szereg pojedynczych odcinków, t.z. poziomów, lub stanowisk (Haltung, bief), o poziomach corazto niższych – różnice spadków pokonują statki zapomocą kanałów bocznych ze służami komorowymi. Elementami zatem kanalizacji są jazy o konstrukcji spiętrzającej ruchomej, (którą się w czasie wielkiej wody usuwa), służ komorowe i kanały boczne, przez które statek dostaje się z jednego poziomu na drugi.

O wytworzeniu sztucznej drogi wodnej zapomocą kanalizacji można my-

śleć tylko o ile chodzi o rzeki o wysoko położonych terenach przyległych – trzeba dobrze rozważyć kwestję, czy spiętrzenie wody nie zawilgoci bliżej rzeki położonych obszarów, ewentualnie, czy proponowane środki ochronne wystarczą, wreszcie czy odszkodowanie jakie wypadnie płać za zmniejszenie wartości tych gruntów nie będzie zbyt wysokie.

Przy kanalizacji ilość jazów, ich położenie i wysokość ustala się z uwagi na uzyskanie potrzebnej głębokości, przy czem przez wykonanie pewnych robót pomocniczych, jak pogłębianie (bagrowanie) dna rzeki, wykonanie dłuższego kanału bocznego i t. p. można zmniejszyć liczbę potrzebnych jazów, względnie ich wysokość.

Na rys. 5. podany jest profil podłużny skanalizowanej Węławy w Czechach, a na rys. 6 sytuacja jazu, kanału bocznego i służ komorowej. Na pierwszym widzimy szereg poziomów ustalonych jazami, na drugim położenie jazu złożonego z otworów głównych, z przyległą służą komorową.

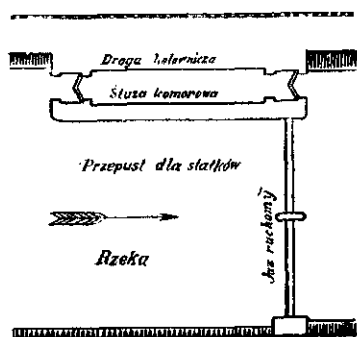


Rys. 5.

¹⁾ Die Wasserkräfte Bayerns, Monachium 1907.

Mówiliśmy o celach wykonania jazów, teraz trzeba wspomnieć o niekorzystnych działaniach jakie tu powstają. Do tych działań należy:

1. utrudnienie odpływu wielkiej wody, a w dalszem następstwie podwyższenie stanu wielkiej wody (spiętrzenie w. w.);



Rys. 6.

2. zatrzymywanie powyżej jazów niesionego przez rzekę materiału ruchomego, a więc żwiru, piasku i namułu, oraz lodu;

3. podniesienie stanu wody gruntowej w obszarach do rzeki przylegających, od jazów począwszy tak daleko, jak daleko sięga w górę rzeki spiętrzenie; spiętrzenie to może szkodliwie wpłynąć na stan wegetacji, a nawet wywołać zabagnienie gruntów.

Te niekorzystne skutki są dotkliwsze o ile chodzi o rzek nizinne, jak na rzekach górskich, dlatego na rzekach nizinnych wskazana jest pod tym względem jaknajdalej idąca ostrożność. Co do punktu 1. i 3. wielkość spiętrzenia tak małej, jak i wielkiej wody, musi być tak unormowana, aby tych niekorzystnych skutków nie było, natomiast należyte uwzględnienie punktów 1. i 2. wymaga stosowania specjalnych konstrukcji jazów.

Wogóle z uwagi na poruszone okoliczności budujemy:

- a) jazy stałe, lub
- b) „ ruchome.

Pierwsze, bez względu na materiał z jakiego są wykonane, posiadają konstrukcję stałą, która zawsze i w całości pozostaje w łóżysku i zawsze wodę spiętrza, drugie posiadają tylko niejako stałą ramę złożoną z przyczółków, filarów i progu stałego, osadzonego na fundamencie, który zazwyczaj niewiele się wznosi ponad dno rzeki, do wywołania zaś spiętrzenia służy część ruchoma, pozostająca przez przeważną część roku w profilu jazowym, którą można jednak w czasie wielkiej wody, oraz pochodu lodów zupełnie, lub częściowo usuwać z tego profilu, a przez to ograniczyć spiętrzenie.

Ta część ruchoma jazów spełnia także i inne zadanie, a mianowicie przez usunięcie jej z profilu jazów wytwarzamy silny prąd górnej (spiętrzonej) wody ku dolnej, skutkiem czego materiał ruchomy jaki rzeka złożyła przed jazem zostaje przez wodę wypłukany i odpływa w dół.

Widać z tego, że jazy stałe można wykonywać chyba tylko na potokach, lub rzekach górskich, mających znaczne spadki i wysokie brzegi, natomiast na rzekach o mniejszych spadkach, nad którymi leżą obszary uprawne i zabudowane, jedynym właściwym typem jest jaz ruchomy. Nawet w tych wypadkach, w których jaz stały może być wykonany, część jego mniejsza, lub większa, musi otrzymać konstrukcję ruchomą, o progu nisko założonym, położoną blisko wlotu kanału odprowadzającego wodę. Ta część nazywa się upustem płuczającym, lub upustem wielkiej wody i służy do płukania wlotu kanału z osadów, lub też do zmniejszenia spiętrzenia wielkiej wody.

Zaznaczyć jednak należy, że o ile założenie jazów stałych jest w danych warunkach możliwe, wykonanie go będzie rozwiązaniem najtańszym i najprostszym; jazy stałe dobrze wykonane wymagają najmniejszych kosztów utrzymania i obsługi.

Z tego co powyżej powiedziano wynika, że przed postanowieniem budowy jazów należy oznaczyć jaknajściślej położenie przyszłego (spiętrzonego) zwierciadła wody, tak dla niskiego jak i wysokiego stanu wody, z uwzględnieniem przypuszczalnego zamulenia łóżyska powyżej jazów. Na podstawie wykreślenia krzywych spiętrzenia i porównania ich położenia z wysokością brzegów, oraz z wysokością obszarów nadrzecznych, można dopiero osądzić, czy jaz skutkiem spiętrzenia wody nie zaszkodzi obszarom przyległym powyżej położonym, ewentualnie także przez podniesienie poziomu odpływu innym zakładom wodnym na danej rzece powyżej położonym. Przy t. z. dochodzeniach wodno-prawnych, które przeprowadzają władze administracyjne, w celu orzeczenia o dopuszczalności budowy jazów, winien być obszar objęty spiętrzoną wodą nie tylko planami (sytuacja, profil podłużny i poprzeczne) określony, ale także na terenie wytyczony.

Zdawałoby się, że zbyt wysokie spiętrzenie, bądźto z góry projektowane, bądź też powstałe później skutkiem podniesienia się dna łóżyska powyżej jazów, można uczynić nieszkodliwym, przez wykonanie powyżej jazów obu stronnych wałów ochronnych, sięgających ponad spiętrzoną wielką wodą i kończących się aż poza granicą spiętrzenia. Wały takie rzeczywiście nieraz się wykonuje, pamiętać trzeba

jednak o tem, że środek ten wystarcza o ile grunta nadbrzeżne są nieprzepuszczalne, w przeciwnym razie nie zabezpiecza on gruntów przed zabagnieniem.

W łączności z jazem wykonuje się często nad nim kładkę, lub most, szczególnie przy jazach ruchomych. Most służy w takim razie nie tylko do komunikacji, ale także do wykonywania czynności związanych z usuwaniem (podnoszeniem) konstrukcji ruchomej, do umieszczenia wyciągów mechanicznych, złożenia konstrukcji ruchomej po wyciągnięciu, założenia toru kolejki etc.

Mówiąc o oddziaływaniu jazu na łóżysko rzeki i obszary sąsiednie, trzeba wymienić jeszcze pewne niekorzystne oddziaływanie, a mianowicie ułatwienie tworzenia się powłoki lodowej, nagromadzenia się lodu, oraz utrudnienie odprowadzenia go. Sprawa ta jest szczególnie ważną na wielkich rzekach, gdzie powstają wielkie masy lodu; spiętrzenie wody jazem zmniejsza jej chyżość, zwiększa ilość masy lodowej — a nadto skutkiem odprowadzenia części wody do kanału roboczego zmniejsza ilość wody w łóżysku, a zatem i siłę poruszającą wody, która lód usuwa. Naturalnie, że musimy jaz tak urządzić, aby nie wywołać możliwości tworzenia się zatorów, ale różne konstrukcje jazów różnie się tu będą zachowywać. Przedewszystkiem jazy ruchome, przy których możemy cały, albo prawie cały profil jazowy otworzyć dla przepływu, będą najodpowiedniejsze, jednak i między tymi będą pewne systemy korzystniejsze, lub mniej korzystne, tak z uwagi na usunięcie niebezpieczeństwa tworzenia się zatorów, jak i z uwagi na możliwe przedłużenie pracy zakładu wodnego. Opisując konstrukcje jazów zwrócimy także uwagę na te wymogi. Urządzenie osobnych klap lodowych przy jazach ruchomych, celem spuszczenia kry w dół rzeki, zmiana wysokości spiętrzenia, celem wywołania łamania się powłoki lodowej, łamanie lodu osobnymi przyrządami i rozsadzanie, są to środki służące do rozdrobnienia i usunięcia nagromadzenia lodu¹⁾.

W Szwecji, przy trafiających się tam nader niskich ciepłotach, nie można nieraz uruchomić jazów zasuwowych, nawet pomimo ogrzewania parą. Natomiast podobno uruchomiono jazy walcowe w Trollhättan i Ensokoski nawet przy ciepłocie -60°C przez ustawienie na końcach walców koszu z węglem²⁾.

Dalszy podział jazów. Z uwagi na ustrój w rzucie poziomym rozróżniamy (rys. 7.):

a) jazy prostopadłe, także prostymi zwane, założone w linii prostej, prostopadłej do osi łóżyska;

b) jazy ukośne, ukośnie do osi łóżyska założone;

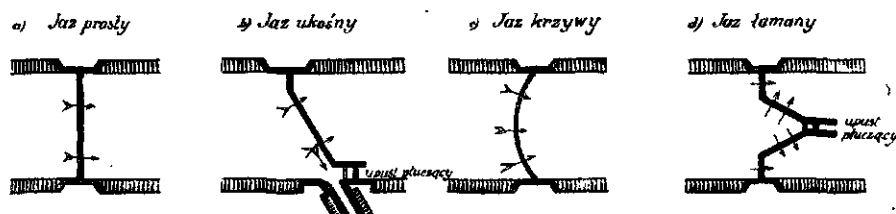
c) jazy krzywe, założone w linii łukowej i

d) jazy łamane, o rzucie poziomym łamanym.

W tych wszystkich wypadkach jaz przegradza całe łóżysko rzeki, w granicach spiętrzonej małej, lub średniej wody, tu i ówdzie napotykamy jednak tż. tamy spiętrzające, czyli odjazy, nie sięgające przez całą szerokość łóżyska; tamy takie wykonuje się w sposób prymitywny z chrustu, żwiru i kamieni, w wypadkach gdzie chodzi o nieznaczne spiętrzenie wody.

Znaczenie jazów ukośnych, krzywych i łamanych polega na tem, że posiadają większą długość jak jaz prosty, a ponieważ objętość wody przelewająca się przy danym spiętrzeniu przez jaz zależy w prostym stosunku od jego długości, zatem jazy takie wywołują w danych warunkach mniejsze spiętrzenie wielkiej wody.

Prócz tego posiadają one w danych warunkach i inne zalety, np. wykonanie jazu ukośnego (b) w ten sposób, że kierunek jego zgadza się z kierunkiem kanału odprowadzającego wodę, stosowane jest z korzy-



Rys. 7.

ścią na rzekach nieuregulowanych, których woda nie płynie jednym korytem, lecz dzieli się na poszczególne strugi. W takim razie wzdłuż jazu tworzy się rynna łącząca wodę całej rzeki i prowadząca ją do kanału. Aby żwir nie dostawał się do kanału równocześnie z wodą, należałoby próg kanału dać możliwie wysoko, a nadto w pobliżu wlotu kanału umieścić upust płuczący. Jaz krzywy (c) ma tę zaletę, że

¹⁾ Patrz Halter „Eiserscheinungen in fließenden Gewässern“, Wochenschrift für den öffentlichen Baudienst Nr. 24 i 25 1916

²⁾ Schweizerische Bauzeitung 1916.

ponieważ woda przelewa się przez niego w kierunku prostopadłym do jego krawędzi, nie spowoduje uderzenia na brzegi, które skutkiem tego nie potrzebują tak silnych ubezpieczeń. Wreszcie jazowi łamanemu (d) można dać możliwie wielką długość.

Naturalnie, że jaz prosty jest urządzeniem najzwyklejszym i najtańszym.

Wreszcie z uwagi na materiały, z jakich się jazy wykonuje dzieli się je na:

- a) jazy drewniane;
- b) „ kamienne (z kamienia, betonu i betonu uzbrojonego) i
- c) „ żelazne.

Jaz może być całkowicie z drzewa wykonany, lub też konstrukcję spiętrzącą wykonujemy z drzewa, a przyczółki i filary murowane; przy jazach, które mają trwać czas dłuższy, powinno się przyczółki i filary wykonać z muru. Drzewo stosowane jest także w jazach kamiennych do konstrukcji fundamentu w formie pali i ścian szczelnych, dalej jako ubezpieczenie dna poniżej jazu (podłoże), wreszcie jako część konstrukcji ruchomej przy jazach żelaznych (zastawki, beleczki uszczelniające). Żelazo stanowi główny materiał konstrukcyjny w dużych jazach ruchomych, jednak i w tych jazach przyczółki, filary, próg jazu (tz. część stała jazu ruchomego), wreszcie podłoże, wykonuje się zwykle z muru kamiennego, betonu, lub żelazo-betonu, tudzież narzutu kamiennego.

Na podstawie powyższych uwag możemy sobie zdać sprawę, jak wybrać miejsce gdzie ma być założony jaz. Przedewszystkiem jaz jako budowla kosztowna powinien być w danych warunkach możliwie krótki, a zatem należałoby wybrać miejsce tam, gdzie łóżysko wody jest możliwie zwężone, a brzegi wysokie. Takie jednak założenie jazu wywołałoby mogło zbyt wielkie spiętrzenie wielkiej wody, otóż obliczeniem zbadać należy, czy jaz wykonany w danym miejscu nie wywoła zbyt znacznego (z uwagi na miejscowe warunki) podniesienia zwierciadła wody. Jeżeli z rachunku wypadnie (krzywa spiętrzenia), że spiętrzenie powstałe wywołałoby zalew, lub zabagnienie gruntów przyległych, oddanych kulturze i skutkiem tego zbyt wartościowych, natenczas trzeba zrezygnować z tego miejsca i jaz założyć w szerszym profilu.

Dalej trzeba szukać miejsca, gdzie dno i brzegi rzeki są możliwie wytrzymałe i nieprzepuszczalne, gdyż budowa jazu w tych warunkach będzie tańszą i pewniejszą. Dalej samo przeznaczenie jazu będzie nas także krępować co do miejsca jego założenia, a wreszcie możliwość uzyskania dobrego materiału budowlanego odgrywa również ważną rolę.

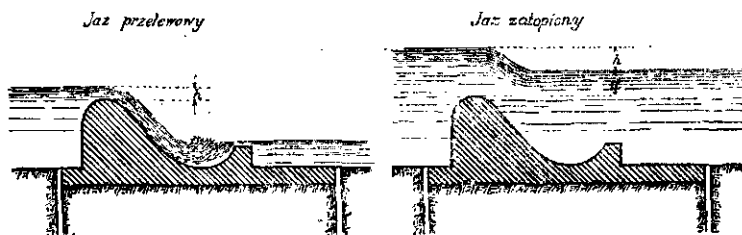
Należyte ocenienie tych warunków jest trudne — nie można tu podać żadnych ścisłych reguł, ani przepisów, zadanie to może rozwiązać tylko doświadczony inżynier specjalista.

2. Obliczenia hydrologiczne.

Zależnie od rodzaju przepływu wody przez jaz rozróżniamy następujące typy jazów:

a) jazy przelewowe (Überfallwehr, barrage à un déversoir ordinaire), odznaczające się tem, że ich korona w czasie zwykłych stanów wody leży ponad dolnym zwierciadłem wody i

b) jazy zatopione (Grundwehr, barrage à un déversoir noyé), których korona w czasie zwykłych stanów wody leży poniżej zwierciadła dolnej wody. W pierwszym przypadku przepływ wody przez jaz odbywa się jako tz. przelew zupełny, w drugim jako przelew niezupełny, czyli zatopiony (vollkommener oder unvollkommener Überfall, déversoir ordinaire, déversoir noyé). Niskie jazy, których korona nie występuje nigdy ponad stan małej wody, nazywają się progami. Ponieważ stany wody są na rzekach zmienne, zatem jaz, który w czasie niskich stanów jest jazem przelewowym, może być w czasie średnich, lub wysokich stanów jazem zatopionym, przez który woda przepływa przelewem niezupełnym.



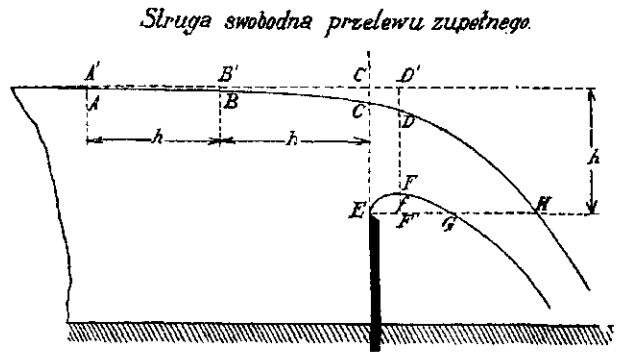
Rys. 8.

Przy przelewie zupełnym woda przepływa przez jaz tylko jedną warstwą o wysokości h , równą się różnicy poziomów krawędzi przelewu, oraz zwierciadła górnej wody; ponieważ tuż w pobliżu

krawędzi przelewu następuje zniżenie zwierciadła górnej wody, zatem zwierciadło to trzeba zaniwelować w pewnej odległości od krawędzi przelewu (przynajmniej w odległości $2h$). Strugę swobodną przelewu zupełnego przez ciekłą ściankę przedstawia rys. 9.

Wartość h nazywamy wysokością, lub grubością przelewu. Zniżenie zwierciadła wody na przelewie zaczyna się stosunkowo daleko, w odległości $2h$ od krawędzi przelewu wynosi ono około $0.01h$, w odległości h około $0.04h$, a nad krawędzią $0.15h$. Długość $E-H$ wynosi około $1.38h$. Dolna powierzchnia strugi się podnosi, a następnie opada, przy czym w odległości EF' wzniesienie to wynosi około $0.11h$ ponad poziom krawędzi przelewu, a pionowa grubość strugi przelewu FD około $\frac{2}{3}h$: Odległość $E-G$ wynosi $0.7h$ ¹⁾. Bodaszewski²⁾ przyjmuje, że wielkość obniżenia strugi w płaszczyźnie krawędzi przelewu c jest równą wielkości podniesienia się dolnej powierzchni strugi f i na sumę obu wartości podaje wzór:

$$c + f = \frac{4h}{(\pi + 2)^2}, \text{ czyli } c = f = \frac{2h}{(\pi + 2)^2}$$



Rys. 9.

Obliczenia przepływu wody przez jaz opierają się na wzorach określających przepływ na przelewie przez ciekłą ściankę; wzory te podają związek między długością przelewu b , wysokością przelewu h , oraz objętością przepływu Q .

Oznaczając literą v średnią chyżość przepływu w profilu (spiętronym) powyżej jazu, a $k = \frac{v^2}{2g}$ wysokość ciśnienia odpowiadającą tej chyżości, to jak to uwidoczniła rys. 10., ciśnienie wywołujące chyżość przepływu na przelewie zmienia się od $k = \frac{v^2}{2g}$, aż do $h + \frac{v^2}{2g} = h + k$. W głębokości z pod zwierciadłem górnej wody chyżość na przelewie będzie: $c = \sqrt{2g(z+k)}$, a elementarna objętość przepływu dQ warstewki o grubości dz , przy długości przelewu b będzie:

$$dQ = b dz \sqrt{2g(z+k)}, \text{ zatem } Q = \int_0^h b \sqrt{2g(z+k)} dz = b \sqrt{2g} \int_0^h \sqrt{z+k} dz, \text{ czyli}$$

$$Q = \frac{2}{3} b \sqrt{2g} \left\{ (h+k)^{3/2} - k^{3/2} \right\}, \text{ gdzie } g \text{ jest przyspieszeniem ciężkości} = 9.81, \text{ a } \sqrt{2g} = 4.43.$$

Ta objętość odpowiadałaby przelewowi przez ciekłą ściankę; nie uwzględniona tu jest kontrakcja strugi, tarcie wewnętrzne cieczy i tarcie o ściany łóżyska, dlatego praktycznie biorąc Q wyraża się wzorem:

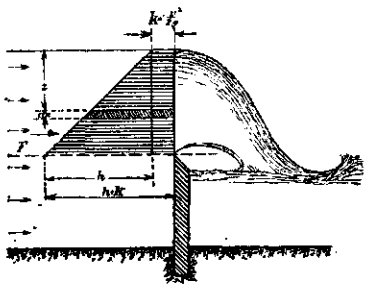
$$Q = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2g} \left\{ (h+k)^{3/2} - k^{3/2} \right\}, \text{ przy czym } \mu \text{ jest współczynnikiem praktycznym, który uwzględnia powyższe warunki. Jak w przeważnej}$$

części zagadnień z hydrauliki wielkość współczynnika μ nie da się teoretycznie oznaczyć, lecz trzeba ją oznaczyć doświadczalnie.

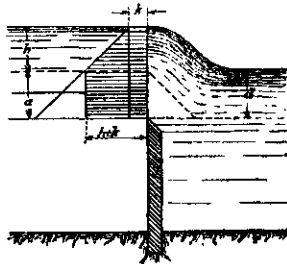
W razie jeżeli powyżej jazu jest zbiornik wody o znaczniejszych rozmiarach, chyżość v powyżej jazu można przyjąć równą zero, zatem $h = \frac{v^2}{2g} = 0$, a objętość przepływu wody na jazu przedstawi się wzorem:

$$Q = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2g} h^{3/2} = \frac{2}{3} \mu b h \sqrt{2gh}.$$

To był przelew zupełny; przy przelewie niezupełnym (zatopionym) objętość przepływu składa się z objętości przepływającej przez warstwę górną h , oraz przez warstwę dolną a , jak to przedstawia rys. 11.



Rys. 10.



Rys. 11.

¹⁾ H. Rehbock, Stauwerke 1912. Hdb. d. Ing.-Wissenschaften. III. T. II. Bd.

²⁾ Teorja ruchu wody, Lwów 1902.

- d) struga przylegająca (anliegender, oder angeschmiegt Strahl, nappe adhérente), może powstać, jeżeli ściana przelewowa nie jest zbyt cienka; przekrój poziomy strugi wygląda jak pofałdowana materia;
- e) struga zanurzona (tauchender Strahl, nappe noyée par dessous avec ressaut), jeżeli $h + hd < \frac{2}{3}p$ a odpływ nie leży zbyt nisko, powstaje struga przyciśniona, przyczem jednak skok wodny zbliża się do azu i pokrywa częściowo opadającą strugę.

Przelew zupełny przez ciekłą ściankę bez zwężenia bocznego, struga swobodna.

Bazin przyjął na objętość przelewu wyrażenie poprzednio podane, dodał jednak przed wyrażeniem $h = \frac{v^2}{2g}$ współczynnik α .

$$Q = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2g} \left(h + \alpha \frac{v^2}{2g} \right)^{3/2} \text{ lub}$$

$$Q = \frac{2}{3} \mu b h \sqrt{2gh} \left(1 + \alpha \frac{v^2}{2gh} \right)^{3/2}; \text{ pomijając wyższe potęgi małego ułamka } \frac{\alpha v^2}{2gh} \text{ można przyjąć:}$$

$$Q = \frac{2}{3} \mu b h \sqrt{2gh} \left(1 + \frac{2}{3} \alpha \frac{v^2}{2gh} \right).$$

Chyżość dopływu na przelew jest $v = \frac{Q}{bH}$, gdzie H jest głębokością wody w korycie dopływowym; w przybliżeniu otrzymuje się $v = \frac{2}{3} \mu b h \sqrt{2gh} : bH = 2.08 h^{3/2} : H = 2.08 h^{3/2} : (p + h)$.

Z doświadczeń oznaczył Bazin $\alpha = \frac{2}{3}$, zaś μ uczynił zależnem od h

$$\frac{2}{3} \mu = \left(0.405 + \frac{0.003}{h} \right).$$

Wprowadzając te wartości otrzymuje się:

Wzór Bazina:

$$Q = m b h \sqrt{2gh}$$

$$m = \mu \left| 1 + 0.55 \left(\frac{h}{p+h} \right)^2 \right|$$

p = wysokość ścianki spiętrzającej.

h	μ	h	μ	h	μ	h	μ
0.05	0.4481	0.14	0.4267	0.34	0.4162	0.54	0.4107
6	4427	18	4229	38	4150	58	0.4096
7	4391	20	4215	40	4144	0.60	0.4092
8	4363	24	4194	44	4134		
9	4340	28	4181	48	4122		
0.10	0.4322	0.30	0.1774	0.50	0.4118		-

Tabela ta podaje wartości μ zależnie od h , poczem trzeba obliczyć m , stosownie do wysokości ścianki spiętrzającej p , a wreszcie Q .

Następująca tabela podana przez Forchheimera¹⁾ daje wprost wartości m .

Wysokość przelewu h	Wysokość $p = H - h$						
	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1.00
0.10	0.459	0.447	0.442	0.439	0.437	0.435	0.434
0.15	0.468	0.451	0.443	0.438	0.435	0.432	0.429
0.20	0.480	0.459	0.447	0.440	0.436	0.431	0.428
0.30	0.500	0.475	0.460	0.450	0.443	0.434	0.430
0.40	0.516	0.489	0.472	0.459	0.451	0.440	0.433
0.50		0.500	0.482	0.468	0.459	0.445	0.437
0.60		0.510	0.491	0.476	0.466	0.451	0.441
0.682							0.415
0.806							0.409
1.056							0.422
1.304							0.434
1.426							0.438

¹⁾ Forchheimer Hydraulik 1914. W tabeli tej 7 pierwszych wierszy obliczono według wzoru Bazina, ostatnich 5 na podstawie doświadczeń Raftera.

Z dalszych wzorów na przelew zupełny bez zwężenia bocznego wspomnieć należy jeszcze wzór T. Rehbocka podany w ostatecznym kształcie¹⁾:

$$Q = \frac{2}{3} \left[0,605 + \frac{1}{1050h-3} + 0,08 \frac{h}{w} \right] bh \sqrt{2gh} = \left[1,787 + \frac{2,925}{1050h-3} + 0,236 \frac{h}{w} \right] bh^{3/2} \quad (\text{w } m^3/\text{sek},$$

h wysokość przelewu, w wysokość ścianki spiętrzającej).

W zakładzie doświadczalnym centralnego biura hydrograficznego we Wiedniu robiono ściśle doświadczenia z przelewem bez kontrakcji bocznej o szerokości $b=1\text{ m}$ i otrzymano następujące wyniki (Mitteilungen 1. Folge 1915.).

Grubość przelewu w mm	Objętość w lt/sek	Grubość przelewu w mm	Objętość w lt/sek	Grubość przelewu w mm	Objętość w lt/sek	Grubość przelewu w mm	Objętość w lt/sek
28·8	9·3	169·3	130·7	231·0	212·9	298·1	316·1
48·8	20·1	177·7	140·7	243·4	230·3	308·2	332·7
87·8	48·4	189·0	154·6	256·6	250·5		
142·7	100·2	204·2	175·2	270·2	271·3		
158·3	117·8	219·0	195·1	285·3	295·1		

Porównanie z wynikami wzoru Rehbocka okazuje, że wzór ten aż do grubości przelewu 180 mm daje wartości zupełnie zgodne, powyżej zaś różnice wzrastają do 3·2 lt/sek.

Przepływ przy innych rodzajach strug. Jeżeli doprowadzenie powietrza pod strugę nie jest wystarczające, to powstają inne rodzaje strug, o których mówiliśmy powyżej, a z doświadczeń otrzymuje się różne wartości m . Tak na przykład przy grubości przelewu 20 cm otrzymał Bazin w przypadkach:

$$\begin{aligned} a & \dots \dots \dots m=0,433 \\ b & \dots \dots \dots m=0,460 \\ c & \dots \dots \dots m=0,497 \\ d & \dots \dots \dots m=0,541-0,554 \end{aligned}$$

Przy strudze przyciśnionej objętość przepływu jest większa jak przy strudze swobodnej, jednak zjawisko to nie jest trwałe i tak kształt strugi, jak i objętość podlegają wahaniom.

Przy strudze wypełnionej objętość przepływu stoi w stosunku do objętości przy strudze swobodnej jak:

$$q:q_1 = 0,878 + 0,128 \frac{w}{h}$$

Przy strudze zanurzonej natomiast stosunek ten wynosi:

$$q:q_1 = 1,05 + 0,15 \frac{h_d}{h} \quad (z),$$

(h jest to pionowy odstęp dolnej wody od krawędzi przelewu).

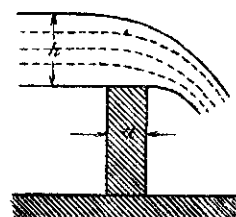
Przelew przez jaz belkowy, lub wogóle o płaskiej lub zaokrąglonej koronie.

Jeżeli $h < \frac{2}{3}a$, czyli $a > 0,66h$, natenczas struga przylega do korony jazu; między $h = \frac{2}{3}a$, i $h = 2a$ panuje stan chwiejny, dopiero przy $h > 2a$ powstaje struga swobodna.

Według Bazina objętość przepływu strugi przylegającej do objętości strugi swobodnej stoi w stosunku

$$q:q_1 = 0,70 + 0,185 \frac{h}{a}$$

przy $h:a = 0,5$	1	1,5	2	ponad 2
$q:q_1 = 0,79$	0,88	0,98 lub 1	1,07 lub	1

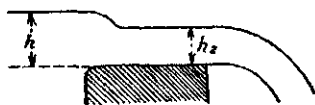


Rys. 15.

¹⁾ Ztschr. für Arch. und Ingenieurwesen, Hannover 1913.

²⁾ Wzór przybliżony zamiast zbyt zawilego wzoru dokładnego, vide Forchheimer Hydraulik.

Jeżeli korona nie jest prostokątna, lecz od strony górnej zaokrąglona, natenczas objętość przepływu znacznie wzrasta; tak na przykład przy jazie o szerokości korony 2 m i zaokrągleniu promieniem 0,1 m wzrasta objętość o 14%.

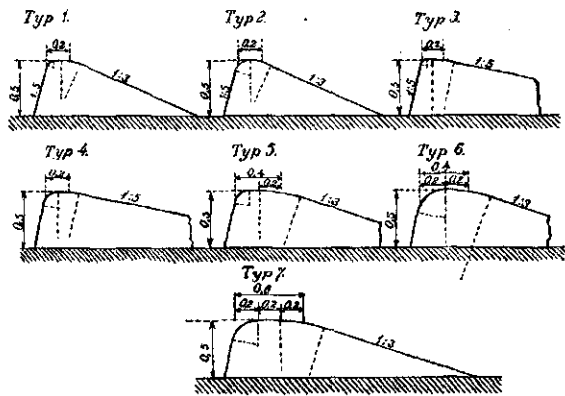


Rys. 16.

Dla jazów o bardzo szerokiej koronie podaje Belanger wzór $Q = 0,385 b \sqrt{2g} h^{3/2}$, przyczem h ma znaczenie jak w rysunku 16. Równanie to potwierdza doświadczenie Bazina, który znalazł dla jazu o szerokości korony 0,8 m współczynnik przelewu 0,37 i 0,39.

Przelew przez jazy o zaokrąglonej i łagodnie pochylonej ścianie dolnej. Bazin badał

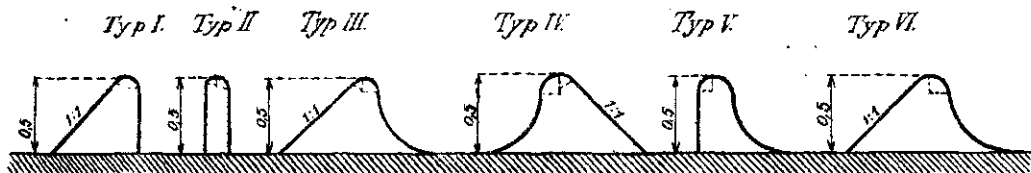
7 typów i otrzymał następujące wyniki na stosunek $q:q_1$, tj. objętości przepływającej przez dany typ do objętości przepływającej przy strudze swobodnej przez cienką ściankę:



Rys. 17. Typy jazów Bazina a).

Wysokość przelewu h	T y p						
	1	2	5	6	7	3	4
0,1	0,91	0,96	0,89	0,91	0,87	0,89	0,91
0,2	0,99	1,01	0,93	0,95	0,89	0,94	0,96
0,3	1,04	1,06	0,96	0,99	0,91	0,98	0,99
0,4	1,06	1,08	0,99	1,01	0,93	1,00	1,01

Wreszcie przy jazach o zaokrąglonej koronie, zbudowanych jednak według typów I—VI, otrzymał następujące stosunki $q:q_1$:



Rys. 18. Typy jazów Bazina b).

Wysokość przelewu h	T y p					
	I	II	III	IV	V	VI
0,10	1,13	1,15	1,14	1,06	1,04	1,06
0,15	1,21	1,24	1,21	1,13	1,13	1,13
0,20	1,27	1,31	1,25	1,18	1,18	1,18
0,25	1,28	1,32	1,29	1,23	1,23	1,23
0,30	1,27	1,29	1,28	1,26	1,26	1,25
0,35	1,24	1,24	1,24	1,29	1,25	1,24

Przelew przez stopnie (progi). Stopnie czyli progi w łóżyskach, których korony leżą w równej wysokości z dnem, lub niewiele wyżej, (górną ścianą zasypaną materiałem ruchomym) można uważać jako jazy. Według Armaniego¹⁾ współczynniki do wzoru:

$$Q = \frac{2}{3} ub \sqrt{2g} \left[\left(h + \frac{v^2}{2g} \right)^{3/2} - \left(\frac{v^2}{2g} \right)^{3/2} \right] \text{ przedstawiają się w sposób następujący:}$$

¹⁾ Ztschr. des österr. Ingen.- und Arch.-Vereines, 1894., vide także Forchheimer Hydraulik, str. 302.

$v=0.5,$	0.6,	0.7,	0.8,	0.9,	1.0,	1.1,	1.2,	1.3,	1.4,	1.5,	1.6,	1.7,	1.8,
$\frac{2}{3}\mu=0.300,$	0.330,	0.352,	0.370,	0.385,	0.398,	0.412,	0.417,	0.426,	0.435,	0.440,	0.447,	0.452,	0.458,
	1.9,	2.0,	2.1,	2.2,	2.3,	2.4,	2.5,	2.6.					
	0.461,	0.464,	0.469,	0.470,	0.475,	0.479,	0.484,	0.486.					

Jeżeli progi nie są od strony górnej zamulone, natenczas trzeba użyć następujących wartości $\frac{2}{3}\mu$, zależnie od h :

$h=0.10$	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50
$\frac{2}{3}\mu=0.347$	0.345	0.343	0.342	0.342	0.341	0.341	0.341	0.340

Przelew niezupełny.

Podane poprzednio wzory na przelew niezupełny są bardzo niepewne, tembardziej, że jak słusznie powiada Forchheimer jeszcze żaden badacz nie oznaczył współczynników μ i μ_1 .

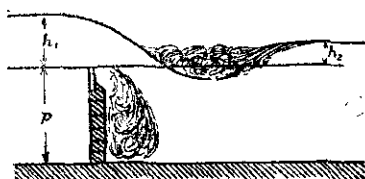
Fteley i Stearns na podstawie własnych doświadczeń, oraz doświadczeń Francisa czynionych z przelewami o $h=0.1-0.3$ ustawili wzór:

$$Q = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2g} \left(h_1 + \frac{h_2}{2} \right) \sqrt{h_1 - h_2},$$

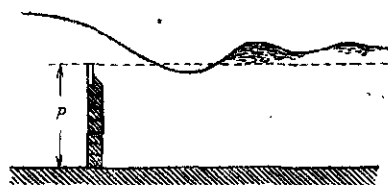
w którym h_1 oznacza wzniesienie zwierciadła górnej wody, a h_2 wzniesienie zwierciadła dolnej wody ponad krawędź przelewu. Współczynnik $\frac{2}{3}\mu\sqrt{2g}$ wynosi dla stosunku:

$h_2:h_1 =$	0.1,	0.2,	0.3,	0.5,	0.65,	0.8,	0.9,	1.0
	1.864,	1.814,	1.774,	1.719,	1.705,	1.724,	1.761,	1.855.

Bazin przeprowadzał badania również i z przelewami niezupełnymi i stwierdził, że przy wysokiej górnej wodzie siła przewału może dolną wodę odrzucić, tak, że powstanie struga o wolnej stopie. Częściej powstają jednak dwa inne kształty przelewu zatopionego, a mianowicie: a) przelew zanurzony i b) przelew falisty (welliger Überfall, nappe ondulée), przedstawione na rys. 19. i 20.



Rys. 19.



Rys. 20.

Ton ostatni powstaje, jeżeli dopływ zmaleje, lub odpływ zostanie podpiętrzony, aż $h_1 - h_2$ zmaleje do $\frac{1}{6} - \frac{1}{6}p$. Jeżeli natomiast przy przelewie falistym zniży się dolną wodę, to przy $h_1 - h_2 = 0.3p$ zmienia się przelew na zanurzony.

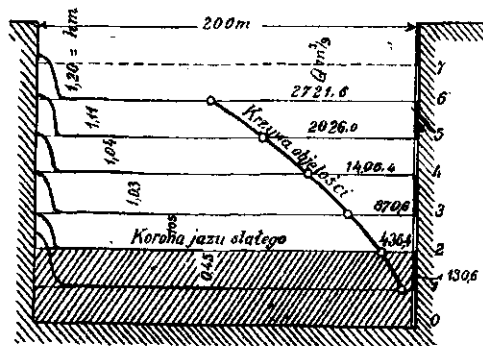
Według Bazina stosunek objętości przelewu zanurzonego q do objętości przy strudze swobodnej q_1 oznaczyć można z równania:

$$q:q_1 = 1.05 \left(1 + \frac{h_2}{5p} \right) \sqrt[3]{\frac{h_1 - h_2}{h_1}}.$$

Naturalnie, że ze wzrostem objętości przepływu podnosi się stan górnej (spiętrzonej) wody, jednak wysokość spiętrzenia $h = h_1 - h_2$ ze wzrostem objętości maleje, jak to dowodzą spostrzeżenia z natury.

Przykład. W łożysku 200 m szerokim, o spadku $J=0.0003$ spiętrza wodę jaz 2 m wysoki. Jakie będą wysokości spiętrzenia aż do najwyższego stanu wody licząc, który to stan wznosi się do 6 m powyżej wyrównanego dna.

Przedewszystkiem oznaczymy objętości przepływającej wody przy różnych stanach, używając do oznaczenia średniej chyżości profilu tabeli autora ¹⁾.



Rys. 21.

$tm_1 = 1 \text{ m}$	$Vm_1 = 0,653 \text{ m}$	$F_1 = 200 \text{ m}^2$	$Q_1 = 130,6 \text{ m}^3$
$tm_2 = 2 \text{ „}$	$Vm_2 = 1,091 \text{ „}$	$F_2 = 400 \text{ „}$	$Q_2 = 436,4 \text{ „}$
$tm_3 = 3 \text{ „}$	$Vm_3 = 1,451 \text{ „}$	$F_3 = 600 \text{ „}$	$Q_3 = 870,6 \text{ „}$
$tm_4 = 4 \text{ „}$	$Vm_4 = 1,758 \text{ „}$	$F_4 = 800 \text{ „}$	$Q_4 = 1406,5 \text{ „}$
$tm_5 = 5 \text{ „}$	$Vm_5 = 2,026 \text{ „}$	$F_5 = 1000 \text{ „}$	$Q_5 = 2026,0 \text{ „}$
$tm_6 = 6 \text{ „}$	$Vm_6 = 2,268 \text{ „}$	$F_6 = 1200 \text{ „}$	$Q_6 = 2721,6 \text{ „}$

Licząc przypływ przez jaz przelewowy (aż do $tm = 2 \text{ m}$) wzorem Bazina (przyjmując współczynnik $m = 0,45$), zaś przepływ przez jaz zatopiony wzorem Fteley i Stearns, powyżej podanym, przyjmuje się następujące wyniki:

$tm = 1$	$h = 0,45$	jaz przelewowy	
$tm = 2$	$h = 1,05$	jaz przelewowy	
$tm = 3$	$h = 1,03$	$h_1 = 2,03$	$h_2 = 1$
$tm = 4$	$h = 1,04$	$h_1 = 3,04$	$h_2 = 2$
$tm = 5$	$h = 1,11$	$h_1 = 4,11$	$h_2 = 3$
$tm = 6$	$h = 1,20$	$h_1 = 5,20$	$h_2 = 4$

jaz zatopiony

Licząc teraz naodwrot objętości dla spiętrzeń h tu wyrachowanych wzorem $Q = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2g} \left\{ (h+k)^{3/2} - k^{3/2} \right\} + \mu_1 b a \sqrt{2gh}$ i stosując współczynniki $\mu = 0,75$, $\mu_1 = 0,63$ otrzymuje się następujące wyniki:

$tm = 1$	$h = 0,45$	$Vg w = 0,267$	$k_1 = 0,004$	$Q_1' = 135,5 \text{ m}^3$
$tm = 2$	$h = 1,05$	$Vg w = 0,715$	$k_2 = 0,926$	$Q_2' = 487,0 \text{ „}$
$tm = 3$	$h = 1,03$	$Vg w = 1,080$	$k_3 = 0,060$	$Q_3' = 1078,0 \text{ „}$
$tm = 4$	$h = 1,04$	$Vg w = 1,395$	$k_4 = 0,100$	$Q_4' = 1641,0 \text{ „}$
$tm = 5$	$h = 1,11$	$Vg w = 1,660$	$k_5 = 0,140$	$Q_5' = 2669,0 \text{ „}$
$tm = 6$	$h = 1,20$	$Vg w = 1,890$	$k_6 = 0,182$	$Q_6' = 3422,0 \text{ „}$

Otrzymaliśmy tu objętości znacznie większe, to znaczy, że spiętrzenia obliczone tym wzorem wypadną znacznie mniejsze; tak na przykład dla najwyższego stanu wody ($tm = 6$) i objętości $Q = 2721,6 \text{ m}^3$ wypadnie h zaledwie 0,83. Te znaczne różnice jakie tu wynikły charakteryzują aż nadto dobitnie niepewność wzorów i współczynników odnoszących się do przepływu przez jazy.

W każdym razie wynik otrzymany ze wzoru Fteley i Stearns nie zdaje się być dobry, choćby z uwagi na tę okoliczność, że wielkość spiętrzenia w miarę wzrostu stanu wody powinna maleć, tu zaś przeciwnie wzrasta, natomiast wzór $Q = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2g} \left\{ (h+k)^{3/2} - k^{3/2} \right\} + \mu_1 b a \sqrt{2gh}$ daje wyniki prawdopodobniejsze, pomimo niepewności współczynników μ i μ_1 , a to zdaje się dzięki temu, że lepiej uwzględnia wpływ chyżości wody górnej.

Kwestja obliczania przepływu wielkiej wody przez jazy, złączona ściśle ze zbadaniem przepływu przez przelew niezupełny, dotychczas nierozwiązana, stanowi wdzięczne pole badań dla laboratoriów hydrologicznych.

Przelew ze zwężeniem bocznem.

Wypływ wody następuje tu niejako przez otwór w ścianie, strumień doznaje zwężenia bocznego, skutkiem czego objętość przepływu na jednostkę długości przelewu jest mniejsza, jak przy przelewie bez zwężenia bocznego.

Podajemy tu szereg wzorów zaznaczając, że wzory te odnoszą się do przepływu przez cienką ściankę i dają wartości pewniejsze przy mniejszych grubościach przelewu; Forchheimer uważa wzór Fresego jako dziś najodpowiedniejszy dla przelewów o cienkiej ściance, również w Szwajcarii wzór ten powszechnie stosują ²⁾.

¹⁾ Tabela ta zawarta w pracy autora „Badania empiryczne związku elementów ruchu w łożyskach przyrodzonych“, Czasopismo techniczne lwowskie i Zeitschrift für Gewässerkunde 1910, tom X. zeszyt 12, także hydrauliki Bubendeya, Weyrauch'a i i.

²⁾ Vide „Methodes de Jaugeage (Wassermessmethoden)“, Communications du Service des Eaux Nr. 10. Bern 1917.

1) Wzór Ponceleta i Lesbros:

$$Q = \frac{2}{3} \mu b h \sqrt{2gh}$$

$b = 0.20 \text{ m}$				$b = 0.60 \text{ m}$			
h	$\frac{2}{3} \mu$	h	$\frac{2}{3} \mu$	h	$\frac{2}{3} \mu$	h	$\frac{2}{3} \mu$
0.01	0.424	0.10	0.395	0.01	0.424	0.10	0.406
2	417	14	393	2	421	15	400
3	412	16	393	3	418	20	395
4	407	20	390	4	416	30	391
5	404	22	385	5	414	40	391
6	401	25	380	6	412	50	391
7	398	30	371	7	410	60	390
8	397			8	409	1.00	389

2) Wzór Bodaszewskiego: a) $M = m_1 + 2m_2 + m_3$

$$m_1 = \frac{2}{3} \left[b - s - \frac{s^2}{h} \right] \left[(h-s)^{3/2} - s^{3/2} \right] \sqrt{g}$$

$$2m_2 = \frac{1}{9} \left[s + \frac{s^2}{h} \right] \left[(h-s)^{3/2} - s^{3/2} \right] \sqrt{g} \quad s = \frac{2h}{(\pi+2)^2}$$

$$m_3 = \frac{1}{9} \left[b - s \right] \left[h^{3/2} - (h-s)^{3/2} \right] \sqrt{g}$$

b) (skr6cony) $M = \frac{2}{3} \mu b h \sqrt{2gh}$

$$\frac{2}{3} \mu = 0.41786 - 0.0284 \frac{h}{b} \quad (\text{warunek } b > h)$$

Doświadczenia wykonane w zakładzie doświadczalnym centralnego biura hydrograficznego we Wiedniu na przelewie zupełnym ze zwężeniem bocznym (Mitteilungen 1. Folge 1915. przelew 1 m długi) dały następujące wyniki:

Nr. pomiaru	Grubość przelewu w mm	Objętość w lt/sek	Nr. pomiaru	Grubość przelewu w mm	Objętość w lt/sek	Nr. pomiaru	Grubość przelewu w mm	Objętość w lt/sek
1	13.2	3.2	11	147.8	101.9	21	288.8	275.1
2	23.0	7.0	12	150.7	104.5	22	289.0	275.9
3	34.5	12.6	13	180.3	135.6	23	299.0	290.7
4	38.9	15.0	14	209.2	170.4	24	303.5	297.7
5	61.3	28.3	15	235.7	204.5	25	306.0	301.4
6	78.6	41.1	16	236.0	205.2	26	307.2	302.3
7	92.5	52.1	17	237.5	205.9	27	309.0	306.9
8	114.7	71.2	18	258.3	223.6	28	311.0	309.0
9	122.0	77.7	19	258.8	234.9	29	315.5	315.6
10	146.0	100.8	20	276.5	258.0	30	316.5	316.9

Porównanie tych wyników z wynikami wzoru Bodaszewskiego, opartego na zasadach teoretycznych i ustawionego w czasie kiedy autor nie miał jeszcze doświadczeń w tak szerokich granicach wykonanych, stwierdza bardzo dobrą zgodność tego wzoru.

3) Wzór Braschmanna: $Q = \frac{2}{3} \mu b h \sqrt{2gh}$, $\frac{2}{3} \mu = 0.3838 + 0.0386 \frac{b}{B} + \frac{0.00053}{h}$
[dobry dla $h > 0.10 \text{ m}$, przy h mniejszym błąd wynosi kilka %.]4) Wzór Fresego: [dla dużych objętości] $Q = \frac{2}{3} \mu b h \sqrt{2gh}$
 $\mu = \mu_0 \varepsilon$, $\mu_0 = 0.5755 + \frac{0.017}{h + 0.18} - \frac{0.075}{b + 1.2}$, $\varepsilon = 1 + \left| 0.25 \left(\frac{b}{B} \right)^2 + \xi_1 \right| \left(\frac{h}{h+w} \right)^2$, $\xi_1 = 0.025 + \frac{0.0375}{\left(\frac{h}{h+w} \right)^2 + 0.02}$
 w = wysokość ścianki spiętrzającej.5) Wzór Kinzera: $Q = \left(0.4342 + 0.009 \frac{b}{B} - 0.0777 \frac{h}{h+w} \right) b \sqrt{2g} \left(h + \frac{v^2}{2g} \right)^{3/2}$ 

Wzór traci ważność, gdy $h < 1$, lub też jeżeli przy $b < 0.1$ $h = 0.2$

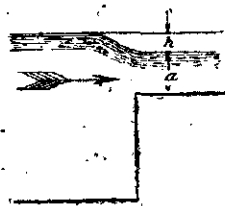
i „ $b < 0.5$ $h = 0.6$. Również musi być następujące zastrzeżenie zachowane:

$h : b = 0,9$	0,8	0,7	0,5	0,3	0,2	0,1
$h : (h + w) < 0,1$	0,2	0,3	0,4	0,5	0,7	1,0.

Śluzy wpustowe i upusty, przepływ przez kraty.

Woda spiętrzona jazem ma przejść do kanału roboczego i tu na wstępie (przy tz. śluzy wpustowej), uzyskać chyżość odpowiadającą chyżości w dalszej części kanału. Przyjmując, że spiętrzenie jest stosunkowo znaczniejsze, tak że woda powyżej jazu ma chyżość niewielką, można jej składową w kierunku osi kanału pominąć. W takim razie na uzyskanie w kanale chyżości v potrzebna jest wysokość ciśnienia $h = \frac{v^2}{2g}$, a właściwie dokładniej licząc trzeba by przyjąć $h = \alpha \frac{v^2}{2g}$, jednak wartość współczynnika α nie została oznaczona. Dlatego można dla pierwszej orientacji przyjąć $h = \frac{v^2}{2g}$.

O tę wielkość h obniża się zwierciadło wody przy wejściu do kanału (rys. 22.). Obliczenie takie naturalnie nie jest ścisłe, gdyż zakłada średnią chyżość v dla całego profilu kanału. W rzeczywistości przez rozszerzenie wlotu i stopniowe zwężanie aż do śluzy wpustowej otrzymujemy zmniejszenie straty wysokości. Dokładniej licząc można uważać wlot do kanału jako przelew zupełny i oznaczyć h z wzoru $Q = \frac{2}{3} \mu b h \sqrt{2gh} + \mu_1 b \sqrt{2gh} \cdot a$; współczynniki μ i μ_1 można by przyjąć obydwa równe 0.63. Jeżeli woda wchodzi zwężonym wlotem do osadnika o znacznym przekroju i małej chyżości v_0 , a następnie dopiero przechodzi do kanału, to powstaje podwójna strata wysokości zwierciadła, a mianowicie h_1 przy przejściu do osadnika, i $h_2 = \frac{v^2 - v_0^2}{2g}$ przy przejściu z osadnika do kanału.



Rys. 22.

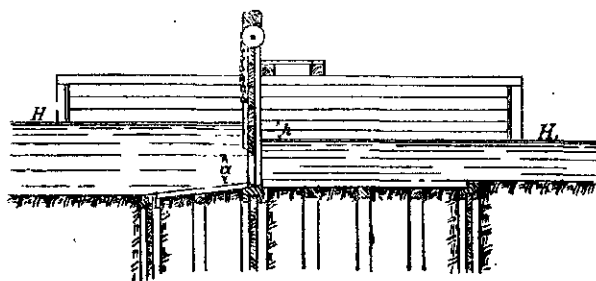
Engels¹⁾ podaje na stratę wysokości przy wejściu do kanału, zużytą skutkiem odchylenia strugi i na uzyskanie chyżości v następujący wzór: $h = \xi_0 \frac{v^2}{2g} + \left(\frac{v^2}{2g} - \frac{v_0^2}{2g} \right)$; przyjmując $\xi_0 = 0.32$, $v_0 = 0$ otrzymuje:

$$h = 1.32 \frac{v^2}{2g}$$

W praktyce można przyjąć $h = 1.5 \frac{v^2}{2g}$, a uwzględnienie tej straty wysokości jest nader ważne z uwagi na pewność wprowadzenia żądanej objętości wody do kanału.

Co do śluz wpustowych zauważyć trzeba, że w czasie wyższych stanów w rzece zachodzi potrzeba regulowania stanu wody dopływającej do kanału; odbywa się to przez częściowe przymknięcie stawidła stanowiącego zamknięcie kanału. (rys. 23.).

Jeżeli stan $W.W.$ w rzece jest H , zaś najwyższy dopuszczalny stan wody w kanale jest H_1 , natenczas z różnicy stanów $H - H_1 = h$, stosując wzór na przepływ przez otwór $Q = \mu b a \sqrt{2gh}$ otrzymamy, jak wielka ma być wysokość otworu a , aby przy danej szerokości śluzy wpustowej b , objętość Q mogła przepłynąć. Współczynnik μ można przyjąć według wskazówek powyżej podanych.



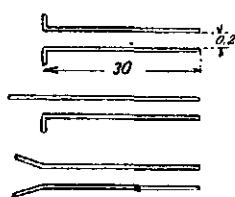
Rys. 23.

¹⁾ Handbuch des Wasserbaues, Leipzig und Berlin 1914.

Jako jaz zatopiony o wysokości zero i o bocznym zwężeniu można uważać każde zwężenie łożyska, przyczem dno przechodzi gładko. Taki przypadek zachodzi przy rozmaitych rodzajach upustów, przepustach dla statków, służach wałowych itp. Lebos i Richelmy podają dla tych przypadków (rys. 24.) wartości współczynnika $\frac{2}{3} \mu_a$ do wzoru:

$$Q = \frac{2}{3} \mu_a \sqrt{2g} b h^{1/2},$$

przyczem h oznacza wysokość górnego zwierciadła ponad dnem otworu w pewnej odległości od odpływu.



Przy- padek	h								
	0.05	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18	0.20
I.	0.268	0.281	0.294	0.302	0.308	0.312	0.316	0.319	0.323
II	0.267	0.280	0.295	0.304	0.310	0.314	0.317	0.319	0.322
III	0.272	0.296	0.304	0.313	0.320	0.325	0.329	0.333	0.335

Rys. 24.

Według Richelmy przy zupełnym zaokrągleniu miejsca wpływu:

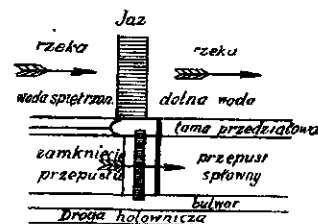
$$Q = b\sqrt{2g} \left\{ 0.299 (h_1 - h_2) \sqrt{\frac{4}{9} (h_1 - h_2) + \frac{v^2}{2g}} + 0.855 h_2 \sqrt{h_1 - h_2 + \frac{v^2}{2g}} \right\}$$

Wzory te można zastosować także do obliczenia strat wysokości przy przejściu wody przez kraty kanałów roboczych.

Przepusty dla tratw (przepusty spławne).

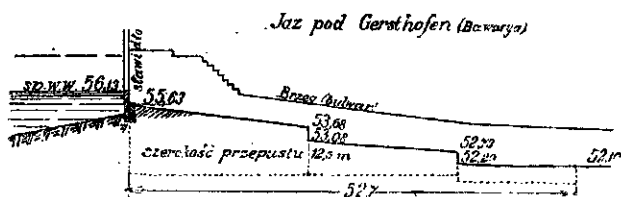
Zajmiemy się tu zjawiskami przepływu, oraz obliczeniami hydraulicznymi, szkicując konstrukcję tylko ogółowo, dla zrozumienia przedmiotu.

Przepust spławny (rys. 25.) jest to otwór w jazu zazwyczaj stale zamknięty odpowiednią zasuwą, poniżej którego wykonane są dwie ściany boczne, stanowiące ograniczenie tzn. drogi dla tratw. W czasie przejścia tratwy zasuwę się otwiera, a tratwa spływa z falą wody ze stanowiska górnego do dolnego.



Rys. 25.

Ponieważ więc w przepuście spławnym pokonujemy stopień równy spiętrzeniu wody, zatem wogóle dno przepustu tworzyć będzie równie pochyłą, której długość zależna jest od wielkości stopnia wytworzonego jazem. Jako przykład podaje



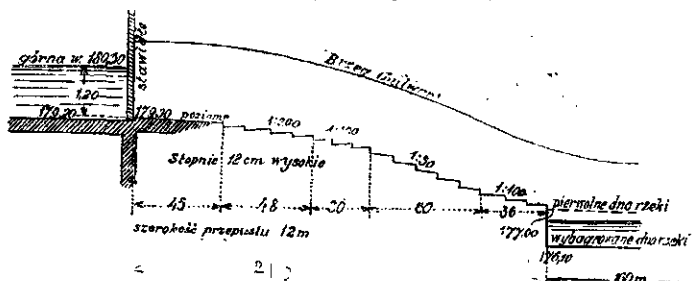
Rys. 26.

się dwa profile podłużne wykonanych przepustów spławnych (rys. 26. i 27.).

Otóż pierwszy przykład przedstawia przepust spławny w jazu wykonanym w celu wyzyskania siły wodnej na Lechu pod Gersthofen w Bawarii; ponieważ do kanału idzie cała mała woda, zatem przepust ten jest czynny tylko w czasie wyższych stanów. Tratwy płynące Lechem muszą przy stanach niskich przejść powyżej jazu do kanału roboczego i dopiero przed zakładem o sile wodnej pokonują stopień w służbie komorowej. Przepust jest z tego powodu krótki (52.7 m), o stosunkowo znacznym spadku.

Drugi przepust wykonany przy kanalizacji Wełtawy w Czechach jest jak widać z rysunku ogromnie długi (380 m), a założenie dna w różnych spadkach ma na celu uzyskanie łagodnego i bezpiecznego przejścia tratw przy pokonaniu stopnia wynoszącego 3.36 m. Chodzi tu o to, aby uzyskać

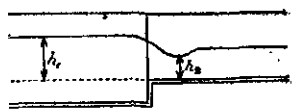
Jaz pod Trają (Czechy).



Rys. 27.

stosunkowo niezbyt wielkie chyżości, oraz wystarczające głębokości wody na wytworzonej równi pochyłej. Naturalnie, że tu tratwy przejść muszą nawet przy najniższych stanach wody. Stopnie 12 centymetrowe wykonane w dnie mają ten cel, aby zmniejszyć chyżość przez wytworzenie nierównego (szorstkiego) dna, a przez to powiększyć głębokość.

Wlot wody do przepustu sławnego przedstawia się jako przepływ do prostokątnego łożyska przez prostokątny otwór w ścianie jazu (rys. 28); przepływ taki badał Lebros, jednak tylko przez otwór 24 cm szeroki. Ponieważ w zwierciadle powstawał tu stopień, poczem zwierciadło się znowu częściowo podnosiło, zatem przyjął, że objętość przepływu zależy przedewszystkiem od wielkości h_1 i h_2 . Ustawił on wzór:



Rys. 28.

$$Q = \mu_2 b h_1 \sqrt{2g (h_1 - h_2)}$$

przyczem dla:

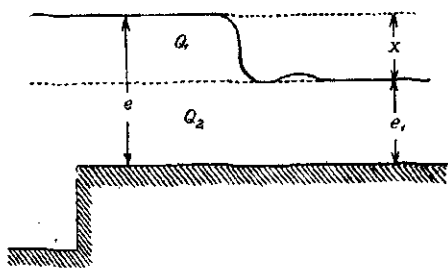
$(h_1 - h_2) : h_1$	0.004	0.006	0.008	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
μ_2	0.430	0.556	0.605	0.596	0.570	0.546	0.522	0.516	0.507	0.497	0.487	0.474

Wogóle, projektując przepust dla tratw mamy dane zwierciadło górnej i dolnej wody, czyli wysokość stopnia, a trzeba zaprojektować kształt równi pochyłej. Najważniejszą rzeczą będzie tu przyjęcie należytej głębokości wody na progu przepustu pod spiętrzonem zwierciadłem wody. Dalej cała równia ma być tak zaprojektowana, aby tratwa pomimo wielkiego spadku dna miała wszędzie wystarczającą głębokość wody. Naturalnie, że tu obliczenie wymaga szeregu prób; najpierw przyjmie się pewną głębokość progu pod zwierciadłem spiętrzonem, oraz zaprojektuje spadki dna, następnie przeprowadza się obliczenie przepływu, a w miarę uzyskanych wyników poprawia pierwotne przyjęcie.

Tolman¹⁾ przeprowadził w następujący sposób obrachowanie przepustu sławnego pod Troją w pobliżu Pragi, naszkicowanego na rys. 27.

Przyjąwszy pewną głębokość progu pod spiętrzonem zwierciadłem wody e , trzeba się zorientować przedewszystkiem a) jaka objętość sekundowa płynąć będzie do przepustu? i b) jak wielkie zniżenie x powstanie przy wejściu wody do przepustu sławnego? Otóż obie te ilości są ze sobą w bezpośrednim związku, dlatego oznaczenie ich nie jest tak proste. Możemy tu

zastosować wzory na przelew, opuszczając $k = \frac{v^2}{2g}$.



Rys. 29.

$$\left. \begin{aligned} Q_1 &= \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2g} x^{3/2} \\ Q_2 &= \mu_1 b e_1 \sqrt{2g} \sqrt{x} \end{aligned} \right\} \text{przyjmując } \mu = \mu_1 \text{ mamy}$$

$$Q = Q_1 + Q_2 = \frac{\mu}{3} b \sqrt{2g} \sqrt{x} (2x + 3e_1) \text{ lub}$$

$$1). Q = \frac{\mu}{3} b \sqrt{2g} \sqrt{x} (3e - x).$$

Jeżeli przyjmiemy μ (między 0.6 a 0.7), pozostają jeszcze 2 niewiadome Q , oraz x ; Tolman wprowadza tu jeszcze jedno równanie odnoszące się do wypływu z wielkich zbiorników do kanałów, a mianowicie:

$$e - e_1 - x = \frac{1}{2g} \frac{v^2}{m^2} - \frac{u^2}{2g}, \text{ przyczem } v \text{ oznacza chyżość w kanale, w miejscu gdzie nastąpił}$$

już ruch jednostajny, zaś u chyżość w zbiorniku, którą możemy przyjąć równą 0. Współczynnik m waha w granicach 0.73—0.95, przy zaokrąglonych wlotach zbliża się do jedności.

$$\text{Z powyższego } x \approx \frac{v^2}{2g m^2}, \text{ czyli } v = \sqrt{2g x} \cdot m$$

¹⁾ Allgemeine Bauzeitung, 1904.

W miejscu, gdzie się stopień skończył, głębokość wody wynosi $e - x$, szerokość łóżyska b , chyżość wody v , czyli

$$11). \quad Q = b (e - x) m \sqrt{2g} \sqrt{x}$$

Porównując drugie strony równań I i II otrzymuje się:

$$\frac{\mu}{3} b \sqrt{2g} \sqrt{x} (3e - x) = b (e - x) m \sqrt{2g} \sqrt{x} \quad \text{skąd} \quad \frac{\mu}{m} = \frac{3(e - x)}{3e - x}$$

$$3e \left(\frac{\mu}{m} \right) - x \frac{\mu}{m} = 3e - 3x$$

$$x \left(3 - \frac{\mu}{m} \right) = 3e \left(1 - \frac{\mu}{m} \right)$$

$$x = \frac{3e \left(1 - \frac{\mu}{m} \right)}{3 - \frac{\mu}{m}}$$

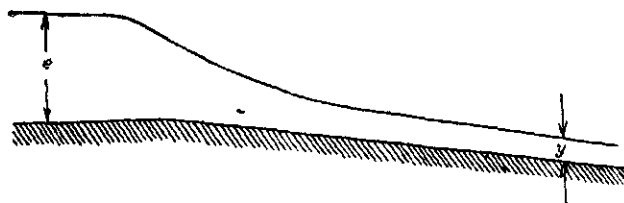
Jeżeli przyjmiemy wartość $\frac{\mu}{m}$, to można wyrachować x , a w dalszym ciągu mając x , można z poprzednich równań (I lub II) wyrachować Q . Pomimo zmienności μ i m iloraz nie waha w zbyt szerokich granicach, np.

$$\text{dla } \mu = 0.6, \max m = 1, \frac{\mu}{m} = 0.6, \text{ zaś } x = 0.5 e$$

Przyjmując dla przepustu pod Troją $\mu = 0.643$, $m = 0.95$ obliczono $x = 0.5 m$, Q z równania I) $= 24.96 m^3$, Q z równania II) $= 25 m^3$. Otrzymano zatem wyniki zgodne, a potwierdził je dokładny pomiar chyżości młynkiem.

Podobnie możnaby oznaczyć x jeszcze z innego warunku; wstawiając w równanie $x = \frac{1}{m^2} \frac{v^2}{2g}$, $v = k \sqrt{r i}$, zaś $r = \frac{F}{p} = \frac{b(e-x)}{b+2(e-x)}$ (przepływ przez kanał), możnaby oznaczyć x niezależnie od μ , w zależności od m i k .

Chodzi teraz o to, jaki będzie kształt zwierciadła wzdłuż drogi odbywanej przez wodę w przepuście. Oznaczanie tego kształtu jest trudne, dlatego Tolman oznacza tylko minimalną głębokość w przepuście, (o ile nastąpił na danej przestrzeni już ruch jednostajny), przyjmując kolejno zaprojektowane spadki równi pochyłej. Nazywając tę minimalną głębokość przez y i przyjmując, że nastąpił już ruch jednostajny, otrzymujemy:



Rys. 30.

$$Q = b y v = b y k \sqrt{\frac{F}{p} i}; \quad y = \frac{Q}{b k \sqrt{\frac{F}{p} i}}, \quad y^3 = \frac{Q^2 p}{b^3 k^2 i}, \quad y = \frac{Q}{F k \sqrt{\frac{F}{p} i}}, \quad \text{a ponieważ } F \cdot k \sqrt{\frac{F}{p} i} = Q, \quad \text{zatem}$$

$$y^3 = \frac{Q^2 p}{b^3 k^2 i}, \quad \text{stad } y = \sqrt[3]{\frac{Q^2 p}{b^3 k^2 i}}$$

Przyjmując na razie p w przybliżeniu i obliczając k z wzorów empirycznych dla kanałów (Darcy-Bazin, Ganguillet-Kutter, Hermanek, lub nowszy wzór Bazina), można dla każdego spadku równi pochyłej oznaczyć y .

Dla przepustu spławnego w Troji, licząc w ten sposób, otrzymano według Darcy-Bazin'a:

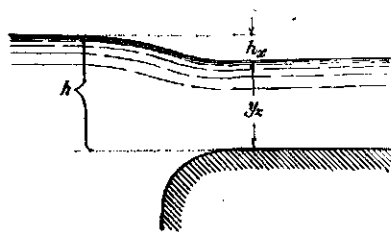
- 1) na spadku 1:200, $i = 0.005$, $p = 13.4 m$, $r = 0.626 m$, $k = 54.51$, $y = 0.55 m$
- 2) na spadku 1:100, $i = 0.010$, $p = 13.1 m$, $r = 0.51 m$, $k = 52.8$, $y = 0.50 m$
- 3) na spadku 1:50, $i = 0.020$, $p = 12.9 m$, $r = 0.42 m$, $k = 50.84$, $y = 0.45 m$

Podobnie inż. Bazika¹⁾ zajmuje się przepływem wody w przepustach dla tratw, twierdząc, że dotąd nie ma konstrukcji zupełnie zadowolniającej, a dotychczasowe postępowanie przy projektowaniu było więcej empiryczne. Stwierdza on, że główna trudność leży w skoku wodnym, jaki tworzy się na dolnym końcu przepustu; tratwa unoszona prądem wody na spadku przepustu ma dążność zagłębienia się swym przodem pod zwierciadło wody, przy przejściu z przepustu do dolnej wody i zarycia w dno, co stwarza zawsze pewne niebezpieczeństwo.

W celu zmniejszenia skoku wodnego daje się małe spadki i zmniejsza je w dół, a nadto przy przejściu do dolnej wody umieszcza ruchome pływające tratwy, na jednym końcu obrotowo w murach

¹⁾ Nová soustava vorových propustí, z odvozem zákonů pohybu vody v umělých korytech. Technický Obzor, 1913.

bocznych utwierdzone, które hamują zagłębienie spływającej tratwy pod wodę, jednak wszystkie te środki wprowadzicie poprawiają warunki, jednak złego w całości nie usuwają.



Rys. 31.

Przedewszystkiem trzeba dążyć do tego, aby zniżenie zwierciadła wody przy wlocie wody do przepustu było możliwie małe i rozłożone na dłuższej partji, a uzyskać to można, zmniejszając kontrakcję do minimum przez zaokrąglenie progu przy wlocie, a tak samo ścian bocznych, przez dodanie krzywych skrzydeł, skutkiem czego wlot do przepustu będzie się jednostajnie zwężał.

Weźmy przepust o poziomym dnie (rys. 31.), zniżenie niech będzie h_x , chyżość w przepuście v , objętość przepływu na 1 m szerokości przepustu q .

$$v = \sqrt{2g h_x}, \quad q = y_x \cdot \sqrt{2g h_x}$$

Zniżenie h_x odpowiadać będzie maximalnej objętości przepływu $q_x \max$,

$$\text{zatem } y_x \sqrt{h_x} = \max, \text{ czyli } y_x \sqrt{h - y_x} = \max$$

$$\sqrt{h - y_x} - \frac{1}{2} \frac{y_x}{h - y_x} = 0$$

$$h - y_x = \frac{y_x}{2} ; \quad y_x = \frac{2}{3} h, \quad h_x = \frac{1}{3} h.$$

$$q \max = \frac{2}{3} h \sqrt{2g \frac{h}{3}} = \frac{2}{3} \frac{1}{\sqrt{3}} \sqrt{2g} h^{3/2} = \frac{2}{3} 0.577 \sqrt{2g} h^{3/2} = 1.7 h^{3/2}$$

$$\text{Średnia chyżość przy wlocie } v = \frac{\sqrt{2gh}}{\sqrt{3}}, \quad \frac{v^2}{2g} = \frac{h}{3} = h_x.$$

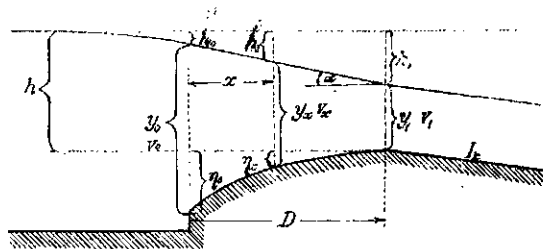
Jeżeli teraz zamiast poziomego łożyska przyjmiemy dno przepustu założone w spadku krytycznym, tj. takim, przy którym na całej długości przepustu profile, a zatem głębokości i chyżości nie będą się zmieniać, natenczas i w tym wypadku zniżenie zwierciadła wody przy wlocie pozostanie niezmienione, równe poprzednio wyrachowanemu.

$$v = k \sqrt{y} i ; \quad i = \frac{v^2}{k^2 y}, \text{ wstawiając } y = \frac{2}{3} h, \frac{v^2}{2g} = \frac{h}{3}, v^2 = 2g \frac{h}{3}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{otrzymuje się spadek krytyczny } J_k = \frac{g}{k^2} \\ \text{chyżość krytyczną } \dots \dots \dots v_k = \sqrt{2g \frac{h}{3}} \\ \text{głębokość } \dots \dots \dots J_k = \frac{2}{3} h \end{array} \right\}$$

Co do wypływu wody z przepustu do dolnej wody autor stwierdza, że jeżeli przepust dla tratw założony jest w spadzie krytycznym, to przejście wypływu do dolnej wody odbywa się bez skoku wodnego, tj. bez spiętrzenia i bez zniżenia dolnej wody.

Wykonując wlot o zaokrąglonych krawędziach mamy wzrost chyżości według powierzchni equipotencjalnych, co do kształtu zaś dna i boków możemy tu robić różne założenia. Jednym z założeń może być, że zniżenie zwierciadła ma być rozłożone jednostajnie, ze spadkiem pod kątem α .



Rys. 32.

¹⁾ Na podstawie tego wyniku autor wyjaśnia, dlaczego jazy o szerokiej koronie mają małą wydajność co do objętości przepływu; np jazy kanału Villoresi, o którym powyżej była mowa, mający koronę 1 m szeroką miał współczynnik μ tylko 0.565, zbliżony zatem bardzo do współczynnika $\frac{1}{\sqrt{3}} = 0.577$, jaki tu wypadł.

Biorąc dla uproszczenia zamiast krzywych powierzchni equipotencjalnych profile pionowe, ograniczenie z boku skrzydłami równoległymi, oraz pewne początkowe zniżenie h_0 , np. 0.05 m (odpowiadające chyżości $v = 1 \text{ m}$, $\frac{v^2}{2g} = 0.05 \text{ m}$), otrzymuje się:

$$h_x = h_0 + x \operatorname{tg} \alpha ; \quad v_x = \sqrt{2g(h_0 + x \operatorname{tg} \alpha)} ; \quad y_x = \frac{q}{\sqrt{2g(h_0 + x \operatorname{tg} \alpha)}}$$

$$\eta_x = y_x + h_x - h = \frac{q}{\sqrt{2g(h_0 + x \operatorname{tg} \alpha)}} + x \operatorname{tg} \alpha - h_0 - h$$

Taki przepust, oparty na zasadach tu przedstawionych, byłby jednak bardzo długi, a zatem i bardzo drogi, jak to widać z następującego przykładu:

Przyjmując zanurzenie tratw 0.50 m, głębokość przepustu stałą 0.80 m, a przepust założony w spadku krytycznym, otrzymuje się zniżenie przy wlocie $\frac{1}{2} h = 0.40 \text{ m}$, a $h = 1.20 \text{ m}$.

Krytyczny spad $J_k = \frac{g}{k^3}$; k zależy od szorstkości ścian i głębokości, a według wzoru Hermanka można przyjąć dla drzewa heblowanego $k_d = 57.3$, dla kamienia przyciosanego $k_k = 44.7$.

$$v_1 = \sqrt{2g h_1} = 4.43 \sqrt{0.40} = 2.80 \text{ m}$$

$$q = y_1 v_1 = 0.8 \cdot 2.8 = 2.24 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$J_k = \frac{1}{300} \text{ do } \frac{1}{200}$$

Przyjmując rozkład zniżenia w spadku $\operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{10}$, $h_0 = 0.05 \text{ m}$, $v_0 = 1 \text{ m}$, $y_0 = \frac{q}{v_0} = 2.24 \text{ m}$, $\eta_0 = 1.09 \text{ m}$, $h_1 = 0.40$, $y_1 = 0.80$, $v_1 = 2.80$ otrzymuje się: $D = (h_1 - h_0) \frac{10}{1} = 3.50 \text{ m}$

$$\text{Dla } x = \frac{D}{2} \text{ otrzymuje się } \eta_x = \frac{2.24}{4.43 \sqrt{0.05 + 0.175}} + 0.175 + 0.05 - 1.20 = 0.10 \text{ m}$$

Jeżeli spiętrzenie wynosi 3 m, a spad krytyczny według powyższego np. 1:200, przepust spławny miałby aż 600 m długości i przy 12.0 metrowej szerokości kosztowałby około 1 miliona koron!

W razie jeżeli spad przepustu jest większy jak krytyczny, powstaje w przepuscie ruch zmienny przyspieszony, a na przejściu wypływu z przepustu do dolnej wody wytworzy się skok wodny. Głębokości w przepuscie będą się zmniejszać, minimalna (asymptotyczna) głębokość wyniesie $y_a = \sqrt[3]{\frac{q^2}{k^2 J}}$, a głębokość wody u wlotu jak przy spadku krytycznym $y_k = \frac{2}{3} h$.

Kształt zwierciadła wody w przepuscie oznaczony jest równaniem:

$$J(x_1 - x_0) = y_1 - y_0 + \frac{y_a^3 - y_k^3}{y_a^2} \left\{ \frac{1}{6} \ln \frac{(y_1 - y_a)^2 (y_0^2 + y_0 y_a + y_a^2)}{(y_0 - y_a)^2 (y_1^2 + y_1 y_a + y_a^2)} + \frac{1}{\sqrt{3}} \operatorname{arctg} \frac{(y_0 - y_1) y_a \sqrt{3}}{(y_0 + y_1) y_a + 2(y_0 y_1 + y_a^2)} \right\}$$

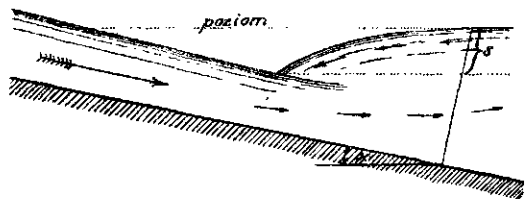
W ten sposób można oznaczyć kształt zwierciadła, jeżeli dany jest jeden punkt np. przy wlocie ($x_0 = 0$, $y_0 = y_k$) wody do przepustu spławnego, spad dna i przepływ sekundowy.

Wreszcie wysokość skoku wodnego określa równanie:

$$s = \frac{1}{2} H - y_a + \sqrt{\frac{1}{2} H^2 + H y_a}, \text{ gdzie } H = \frac{v^2}{2g} \text{ (rys. 33).}$$

Przykład. Dane takie same jak w poprzednim przykładzie tylko spad większy jak krytyczny np. $J = 1:50$.

$$y_a = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 2.24^2}{44.7^2 \cdot \frac{1}{50}}} = 0.50 \text{ m.}$$



Rys. 33.

k . przyjęliśmy tu 44, mniejsze jak poprzednio, z uwagi na mniejszą głębokość.

Największa chyżość $\frac{q}{y_a} = 4.48 \text{ m}$

Oznaczmy w jakich odległościach od wlotu wody do przepustu wytworzą się głębokości $y = 0.70, 0.60, 0.55 \text{ m}$.

$$1) y_1 = 0.70; \quad x_{50} = -0.10 + \frac{0.125 - 0.512}{0.25} \left\{ \frac{2.3026}{5} \log \frac{0.04}{(0.49 + 0.35 + 0.25)} \cdot \frac{0.64 + 0.40 + 0.25}{0.09} + \right. \\ \left. + \frac{1}{1.732} \arctg \frac{0.10}{1.50 \cdot 0.50 + 2(0.56 + 0.25)} \cdot 0.50 \cdot 1.732 \right\}$$

Zamiast $\arctg$ kładziemy samą wartość ułamka i otrzymujemy:

$x_1 = 1.65 \text{ m}$, taksamo dla:

$y_2 = 0.60$ otrzymuje się $x_2 = 10.25 \text{ m}$

$y_3 = 0.55$ „ „ $x_3 = 23.3 \text{ m}$ itd.; wszystkie odcięte mierzone są od punktu wlotu wody do przepustu

Wysokość skoku wodnego przy wypływie z przepustu do dolnej wody:

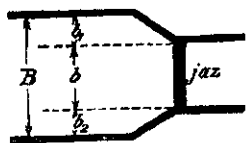
$$s = \frac{1}{2} H - y_a \quad \sqrt{H^2 + H y_a}; \quad H = \frac{v^2}{2g} = \frac{4.48^2}{2 \cdot 9.81} = 1.025 \text{ m}.$$

$$s = 0.51 - 0.50 \cdot \sqrt{0.26 + 0.255} = 0.73 \text{ m}$$

Zdaje się jednak, że o konstrukcji przepustów spławnych nie wypowiedziano jeszcze ostatniego słowa. Zauważyć trzeba, że stopnie w dnie przepustu nie spełniają należycie swego przeznaczenia, jako środka tłumiącego ruch wody. W tym kierunku doświadczenia inżyniera belgijskiego Denila¹⁾ odnoszące się do przepływu przez przepławki dla ryb, o których poniżej będzie mowa, i wynalezienie przez niego konstrukcji tłumiącej chyżość ruchu wody, nie pozostaną prawdopodobnie bez wpływu na dalszy rozwój konstrukcji dna przepustów spławnych. Już przy nowszych przepustach na Łabie (Lobosice) widać pewną korzystną modyfikację stopni przez nadanie im linii zygzakowatej w rzucie poziomym.

Jaz o skrzydłach ukośnych, jaz ukośny, łamany i krzywy.

Wzory na przepływ przez jaz o skrzydłach ukośnych (rys. 34.) ustawił Wex²⁾. Skutkiem zbliżania się skrzydeł ku przelewowi przyjąć można, że nie tylko chyżość wody górnej u z przestrzeni b wpływa na objętość przepływu, ale także chyżości z przestrzeni b_1 i b_2 w stosunku $\frac{b_1}{B} b$ i $\frac{b_2}{B} b$. Ponieważ jednak te chyżości boczne dwa razy zmieniają kierunek i to od kąta 0 aż do $2\varphi_1$, względnie $2\varphi_2$, wobec tego Wex mnoży je przez $\cos^2 \varphi_1$, względnie $\cos^2 \varphi_2$. Objętość Q przedstawia się zatem następującym wzorem:



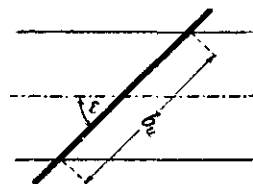
Rys. 34.

$$Q = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2g} b \left[h + \frac{u^2}{2g} \left(\alpha \frac{b}{B} + \frac{b_1}{B} \cos^2 \varphi_1 + \frac{b_2}{B} \cos^2 \varphi_2 \right) \right]^{3/2}$$

Współczynnik α przyjąć należy według Bazina.

O ile doświadczenia co do jazów prostych (prostopadłych do osi łożyska) są do celów praktyki niewystarczające, tembardziej niewystarczające są doświadczenia co do jazów ukośnych, krzywych i łamanych. Pewne wskazówki można uzyskać z doświadczeń Bazina, badań Wexa²⁾, oraz doświadczeń wykonanych w laboratorium hydrotechnicznym politechniki w Karlsruhe³⁾, jednak skala tych doświadczeń jest bardzo niewielka (Karlsruhe $b = 497 \text{ m/m}$, h do 170 m/m), tak, że wyprowadzone wnioski mają dla praktyki jeszcze małą wartość.

Bazin przyjmuje dla przelewu ukośnego (rys. 35.) współczynnik μ_u do wzoru na przelew:



Rys. 35.

¹⁾ „Les échelles a poissons“ Annales des travaux publics de Belgique, 1909.

²⁾ Hydrodynamik, obszerne dzieło odnoszące się do przepływu przez jazy, z powodu niezbyt ścisłych założeń mało uwzględniane.

³⁾ Aichel, Experimentale Untersuchungen über Abfluss des Wassers an vollkommenen Überfällen verschiedener Grundrißanordnung.

μ_u przy kącie $\varepsilon = 45^\circ$. . . 0.942 μ

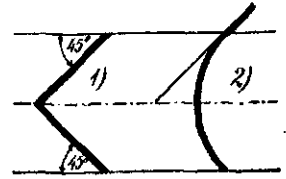
μ_u „ „ „ $\varepsilon = 25^\circ$. . . 0.911 μ ,

uwzględniając przytem całą długość jazu ukośnego jako długość krawędzi przelewu.

Aichel podaje wzór $250 \frac{h}{p} = \varrho (1 - \psi)$, gdzie $\frac{h}{p}$ oznacza stosunek wysokości przelewu do wysokości jazu, ψ jest stosunkiem $\frac{\mu_u}{\mu}$, wreszcie ϱ podaje według następującego zestawienia, zależnie od kąta ε .

$\varepsilon^\circ =$	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
$\varrho =$	362	475	595	700	840	1025	1250	1510	1795	2275	2980	4125	6579

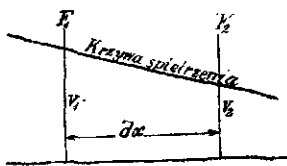
Co do jazów łamanych (rys. 36.) (1) i krzywych (2) podaje z wszelkimi zastrzeżeniami, że jaz łamany odchylający się od brzegu pod kątem 45° należałoby liczyć jako wyprostowany jaz ukośny o tym samym kącie nachylenia, zaś jaz krzywy jako wyprostowany jaz ukośny, przecinający boki łożyska pod tym samym kątem, przyczem jako długość przelewu należy wziąć wyprostowaną długość jazu krzywego.



Rys. 36.

Wysokość i dalekość spiętrzenia powyżej jazu, krzywe spiętrzenie (Staucurven, courbes du remous).

Każdy jaz, w ogólności zaś każda budowla spiętrzająca wodę, a więc i most, którego przyczółki i filary wstawiane są w łożysko rzeki, każda tama poprzeczna, wywołują powyżej miejsca ich założenia powiększenie profilów odpływu, a zatem równocześnie i zmniejszenie chyżości. W miarę oddalania się od jazu, postępując w górę rzeki, widzimy malenie wpływu spiętrzenia, a w miejscu gdzie można przyjąć, że spiętrzenie, praktycznie biorąc, się kończy, naturalny przekrój nie będzie zmieniony. Ściśle biorąc teoretyczna krzywa spiętrzenia, stanowiąca przekrój spiętrzonego zwierciadła wody płaszczyzną pionową, kończy się w nieskończoności, dla praktyki wystarczy jednak przyjąć, że przechodzi ona w pierwotne zwierciadło (zwierciadło wody niespiętrzonej) tam, gdzie różnica poziomów obu zwierciadeł może być praktycznie biorąc pominięta. Wynika z tego, że ruch wody w spiętrzonej części rzeki będzie ruchem zmiennym; zmieniają się tu tak przekroje, jak i średnie chyżości, oraz spadki, a stałą jest tylko objętość przepływu Q .



Rys. 37.

Jeżeli w odległości dx mamy przekroje . . . F_1 , oraz F_2 (średni przekrój F)
spadki jednostkowe (jako $\tan$ nachylenia stycznej
do krzywej spiętrzenia w obu punktach . . . i_1 „ i_2 (średni spadek i)
chyżości . . . v_1 „ v_2 (średnia chyżość v)
obwody zwilżone . . . p_1 „ p_2 (średni obwód p)
natenczas związek między temi ilościami określa równanie Belangera:

$$i = \frac{dy}{dx} = \frac{\varphi}{\gamma g} \frac{p}{F} v^2 + \frac{d}{dx} \left(\frac{v^2}{2g} \right), \text{ a kładąc } \frac{\varphi}{\gamma g} = \frac{1}{k^2} \text{ otrzymuje się:}$$

$$i = \frac{dy}{dx} = \frac{v^2}{k^2} \frac{p}{F} + \frac{d}{dx} \left(\frac{v^2}{2g} \right).$$

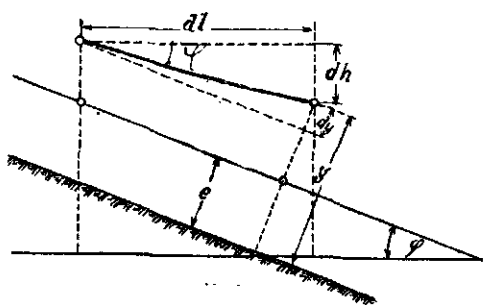
Otóż w tem równaniu reprezentuje drugi wyraz po prawej stronie wpływ przyrostu siły żywej, ponieważ zaś mamy tu do czynienia z ruchem zmiennym opóźnionym, przy którym chyżości maleją, a wysokość ciśnienia przy przejściu z przekroju mniejszego do większego zużywa się na powstające wiry, czyli siła żywa się traci, zatem ten drugi wyraz możemy w dalszych obliczeniach pominąć.

Otrzymujemy równanie $dy = \frac{v^2}{k^2} \frac{p}{F} dx$, lub wprowadzając przyrost wysokości i odległości,

$$dh = \frac{v^2}{k^2} \frac{p}{F} dl$$

Odniesmy teraz krzywą spiętrzenia do układu współrzędnych prostokątnych, którego osią x jest linja dna równoległego do zwierciadła niespiętrzonego i nazwijmy literą e średnią głębokość (stałą)

profilu niespiętrzonego, φ kąt nachylenia zwierciadła niespiętrzonego do poziomu; y będzie zatem (zmienną) głębokością profilów spiętrzonych.



Rys. 38.

$$dh = dl \operatorname{tg} \varphi = \frac{dy}{\cos \varphi}; \text{ kładąc } \cos \varphi = 1, \operatorname{tg} \varphi = J, \\ dh = Jdl - dy, \text{ a na podstawie powyższego} \\ Jdl - dy = \frac{v^2}{k^2} \frac{p}{F} dl; \text{ kładąc } \frac{p}{F} = \frac{1}{y}, \text{ t. j. odwrotności} \\ \text{promienia przekroju, lub odwrotności głębokości, otrzymuje} \\ \text{się: } -dy = \left(\frac{v^2}{k^2} \frac{1}{y} - J \right) dl.$$

Rühlmann przyjmuje profil prostokątny (rys. 39.); z oznacza tu wielkość spiętrzenia (zmienną), y całkowitą głębokość profilu (zmienną). Wyraz $\frac{v^2}{k^2}$ z ostatniego równa-

nia możemy wyrugować w sposób następujący, zastępując chyżość ruchu zmiennego v przez chyżość ruchu jednostajnego c .

$$Q = b e c = byv, \quad v = \frac{ec}{y} = \frac{ek \sqrt{J} e}{y} = \frac{ke^{3/2} J^{1/2}}{y}, \quad \frac{v^2}{k^2} = \frac{e^3 J}{y^2}, \text{ czyli } -dy = \left(\frac{e^3 J}{y^2} - J \right) dl$$

$$Jdl = \frac{y^3 dy}{y^3 - e^3}; \text{ ponieważ } y = e + z, dy = dz, \text{ zatem}$$

$$Jdl = \frac{(e + z)^3 dz}{(e + z)^3 - e^3}, \text{ wykonując dzielenie otrzymuje się:}$$

$$Jdl = \left| \frac{1}{3} \frac{e}{z} + \frac{2}{3} + \frac{2}{9} \frac{z}{e} - \frac{1}{9} \frac{z^2}{e^2} + \frac{1}{27} \frac{z^3}{e^3} - \dots \right| dz$$

$$\frac{Jdl}{e} = \frac{1}{3} \frac{dz}{z} + \frac{2}{3} \frac{dz}{e} + \frac{2}{9} \frac{z dz}{e^2} - \frac{1}{9} \frac{z^2 dz}{e^3} + \frac{1}{27} \frac{z^3 dz}{e^4} - \dots, \text{ a całkując w granicach między} \\ \text{spiętrzeniami } Z \text{ i } z \text{ otrzymuje się wreszcie:}$$

$$\frac{Jl}{e} = \frac{1}{3} \log \frac{Z}{z} + \frac{2}{3} \frac{Z - z}{e} + \frac{1}{9} \frac{Z^2 - z^2}{e^2} - \frac{1}{27} \frac{Z^3 - z^3}{e^3} + \frac{1}{108} \frac{Z^4 - z^4}{e^4} - \dots$$

W otrzymanem równaniu oprócz ilości stałych J , oraz e , mamy trzy ilości zmienne l , Z i z jeżeli dwie z nich są znane, można obliczyć trzecią.

W powyższem równaniu Rühlmann'a druga strona przedstawia szereg nieskończony, o wyrazach szybko malejących, którego wartość łatwo obliczyć. Jeżeli Z oznacza wielkość spiętrzenia na jazie, a z w dowolnym punkcie, natenczas l oznacza odległość danego punktu od jazu, jeżeli natomiast Z oznaczać będzie spiętrzenie na jazie, a $z = 0$, natenczas l oznaczać będzie dalekość spiętrzenia, czyli całkowitą długość przestrzeni spiętrzonej (Staulänge, la longueur du remous). Z równania tego, przyjmując pewne Z i z , i rachując l , można oznaczyć również kształt krzywej spiętrzenia.

W zupełnie podobny sposób wyprowadza Rühlmann równanie dla przypadku, jeżeli nie mamy do czynienia ze spiętrzeniem, ale ze znizeniem zwierciadła wody, skutkiem nagłego stopnia w dnie, sięgającego w głąb (rys. 40.). (Spiętrzenie, wzgl. obniżenie, Stau oder Absenkung, remous d'exhaussement, ou d'abaissement).

Przykłady ¹⁾. Jaz spiętrza wodę o 0.135 m, głębokość średnia ($e = \frac{F}{B}$) naturalnego (niespiętrzonego) profilu wynosi 1 m, spadek naturalny 1:3000, czyli $L = 0.00033$.

¹⁾ Z Rühlmann'a.

1) W jakiej odległości od jazu spiętrzenie wynosi tylko 0·01 m? Według powyższego $\frac{Jl}{e} = f\left(\frac{Z}{e}, \frac{z}{e}\right)$, a wstawiając wartości i obliczając wartość szeregu przedstawiającego funkcję f otrzymuje się:

$$\frac{1 \cdot l}{3000 \cdot 1} = 0.9528$$

$$l = 2858,45 \text{ m}$$

2) W jakiej odległości od tego punktu spiętrzenie wyniesie tylko 0·0098 m?

$$\frac{Z}{e} = 0.01 ; \frac{z}{e} = 0.0098$$

$$\frac{Jl_1}{e} = 0.006734 ; l_1 = 20.20 \text{ m}$$

Zadania dotyczące się dalekości i wysokości spiętrzenia powyżej jazu można w nader łatwy i dla praktyki wystarczająco dokładny sposób rozwiązać zapomocą tabel cyfrowych Rühlmanna. Równanie zasadnicze:

$$\frac{Jl}{e} = f\left(\frac{Z}{e}, \frac{z}{e}\right) \text{ daje się przedstawić zapomocą różnicy:}$$

$$\frac{Jl}{e} = f\left(\frac{Z}{e}\right) - f\left(\frac{z}{e}\right).$$

Otóż tabela Rühlmanna ułożona jest na tej zasadzie, że spiętrzenie 0·0098 m pomija się jako praktycznie biorąc mało znaczące, tam więc gdzie spiętrzenie posiada tę wartość, przyjmuje się początek układu współrzędnych. To dowolne przyjęcie zakreśla zatem długości krzywej spiętrzenia praktyczną granicę.

W tabeli Rühlmanna (osobna dla spiętrzeń, a osobna dla zniżeń) można dla danego $\frac{z}{e}$ znaleźć odpowiednie $f\left(\frac{z}{e}\right)$ i odwrotnie; użycie tabeli przedstawia się następująco: Mając dane Z i z (wielkość spiętrzenia w dwóch punktach), tudzież e , oraz J , obrachowuje się $\frac{Z}{e}$ i $\frac{z}{e}$, a następnie z tabeli $f\left(\frac{Z}{e}\right)$ i $f\left(\frac{z}{e}\right)$; biorąc różnicę obu wartości oznaczmy $\frac{Jl}{e}$, a stąd l , tj. odległość obu punktów.

Tabela Rühlmanna dla spiętrzeń.

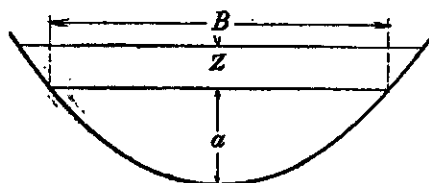
$\frac{z}{e}$	$f\left(\frac{z}{e}\right)$	$\frac{z}{e}$	$f\left(\frac{z}{e}\right)$	$\frac{z}{e}$	$f\left(\frac{z}{e}\right)$	$\frac{z}{e}$	$f\left(\frac{z}{e}\right)$	$\frac{z}{e}$	$f\left(\frac{z}{e}\right)$
0,010	0,0067	0,115	0,8922	0,220	1,1821	0,325	1,3877	0,430	1,5583
0,015	0,1452	0,120	0,9098	0,225	1,1931	0,330	1,3964	0,435	1,5659
0,020	0,2444	0,125	0,9269	0,230	1,2040	0,335	1,4050	0,440	1,5734
0,025	0,3222	0,130	0,9434	0,235	1,2148	0,340	1,4136	0,445	1,5809
0,030	0,3863	0,135	0,9595	0,240	1,2254	0,345	1,4221	0,450	1,5884
0,035	0,4411	0,140	0,9751	0,245	1,2358	0,350	1,4306	0,455	1,5958
0,040	0,4889	0,145	0,9903	0,250	1,2461	0,355	1,4390	0,460	1,6032
0,045	0,5316	0,150	1,0051	0,255	1,2563	0,360	1,4473	0,465	1,6106
0,050	0,5701	0,155	1,0195	0,260	1,2664	0,365	1,4556	0,470	1,6179
0,055	0,6053	0,160	1,0335	0,265	1,2763	0,370	1,4638	0,475	1,6252
0,060	0,6376	0,165	1,0473	0,270	1,2861	0,375	1,4720	0,480	1,6324
0,065	0,6677	0,170	1,0608	0,275	1,2958	0,380	1,4801	0,485	1,6396
0,070	0,6958	0,175	1,0740	0,280	1,3054	0,385	1,4882	0,490	1,6468
0,075	0,7222	0,180	1,0869	0,285	1,3149	0,390	1,4962	0,495	1,6540
0,080	0,7482	0,185	1,0995	0,290	1,3243	0,395	1,5041	0,500	1,6611
0,085	0,7708	0,190	1,1119	0,295	1,3336	0,400	1,5119	0,505	1,6682
0,090	0,7933	0,195	1,1241	0,300	1,3428	0,405	1,5197	0,510	1,6753
0,095	0,8148	0,200	1,1361	0,305	1,3519	0,410	1,5275	0,515	1,6823
0,100	0,8353	0,205	1,1479	0,310	1,3610	0,415	1,5353	0,520	1,6893
0,105	0,8550	0,210	1,1595	0,315	1,3700	0,420	1,5430	0,525	1,6963
0,110	0,8739	0,215	1,1709	0,320	1,3789	0,425	1,5507	0,530	1,7032

$\frac{z}{e}$	$f\left(\frac{z}{e}\right)$	$\frac{z}{e}$	$f\left(\frac{z}{e}\right)$	$\frac{z}{e}$	$f\left(\frac{z}{e}\right)$	$\frac{z}{e}$	$f\left(\frac{z}{e}\right)$	$\frac{z}{e}$	$f\left(\frac{z}{e}\right)$
0,535	1,7101	0,655	1,8695	0,775	2,0193	0,895	2,1625	1,300	2,6179
0,540	1,7170	0,660	1,8759	0,780	2,0254	0,900	2,1683	1,400	2,7264
0,545	1,7239	0,665	1,8823	0,785	2,0315	0,905	2,1742	1,500	2,8337
0,550	1,7308	0,670	1,8887	0,790	2,0375	0,910	2,1800	1,600	2,9401
0,555	1,7376	0,675	1,8951	0,795	2,0435	0,915	2,1858	1,700	3,0458
0,560	1,7444	0,680	1,9014	0,800	2,0495	0,920	2,1916	1,800	3,1508
0,565	1,7512	0,685	1,9077	0,805	2,0555	0,925	2,1974	1,900	3,2553
0,570	1,7579	0,690	1,9140	0,810	2,0615	0,930	2,2032	2,000	3,3594
0,575	1,7647	0,695	1,9203	0,815	2,0675	0,935	2,2090	2,100	3,4631
0,580	1,7714	0,700	1,9266	0,820	2,0735	0,940	2,2148	2,200	3,5664
0,585	1,7781	0,705	1,9329	0,825	2,0795	0,945	2,2206	2,300	3,6694
0,590	1,7848	0,710	1,9392	0,830	2,0855	0,950	2,2264	2,400	3,7720
0,595	1,7914	0,715	1,9455	0,835	2,0915	0,955	2,2322	2,500	3,8745
0,600	1,7980	0,720	1,9517	0,840	2,0975	0,960	2,2380	2,600	3,9768
0,605	1,8046	0,725	1,9579	0,845	2,1035	0,965	2,2438	2,700	4,0789
0,610	1,8112	0,730	1,9641	0,850	2,1095	0,970	2,2496	2,800	4,1808
0,615	1,8178	0,735	1,9703	0,855	2,1154	0,975	2,2554	2,900	4,2826
0,620	1,8243	0,740	1,9765	0,860	2,1213	0,980	2,2611	3,000	4,3845
0,625	1,8308	0,745	1,9827	0,865	2,1272	0,985	2,2668	3,500	4,8911
0,630	1,8373	0,750	1,9888	0,870	2,1331	0,990	2,2725	4,000	5,3958
0,635	1,8438	0,755	1,9949	0,875	2,1390	0,995	2,2782	4,500	5,8933
0,640	1,8503	0,760	2,0010	0,880	2,1449	1,000	2,2839	5,000	6,4018
0,645	1,8567	0,765	2,0071	0,885	2,1508	1,100	2,3971		
0,650	1,8631	0,770	2,0132	0,890	2,1567	1,200	2,5083		

Przykład. Rzeka ma spadek naturalny $J = \frac{1}{5000} = 0,0002$, głębokość średnia $e = 0,52$ m, jaz spiętrza wodę o 0,78 m. Obliczyć w jakich odległościach od jazu spiętrzenie wynosi jeszcze 0,52 m, 0,26 m, 0,13 m.

$$\begin{array}{lcl}
 & \text{(z tabeli)} & \text{(różnice)} \\
 \frac{Z}{e} = 1,5 & f\left(\frac{Z}{e}\right) = 2,8337 & \\
 \frac{z_1}{e} = 1 & f\left(\frac{z_1}{e}\right) = 2,2839 & \left. \begin{array}{l} 0,5498 = \frac{Jl_1}{e} \\ 0,6228 = \frac{Jl_2}{e} \\ 0,4150 = \frac{Jl_3}{e} \end{array} \right\} \begin{array}{l} l_1 = 1380 \text{ m} \\ l_2 = 1380 + 1620 = 2000 \text{ m} \\ l_3 = 1380 + 1620 + 1079 = 3079 \text{ m} \end{array} \\
 \frac{z_2}{e} = \frac{1}{2} & f\left(\frac{z_2}{e}\right) = 1,6611 & \\
 \frac{z_3}{e} = \frac{1}{4} & f\left(\frac{z_3}{e}\right) = 1,2461 &
 \end{array}$$

Obliczenie przeprowadza się zupełnie podobnie jeżeli znane jest spiętrzenie na jazu Z , odległość dowolnego punktu na krzywej spiętrzenia l , a szukana wielkość spiętrzenia w tym punkcie z ; wtedy znane jest $\frac{Z}{e}, f\left(\frac{Z}{e}\right)$, z równania $\frac{Jl}{e} = f\left(\frac{Z}{e}\right) - f\left(\frac{z}{e}\right)$, znajdziemy $f\left(\frac{z}{e}\right)$, z tabeli $\frac{z}{e}$, a zatem i z .



Rys. 41.

Obliczenie zniżeń przeprowadza się zupełnie podobnie.

W podobny sposób, jednak z założeniem parabolicznego przekroju rzeki przeprowadza Tolkmitt ¹⁾ obliczenie krzywej spiętrzenia, względnie spadku zwierciadła spiętrzonego (rys. 41.). Nazywając literą z spiętrzenie w dowolnym punkcie profilu podłużnego, a największą głębokość profilu naturalnego, B szerokość zwierciadła wody, otrzymujemy równanie profilu:

$$B = 2 \sqrt{Pa}, \quad F = \frac{2}{3} Ba = \frac{4}{3} \sqrt{Pa^3}, \quad \text{przyczem } P \text{ jest}$$

parametrem paraboli. Wprowadzamy powyżej podane równanie ruchu zmiennego:

¹⁾ Grundlagen der Wasserbaukunst.

$i = \frac{dy}{dx} = \frac{v^2}{k^2} \frac{p}{F} = \frac{Q^2}{k^2} \frac{p}{F^3}$; wartość $\frac{p}{F^3}$ otrzymamy z powyższego równania paraboli, przyczem p można położyć równe B , dla dowolnego zaś profilu w obrębie spiętrzenia zamiast a trzeba położyć $a + z$.

$$\frac{p}{F^3} = \frac{B}{\frac{8}{27} \sqrt{P^3} (a+z)^3} = \frac{27}{32} \frac{1}{P (a+z)^4}$$

$$i = \frac{27}{32} \left(\frac{Q}{k}\right)^2 \frac{1}{P (a+z)^4}$$

W miejscu gdzie $z = 0$ $i = J$

$$J = \frac{27}{32} \left(\frac{Q}{k}\right)^2 \frac{1}{P a^4}; \text{ z porównania obu równań ostatnich wynika, że:}$$

$$i = J \left(\frac{a}{a+z}\right)^4.$$

Z równania tego łatwo obliczyć spadek miejscowy i (styczny do krzywej spiętrzenia) w pewnym punkcie o spiętrzeniu z .

Przykład. Rzeka ma spadek naturalny $J = 0.0005$, $F = 28 \text{ m}^2$, $B = 30 \text{ m}$, $\frac{F}{B} = tm = 0.933$, $a = \frac{2}{3} tm = 1.4 \text{ m}$
 $J = 0.000058$

Obliczone spadki, a zatem i kąty nachylenia stycznych mogą posłużyć do wykreślenia krzywej spiętrzenia.

Równanie Tolkmitta określające dalekość spiętrzenia brzmi:

$$l_{(h,z)} = \frac{a}{J} \left[F \left(\frac{a+z}{a} \right) - F \left(\frac{a+z}{a} \right) \right], \text{ przyczem } h \text{ i } z \text{ oznaczają spiętrzenia w dwóch}$$

dowolnych punktach. Wartość funkcji $F \left(\frac{a+z}{a} \right)$ podana jest w tabelach, zestawionych tak dla spiętrzeń, jak i dla zniżeń zwierciadła wody. Tabel tych nie podajemy, ponieważ krzywe spiętrzenia obliczone sposobem Tolkmitta nie są bynajmniej dokładniejsze jak krzywe spiętrzenia Rühlmanna; sposób Tolkmitta nadaje się raczej do obliczenia spiętrzeń w kanałach sztucznych.

Forchheimer podaje sposób Schaffernacka dla rzek o przekroju w przybliżeniu prostokątnym, z zastosowaniem wzoru na średnią chyżość $c = k J^{1/2} h^{3/4}$.

Oznaczając głębokość profilu prostokątnego, spiętrzonego (zmienną) litera h , głębokość profilu niespiętrzonego (stałą) h_0 , odległość od jazu x ,

$$b = a - c$$

$$\frac{b}{dx} = \frac{a}{dx} - \frac{c}{dx} \text{ czyli } i = J - \frac{dh}{dx}, \quad c = k J^{1/2} h^{3/4}$$

$$\text{tudzież przy stałej szerokości } B \quad c h = c_0 h_0$$

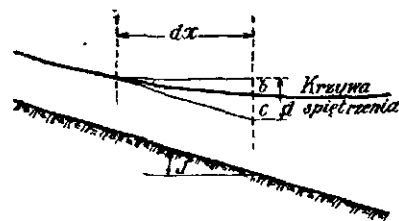
$$k \left(J - \frac{dh}{dx} \right)^{1/2} h^{7/4} = k J^{1/2} h_0^{7/4}$$

$$i dx = \frac{h^{3/5}}{h_0^{3/5}} dh; \text{ po zcałkowaniu otrzymuje się:}$$

$$\frac{i x}{h_0} = -\frac{h}{h_0} + \frac{1}{2.5} \left(\frac{h_0}{h}\right)^{2.5} + \frac{1}{6} \left(\frac{h_0}{h}\right)^6 + \frac{1}{9.5} \left(\frac{h_0}{h}\right)^{9.5} + \dots + C$$

Przy jazu $h = H$, zatem $C = \frac{H}{h_0} - \left[\frac{1}{2.5} \left(\frac{h_0}{H}\right)^{2.5} + \frac{1}{6} \left(\frac{h_0}{H}\right)^6 + \dots \right]$, wobec czego powyższe równanie dla odległości l między granicami H i h przekształca się na:

$$l_{(H,h)} = \frac{h_0}{J} \left[\psi \left(\frac{H}{h_0} \right) - \psi \left(\frac{h}{h_0} \right) \right]$$



Rys. 42.

Funkcję $\psi\left(\frac{h}{h_0}\right)$ przedstawiono graficznie, wykresy te podaje w swym dziele Forchheimer. Z wykresu widać, że funkcja $\psi\left(\frac{h}{h_0}\right)$ staje się zerem dla $h:h_0 = 1.015$, a zatem w miejscu, gdzie spiętrzenie prawie się gubi. Dalej widać również, że jeżeli $h > 2 h_0$ funkcja $\psi\left(\frac{h}{h_0}\right)$ staje się prawie równą $\frac{H}{h_0}$. Można zatem przyjąć w przybliżeniu, że przy dużych spiętrzeniach spiętrzenie w odległości od jazu $l_{(H, h)} = \frac{h_0}{i} \frac{H}{h_0} = \frac{H}{i}$ zanika, to znaczy w miejscu gdzie pozioma przesunięta przez punkt zwierciadła na jazu trafia dno rzeki. Jak Tolkmitt wykazał, to samo prawidłowo jest ważne i dla przekrojów parabolicznych.

Haponowicz rozwija teorię krzywej spiętrzenia¹⁾ w sposób następujący: Wychodząc z prawideł ruchu zmiennego w łożyskach wyprowadza równanie różniczkowe krzywej spiętrzenia, charakteryzuje przekrój poprzeczny zapomocą jednego znamienia φ , ustawia prosty związek dla łożysk naturalnych, wyrażający zmienność współczynnika k do wzoru Chęży-Brahmsa zapomocą mało zmiennej ilości ε , zależnej od średniej głębokości, którą wartość może być z wzorów empirycznych na k obliczona. Mając to, całkuje równanie różniczkowe i ustawia tablice oraz nomogram, ułatwiające obliczenie spiętrzeń. W dalszym ciągu podaje bardzo prosty wzór przybliżony, na podstawie którego można obliczać spiętrzenia, czyniąc dowolne przyjęcia co do koryta i zmienności współczynnika k , gdy mamy ustawione tablice dla jednego przyjęcia. Wreszcie na podstawie pomiarów spiętrzeń na Wełtawie i kanale Dunaju okazuje zupełną zgodność ustawionej teorii ze spostrzeżeniami, przyczem nawet wzór przybliżony daje lepsze wyniki jak wzory Rühlmanna i Tolkmitta.

Szczególnie wygodny jest wzór przybliżony, zapomocą którego przeprowadza się obliczenia w sposób prosty, bez użycia tablic, wyłącznie przy pomocy logarytmów.

Podajemy tu wyniki oraz przykład.

1) Równanie zasadnicze sprowadza się do prostego kształtu:

$$\frac{Jl}{T} - \frac{H}{T} = f(z_2) - f(z_1)$$

$$z_2 = \frac{y_2}{T}, \quad z_1 = \frac{y_1}{T}; \quad f(z) = \log(10^z - 1)$$

$$T = \frac{t}{\gamma}$$

W równaniach tych oznacza: J spadek jednostkowy zwierciadła niespiętrzonego, y_2, y_1 spiętrzenia w dwóch przekrojach ($y_2 > y_1$), l odległość przekrojów, t średnią głębokość wody niespiętrzonej, H spad bezwzględny zwierciadła niespiętrzonego między danymi przekrojami.

$\frac{1}{\gamma}$ jest współczynnikiem zależnym od z , a mianowicie gdy

$$\left. \begin{array}{ll} z < 0.5, & T = 0.8 t \\ 0.5 < z < 1 & T = 0.9 t \\ z > 1 & T = t \end{array} \right\} \text{średnio } \frac{1}{\gamma} = 0.9$$

Przykład. Przyjmijmy $J = 0.0005$, $l = 1500$ m, $t = 1.50$ m, $y_2 = 2.40$ m

Obliczmy więc $T = 0.9$, $t = 1.35$, $z_2 = \frac{y_2}{T} = \frac{2.40}{1.35} = 1.778$, $H = J \cdot l = 0.75$, $\frac{H}{T} = \frac{0.75}{1.35} = 0.556$

$$f(z_2) = \log(10^{1.778} - 1) = \log[\text{Num}(1.778 - 1)] = \log(59.98 - 1) = 1.771$$

$$f(z_1) = f(z_2) - \frac{H}{T} = 1.771 - 0.556 = 1.215$$

¹⁾ Dr. Norbert Haponowicz „Teoria krzywych spiętrzenia“, dysertacja doktorska, Czasop. techn. Lwów 1917; autor poległ na froncie włoskim w r. 1915.

Ponieważ $f(z_1) = \log(10^{z_1} - 1) = 1,215$, $10^{z_1} - 1 = \text{Num}(1,215) = 16,41$

$$z_1 = \log(16,41 + 1) = 1,241 \quad y_1 = z_1 \cdot T = 1,241 \cdot 1,35 \approx 1,675$$

Jeżeli rzędna zwierciadła spiętrzonego (wysokość *n. p. m.*) w przekroju y_2 wynosiła h_2 , to rzędna w przekroju y_1 wyniesie $h_1 = h_2 - y_2 + H - y_1 = h_2 - 2,400 + 0,750 + 1,675 = h_2 + 0,025$.

Wartość 0,025 m przedstawia bezwzględny spad zwierciadła spiętrzonego między badanymi przekrojami.

2) Podobnie prosto jednak z zastosowaniem tablicy cyfrowej oblicza się spiętrzenie metodą dokładną. Obliczenie poprzedza oznaczenie znamienia przekroju φ przez ocenienie, a mianowicie φ wynosi:

$$\left. \begin{array}{ll} \text{dla przekroju prostokątnego} & 1 \\ \text{„ paraboli } 9^{\text{go}} \text{ stopnia} & 0,9 \\ \text{„ „ } 2^{\text{go}} \text{ „ „} & \frac{2}{3} \\ \text{„ trójkąta} & \frac{1}{2} \end{array} \right\} \text{średnia wartość } 0,7$$

Równanie zasadnicze jest:

$$\frac{H}{t} = \frac{H}{t} = F(z_2) - F(z_1), \text{ wartości funkcji oznaczy się z tablicy.}$$

Przykład. Dany z poprzedniego przykładu, φ przyjmijmy 0,7.

$$\text{Obliczamy } z_2 = \frac{y_2}{t} = \frac{2,400}{1,50} = 1,60$$

$$F(z_2) = F(1,60) = 3,564$$

$$\frac{H}{t} = \frac{0,75}{1,50} = 0,500$$

$$F(z_1) = F(z_2) - \frac{H}{t} = 3,064$$

Tej wartości odpowiada wartość z tablicy otrzymana przez interpolację

$$z_1 = 1,129, \text{ zatem } y_1 = z_1 \cdot t = 1,129 \cdot 1,50 \approx 1,694 \text{ m.}$$

3) Podobnie liczy się spiętrzenie uwzględniając bezwładność cieczy, rachunek jest dłuższy, a wynik prawie nie różni się od wyniku pod 2).

Obliczenie krzywej spiętrzenia można przeprowadzić jeszcze w inny sposób, a mianowicie wychodząc wprost z równania:

$$i = \frac{dy}{dx} = \frac{v^2}{k^2} \frac{p}{F} = \frac{Q^2}{k^2} \frac{p}{F^3}, \text{ czyli } \Delta y = \frac{Q^2}{k^2} \frac{p}{F^3} \Delta x.$$

Przyjmuje się więc na Δx skończone odstęp, oraz pewne średnie wartości p i F , a obliczając Δy . Naturalnie, że najpierw trzeba pewne Δy przyjąć, aby na podstawie tej wartości oznaczyć (średnie dla danego odstęp Δx) p , oraz F , a następnie z równania rachuje się dokładniejsze Δy i obliczenie tak długo powtarza, aż obliczone Δy zgadza się z poprzednio przyjętym. W celu ułatwienia rachunku można dla danych profilów rzeki oznaczyć z góry krzywe p i krzywe F , a to na podstawie określenia kilku charakterystycznych punktów tych krzywych.

Jest to metoda ogólna i dokładna, ale stosunkowo uciążliwa, gdyż wymaga wielu prób.

Przykład¹⁾. W profilu ($n = 1 \text{ m}$)... $Q = 53,2 \text{ m}^3/\text{sek}$, $J = 0,00017$, zwierciadło leży na rzędnej 287,428. Przedłużone zwierciadło spiętrzone dałoby w profilu $n \text{ m}$ odległym od poprzedniego o 100 m rzędna 287,445. Na pierwszą próbę bierzemy głębokość profilu $t = 1 \text{ m}$, czyli zwierciadło na rzędnej 287,452. Z krzywej powierzchni otrzymuje się $F = 83,0 \text{ m}^2$, współczynnik k na podstawie doświadczeń (pomiarów na danej przestrzeni) przyjmuje się równy 37.

$$\text{Średnie wartości dla przestrzeni między obu profilami wynoszą: } \left\{ \begin{array}{l} F = 89 \text{ m}^2 \\ t = 1,175 \text{ m} \\ J = 0,00024 \end{array} \right.$$

$$Q = F \cdot K \sqrt{t J} = 89 \cdot 37 \cdot \sqrt{1,175 \cdot 0,00024} = 54,8 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Zwierciadło przyjęto zatem za wysoko, właściwy poziom wynosi 287,451 m. Podobnie postępuje się dalej w górę rzeki.

¹⁾ Z Forchheimera.

Tablica Haponowicza do spiętrzeń.

Funkcja $F(z)$.

(Wartość funkcji zwiększona o 2 celem otrzymania liczb dodatnich).

z	φ	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,3	0,0	z	φ	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,3	0,0
0,005	0,589	0,527	0,458	0,382	0,298	0,102	-0,300	0,41	2,200	2,194	2,187	2,180	2,172	2,154	2,120		
010	802	750	691	676	555	389	+0,949	42	214	208	202	195	187	170	137		
015	0,928	881	829	771	707	558	254	43	229	223	217	210	203	186	155		
020	1,018	0,975	0,927	874	815	679	401	44	243	238	232	225	218	202	172		
0,025	1,089	1,050	1,005	0,955	900	773	515	45	257	252	246	240	233	218	189		
0,030	1,148	1,110	1,068	1,021	0,970	0,850	0,608	0,46	2,271	2,266	2,261	2,255	2,248	2,234	2,206		
035	1,198	162	122	078	1,030	928	688	47	285	280	275	269	263	249	222		
040	1,241	207	170	128	082	0,975	757	48	299	294	289	283	277	264	238		
045	1,280	248	212	171	126	1,026	819	49	312	308	303	298	292	279	255		
0,050	1,315	284	250	212	170	072	874	50	326	322	317	312	306	294	271		
0,06	1,377	1,349	1,317	1,282	1,243	1,153	0,970	0,55	2,392	2,388	2,384	2,380	2,375	2,366	2,348		
07	430	402	374	342	306	222	1,052	60	456	453	450	446	442	435	421		
08	477	453	425	394	360	282	124	65	518	516	513	510	507	501	491		
09	519	496	470	441	410	337	188	70	578	576	574	572	570	566	558		
0,10	558	536	512	485	454	386	246	75	638	637	635	633	631	628	624		
0,11	1,593	1,573	1,550	1,524	1,496	1,431	1,299	0,80	2,698	2,695	2,694	2,693	2,691	2,689	2,687		
12	627	607	585	561	534	472	348	85	754	753	752	751	750	749	749		
13	667	639	618	595	569	511	393	90	810	810	809	809	808	808	810		
14	686	669	649	627	603	547	435	95	866	866	866	866	866	866	869		
0,15	714	697	678	657	634	582	475	1,00	2,922	2,922	2,922	2,922	2,922	2,923	2,927		
0,16	1,740	1,724	1,706	1,686	1,664	1,614	1,512	1,1	3,031	3,031	3,032	3,032	3,033	3,036	3,041		
17	765	750	734	714	693	645	548	1,2	139	140	141	141	142	145	152		
18	789	774	758	740	720	674	582	1,3	246	247	248	249	250	254	261		
19	812	798	783	765	746	702	614	1,4	352	353	354	355	356	360	369		
0,20	835	822	807	790	771	730	645	1,5	457	458	459	460	462	466	474		
0,21	1,856	1,843	1,829	1,813	1,796	1,755	1,675	1,6	3,561	3,562	3,564	3,565	3,567	3,571	3,579		
22	877	865	851	836	819	780	702	1,7	665	666	667	668	670	675	683		
23	898	886	873	858	842	805	731	1,8	768	769	771	772	774	778	786		
24	918	907	894	880	864	828	758	1,9	871	872	874	875	877	881	889		
0,25	937	926	914	900	885	851	784	2,0	3,973	3,974	3,976	3,977	3,979	3,983	3,991		
0,26	1,956	1,945	1,933	1,920	1,906	1,873	1,809	2,2	4,197	4,178	4,180	4,181	4,183	4,188	4,194		
27	974	964	953	940	926	895	833	2,4	381	382	383	384	386	390	396		
28	1,992	1,982	971	959	946	916	857	2,6	583	584	586	587	589	592	597		
29	2,010	2,001	1,990	979	966	937	880	2,8	786	787	788	789	791	794	798		
30	027	018	2,008	1,997	1,984	957	902	3,0	4,987	4,988	4,990	4,991	4,992	4,995	4,999		
0,31	2,044	2,036	2,026	2,015	2,003	1,976	1,924	3,5	5,491	5,492	5,493	5,494	5,495	5,497	5,499		
32	060	052	043	033	021	1,996	945	4,0	5,993	5,994	5,995	5,996	5,997	5,998	6,000		
33	077	069	060	050	039	2,015	966	4,5	6,495	6,495	6,496	6,497	6,498	6,499	6,500		
34	093	086	077	067	056	033	1,987	5,0	6,996	6,996	6,997	6,997	6,998	6,999	7,000		
35	109	101	093	084	074	051	2,007	6,0	7,997	7,997	7,998	7,998	7,999	8,000	8,000		
0,36	2,125	2,117	2,109	2,100	2,091	2,069	2,026										
37	140	133	125	116	107	087	046										
38	155	148	141	133	124	104	065										
39	170	164	157	149	140	121	083										
40	185	179	172	164	156	138	102										

Krzywa spiętrzenia z uwzględnieniem sił żywych, oraz w razie znacznej szerokości koryta.

Równanie powyżej stosowane: $i = \frac{v^2}{k^2} \frac{p}{F}$ nie jest dokładne, gdyż pominięto tu wpływ siły żywej, przyjmując, że przy ruchu zmiennym opóźnionym wysokość ciśnienia odpowiadająca przyrostowi siły żywej traci się na wiry. Takie przyjęcie możliwe jest tylko przy małych chyżościach, przy większych

wyraz określający wpływ siły żywej nie powinien być pominięty i zastosować należy równanie:

$$i = \frac{v^2}{k^2} \frac{p}{F} + \frac{d}{dx} \left(\frac{v^2}{2g} \right) \text{ czyli}$$

$$i = \frac{v}{g} \frac{dv}{dx} + \frac{p}{k^2} \frac{v^2}{F}, \text{ które było już powyżej podane.}$$

Prócz tego licząc dokładnie należałoby jeszcze wprowadzić w pierwszym wyrazie współczynnik α , wynikający ze zmienności chyżości w poszczególnych punktach profilu, czyli z uwzględnienia rzeczywistych chyżości w profilu, zamiast chyżości średniej. Zasadnicze równanie dla ruchu zmiennego będzie zatem:

$$i = \frac{\alpha}{g} \frac{v}{dx} + \frac{p}{k^2} \frac{v^2}{F}$$

Według de St. Venanta¹⁾ α można przyjąć w przybliżeniu równe $\frac{10}{9} = 1,11$

Jeżeli szerokość rzeki jest znaczna, to można obwód zwilżony p położyć równy szerokości zwierciadła b .

Przyjmując początek układu współrzędnych w miejscu, gdzie krzywa spiętrzenia schodzi się z niespiętrzonem zwierciadłem wody i oznaczając jak poprzednio literą t średnią głębokość profilu niespiętrzonego, $\operatorname{tg} \varphi = J$ spadek dna oraz zwierciadła niespiętrzonego, y głębokość w profilu spiętrzoneym równą $t + z$, wreszcie r różnicę poziomów zwierciadła spiętrzonego na długości x (rys. 42 a.), otrzymuje się:

$t + Jx = y + r$; różniczkując według x otrzymuje się $J = \frac{dy}{dx} + \frac{dr}{dx}$, a ponieważ $\frac{dr}{dx}$ jest spadkiem zwierciadła spiętrzonego w profilu x , zatem $i = J - \frac{dy}{dx}$

Ponieważ według powyższego

$$i = \frac{\alpha}{g} \frac{v}{dx} + \frac{v^2}{k^2} \frac{p}{F}, \text{ przyczem } \frac{p}{F} = \frac{b}{b \cdot y} = \frac{1}{y}$$

zatem

$$J - \frac{dy}{dx} = \frac{\alpha}{g} \frac{v}{dx} + \frac{v^2}{k^2} \frac{1}{y}$$

Jeżeli na jednostkę szerokości rzeki przypada objętość q , to $q = v \cdot y$

$$v dy + y dv = 0, \quad dv = -\frac{v}{y} dy, \quad v dv = -\frac{v^2}{y} dy = -\frac{q^2}{y^3} dy, \quad \text{zaś } \frac{v^2}{y} = \frac{q^2}{y^3}.$$

Wstawiając te wartości otrzymuje się:

$$J - \frac{dy}{dx} = -\frac{\alpha}{g} \frac{q^2}{y^3} \frac{dy}{dx} + \frac{q^2}{k^2} \frac{1}{y^3}$$

W przestrzeni niespiętrzonej jest $y = t$, $\frac{dy}{dx} = 0$, $J = \frac{q^2}{k^2 t^3}$.

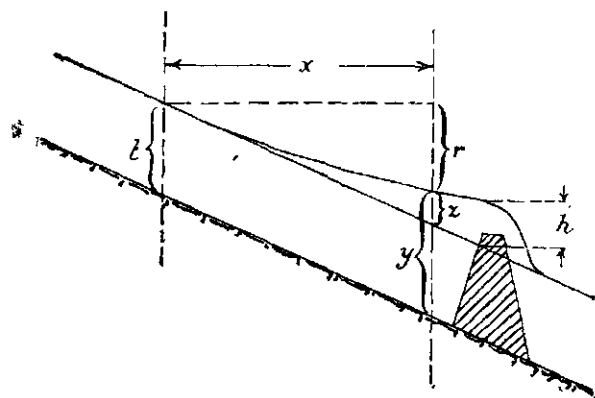
Znajdźmy z tego równania q^2 i wstawmy w równanie poprzednie.

$$q^2 = J k^2 t^3$$

$$J - \frac{dy}{dx} = -\frac{\alpha J k^2}{g} \frac{t^3}{y^3} \frac{dy}{dx} + \frac{J t^3}{y^3}$$

$J \left(1 - \frac{t^3}{y^3} \right) dx = \left(1 - \frac{\alpha J k^2}{g} \frac{t^3}{y^3} \right) dy$, skąd przez podzielenie i nieznaczne przekształcenie otrzymuje się:

¹⁾ Annales des ponts et chaussées 1887; tęsamą wartość przyjmuje Bubendey (Praktische Hydraulik, Gewässerkunde, Handbuch der Ingen.-Wissensch.), wartość zbliżoną ($\alpha = 1,097$) oznaczył na podstawie pomiarów Jasmund.



Rys. 42 a.

$$J dx = \left(1 + \frac{1 - \frac{\alpha J k^2}{g}}{\frac{y^3}{t^3} - 1} \right) dy$$

Całkując¹⁾ otrzymuje się wyrażenie:

$$Jx = y + t \left(1 - \frac{\alpha J k^2}{g} \right) \left[\frac{1}{6} \ln \frac{\left(\frac{y}{t} - 1 \right)^2}{\frac{y^2}{t^2} + \frac{y}{t} + 1} - \frac{1}{\sqrt{3}} \arctg \frac{2 \frac{y}{t} + 1}{\sqrt{3}} \right] + Const$$

czyli

$$Jx = y + t \left(1 - \frac{\alpha J k^2}{g} \right) \psi \left(\frac{y}{t} \right) + Const$$

Biorąc całkę określoną w granicach od $x = l_1$ do $x = l_2$, w którychto punktach odpowiednie głębokości $h_1 = Z + t$, oraz $h_2 = z + t$ (przyczem Z i z oznaczają spiętrzenia zwierciadła wody w obu punktach), otrzymuje się:

$$l = \frac{Z - z}{J} + \frac{t}{J} \left(1 - \frac{\alpha k^2 J}{g} \right) \left(\psi \frac{z+t}{t} - \psi \frac{Z+t}{t} \right)$$

Wartość funkcji $\psi \left(\frac{z+t}{t} \right)$ obliczył Bresse²⁾, którego tabelę w dalszym ciągu podajemy³⁾.

Oprócz wartości funkcji zawiera tabela w celu ułatwienia użycia także wartość odwrotną $\frac{t}{z+t}$, oraz różnice potrzebne przy interpolowaniu.

Jeżeli dane jest Z oraz l , to z można oznaczyć tylko przez próby, wstawiając próbne z w prawą stronę równania tak długo, aż równanie zostanie sprawdzone.

Przykład 4). $J = 0.0002$, $t = 4 m$, $k = 52.7$, $Z = 2 m$, $z = 1 m$, $Z + t = 6 m$, $z + t = 5 m$, (z dla uproszczenia = 1)

$$\frac{k^2 J}{g} = 0.056,$$

$$\text{z tablicy otrzymuje się } \begin{cases} \psi \left(\frac{Z+t}{t} \right) = \psi (1.5) = 0.257 \\ \psi \left(\frac{z+t}{t} \right) = \psi (1.25) = 0.420 \end{cases}$$

$$l = \frac{1}{0.0002} + \frac{1 - 0.056}{0.0002} \{ 0.420 - 0.257 \} = 8080 m$$

Z dyskusji odnośnych równań różniczkowych wynika, że krzywa spiętrzenia posiada różny charakter, zależnie od wartości stosunku $\frac{g}{\alpha k^2}$.

De St. Venant nazywa łożyska w których $J < \frac{g}{\alpha k^2}$ rzekami, zaś

łożyska, w których $J < \frac{g}{\alpha k^2}$ dzikimi potokami. Podobnie Boussinesq na podstawie dyskusji krzywej spiętrzenia przez siebie określonej, rozróżnia trzy rodzaje łożysk:

1) dla których $J < 0.0032$, tj. rzeki (rivières, Flüsse);

2) „ „ $J > 0.0039$, „ dzikie potoki (torrentes rapides, Wildbäche), zaś stanowisko pośrednie zajmują rzeczki (torrentes de pente modérée, Achen).

Przy pierwszych następuje przejście od ruchu jednostajnego do zmiennego zapomocą fal równej długości, ale postępując w dół o corazto mniejszej wysokości, przy drugich kończy się ruch jednostajny zapomocą nagłego skoku.

¹⁾ Patrz Bubendey Hydraulik (Handbuch der Ingen. Wissensch.-Gewässerkunde 1911).

²⁾ Cours de mecanique appliqué. Hydraulique. Paryż 1860.

³⁾ Wyjęta z dzieła Kucharzewski i Kluger, Wykład hydrauliki, Paryż 1873.

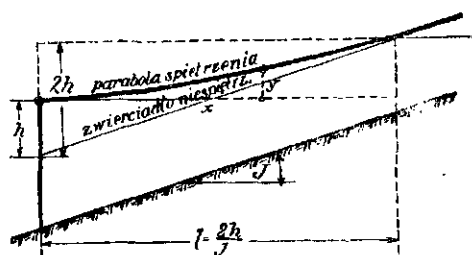
⁴⁾ Flamant Hydraulique.

Tabela Bresse dla spiętrzeń.

$\frac{1}{x}$	$x = \frac{z+t}{t}$	$\psi\left(\frac{z+t}{t}\right)$	Różnice	$\frac{1}{x}$	$x = \frac{z+t}{t}$	$\psi\left(\frac{z+t}{t}\right)$	Różnice	$\frac{1}{x}$	$x = \frac{z+t}{t}$	$\psi\left(\frac{z+t}{t}\right)$	Różnice
1,000	1,0000	∞	$-\infty$	0,912	1,0965	0,6914	-0,0075	0,57	1,7544	0,1761	-0,0069
0,999	1,0010	2,1834	-0,2311	0,910	1,0989	0,6839	-0,0073	0,56	1,7857	0,1692	-0,0067
0,998	1,0020	1,9523	-0,1351	0,908	1,1013	0,6766	-0,0071	0,55	1,8182	0,1625	-0,0065
0,997	1,0030	1,8172	-0,0959	0,906	1,1038	0,6695	-0,0070	0,54	1,8519	0,1560	-0,0063
0,996	1,0040	1,7213	-0,0744	0,904	1,1062	0,6625	-0,0069	0,53	1,8868	0,1497	-0,0062
0,995	1,0050	1,6469	-0,0608	0,902	1,1086	0,6556	-0,0067	0,52	1,9231	0,1435	-0,0059
0,994	1,0060	1,5864	-0,0513	0,900	1,1111	0,6489	-0,0162	0,51	1,9608	0,1376	-0,0058
0,993	1,0070	1,5348	-0,0446	0,895	1,1173	0,6327	-0,0154	0,50	1,0000	0,1318	-0,0056
0,992	1,0081	1,4902	-0,0392	0,890	1,1236	0,6173	-0,0148	0,49	2,0408	0,1262	-0,0055
0,991	1,0091	1,4510	-0,0351	0,885	1,1299	0,6025	-0,0141	0,48	2,0833	0,1207	-0,0053
0,990	1,0101	1,4159	-0,0318	0,880	1,1364	0,5884	-0,0135	0,47	2,1277	0,1154	-0,0052
0,989	1,0111	1,3841	-0,0290	0,875	1,1429	0,5749	-0,0130	0,46	2,1739	0,1102	-0,0050
0,988	1,0121	1,3551	-0,0267	0,870	1,1494	0,5619	-0,0125	0,45	2,2222	0,1052	-0,0049
0,987	1,0132	1,3284	-0,0247	0,865	1,1561	0,5494	-0,0120	0,44	2,2727	0,1003	-0,0048
0,986	1,0142	1,3037	-0,0230	0,860	1,1628	0,5374	-0,0116	0,43	2,3256	0,0955	-0,0046
0,985	1,0152	1,2807	-0,0215	0,855	1,1696	0,5258	-0,0112	0,42	2,3810	0,0909	-0,0044
0,984	1,0163	1,2592	-0,0202	0,850	1,1765	0,5146	-0,0109	0,41	2,4390	0,0865	-0,0044
0,983	1,0173	1,2390	-0,0191	0,845	1,1834	0,5037	-0,0105	0,40	2,5000	0,0821	-0,0042
0,982	1,0184	1,2199	-0,0180	0,840	1,1905	0,4932	-0,0101	0,39	2,5641	0,0779	-0,0041
0,981	1,0194	1,2019	-0,0171	0,835	1,1976	0,4831	-0,0098	0,38	2,6316	0,0738	-0,0039
0,980	1,0204	1,1848	-0,0162	0,830	1,2048	0,4733	-0,0096	0,37	2,7027	0,0699	-0,0039
0,979	1,0215	1,1696	-0,0155	0,825	1,2121	0,4637	-0,0093	0,36	2,7778	0,0660	-0,0037
0,978	1,0225	1,1531	-0,0148	0,820	1,2195	0,4544	-0,0090	0,35	2,8571	0,0623	-0,0036
0,977	1,0235	1,1383	-0,0142	0,815	1,2270	0,4454	-0,0087	0,34	2,9412	0,0587	-0,0034
0,976	1,0246	1,1241	-0,0136	0,810	1,2346	0,4367	-0,0086	0,33	3,0303	0,0553	-0,0034
0,975	1,0256	1,1105	-0,0131	0,805	1,2422	0,4281	-0,0083	0,32	3,1250	0,0519	-0,0033
0,974	1,0267	1,0974	-0,0126	0,800	1,2500	0,4198	-0,0081	0,31	3,2258	0,0486	-0,0031
0,973	1,0277	1,0848	-0,0121	0,795	1,2579	0,4117	-0,0078	0,30	3,3333	0,0455	-0,0030
0,972	1,0288	1,0727	-0,0117	0,790	1,2658	0,4039	-0,0077	0,29	3,4483	0,0425	-0,0030
0,971	1,0299	1,0610	-0,0113	0,785	1,2739	0,3962	-0,0076	0,28	3,5714	0,0395	-0,0028
0,970	1,0309	1,0497	-0,0215	0,780	1,2821	0,3886	-0,0073	0,27	3,7037	0,0367	-0,0027
0,968	1,0331	1,0282	-0,0202	0,775	1,2903	0,3813	-0,0072	0,26	3,8462	0,0340	-0,0026
0,966	1,0352	1,0080	-0,0190	0,770	1,2987	0,3741	-0,0070	0,25	4,0000	0,0314	-0,0024
0,964	1,0373	0,9890	-0,0190	0,765	1,3072	0,3671	-0,0068	0,24	4,1667	0,0290	-0,0024
0,962	1,0395	0,9709	-0,0182	0,760	1,3158	0,3603	-0,0067	0,23	4,3478	0,0266	-0,0023
0,960	1,0417	0,9539	-0,0163	0,755	1,3245	0,3536	-0,0066	0,22	4,5455	0,0243	-0,0022
0,958	1,0438	0,9376	-0,0155	0,750	1,3333	0,3470	-0,0064	0,21	4,7619	0,0221	-0,0020
0,956	1,0460	0,9221	-0,0148	0,745	1,3432	0,3406	-0,0063	0,20	5,0000	0,0201	-0,0020
0,954	1,0482	0,9073	-0,0142	0,740	1,3514	0,3343	-0,0061	0,19	5,2632	0,0181	-0,0019
0,952	1,0504	0,8931	-0,0136	0,735	1,3605	0,3282	-0,0061	0,18	5,5556	0,0162	0,0017
0,950	1,0526	0,8795	-0,0130	0,730	1,3669	0,3221	-0,0059	0,17	5,8824	0,0145	-0,0017
0,948	1,0549	0,8665	-0,0126	0,725	1,3793	0,3162	-0,0058	0,16	6,2500	0,0128	-0,0015
0,946	1,0571	0,8539	-0,0121	0,720	1,3889	0,3104	-0,0057	0,15	6,6667	0,0113	-0,0015
0,944	1,0593	0,8418	-0,0117	0,715	1,3989	0,3047	-0,0056	0,14	7,1429	0,0098	-0,0013
0,942	1,0616	0,8301	-0,0113	0,710	1,4085	0,2991	-0,0054	0,13	7,6923	0,0085	-0,0013
0,940	1,0638	0,8188	-0,0109	0,705	1,4184	0,2937	-0,0054	0,12	8,3333	0,0072	-0,0011
0,938	1,0661	0,8079	-0,0106	0,70	1,4286	0,2883	-0,0105	0,11	9,0909	0,0061	-0,0011
0,936	1,0684	0,7973	-0,0102	0,69	1,4493	0,2778	-0,0101	0,10	10,0000	0,0050	-0,0009
0,934	1,0707	0,7871	-0,0099	0,68	1,4706	0,2677	-0,0097	0,09	11,1111	0,0041	-0,0009
0,932	1,0730	0,7772	-0,0097	0,67	1,4925	0,2580	-0,0094	0,08	12,5000	0,0032	-0,0007
0,930	1,0753	0,7675	-0,0094	0,66	1,5152	0,2486	-0,0091	0,07	14,2857	0,0025	-0,0007
0,928	1,0776	0,7581	-0,0091	0,65	1,5355	0,2395	-0,0089	0,06	16,6667	0,0018	-0,0005
0,926	1,0799	0,7490	-0,0086	0,64	1,5625	0,2306	-0,0085	0,05	20,0000	0,0013	-0,0005
0,924	1,0823	0,7401	-0,0086	0,63	1,5873	0,2221	-0,0083	0,04	25,0000	0,0008	-0,0003
0,922	1,0846	0,7315	-0,0084	0,62	1,6129	0,2138	-0,0080	0,03	33,3333	0,0005	-0,0003
0,920	1,0870	0,7231	-0,0082	0,61	1,6393	0,2058	-0,0078	0,02	50,0000	0,0002	-0,0001
0,918	1,0893	0,7149	-0,0080	0,60	1,6667	0,1980	-0,0075	0,01	100,0000	0,0001	-0,0001
0,916	1,0917	0,7069	-0,0079	0,59	1,6949	0,1905	-0,0073	0,00	∞	0,0000	-0,0001
0,914	1,0941	0,6990	-0,0076	0,58	1,7241	0,1832	-0,0071				

W powyższych obliczeniach zakładaliśmy zawsze pewien stały spadek zwierciadła niespiętrzonego J , jeżeli jednak w przestrzeni, dla której obliczamy rzędne krzywej spiętrzenia, spadek się znacznie zmienia, natenczas przestrzeń tę trzeba podzielić na partje, stosownie do zmian spadku i dla każdej partji przeprowadzić obliczenie odrębnie. Co do oznaczenia głębokości profilu prostokątnego zauważa się, że głębokość ta $t = \frac{F}{B}$ jest zmienną i to zależnie od malenia spiętrzenia w górę rzeki, jak też i od zmiany szerokości profilów, która również w górę rzeki maleje. W równaniu Rühlmanna oznacza e średnią głębokość profilu niespiętrzonego, można jednak przyjąć pewne średnie B dla wody spiętrzonej i obrachować t , lub też postąpić w inny sposób, jak w przykładzie poniżej podanym.

Parabola drugiego stopnia, jako krzywa spiętrzenia. Jest to sposób szybki, ale niedokładny, oznaczenia krzywej spiętrzenia, służący jednak do szybkiego zorientowania się. Stosował go Poirée, oraz Mary w wykładach żeglugi śródlądowej, zawarty jest również i w nowszych podręcznikach francuskich¹⁾. Zasada polega na dowolnem zresztą założeniu, że krzywa spiętrzenia jest parabolą drugiego stopnia, o osi pionowej przechodzącej przez jaz, a wierzchołek jej jest punktem spiętrzonego zwierciadła na jazie. Dalszem przyjęciem również dowolnem jest, że spiętrzenie hydrauliczne kończy się w odległości od jazu dwa razy tak wielkiej jak spiętrzenie hydrostatyczne, a więc w odległości $\frac{2h}{J}$ (rys. 43.).



Rys. 43.

Równanie paraboli:

$$x^2 = p y, \text{ a parametr } p \text{ wyznaczy się z warunku, że dla } x = \frac{2h}{J} \dots y = h, \text{ czyli } \frac{4h^2}{J^2} = p h, \text{ skąd } p = \frac{4h}{J^2}$$

Otrzymujemy zatem równanie $x^2 = \frac{4h}{J^2} y$, z którego dla danych x łatwo obliczyć rzędne y .

Zauważa się, że przyjęta tu dalekość spiętrzenia $\frac{2h}{J}$ jest zwykle za duża, gdyż rzeczywista dalekość spiętrzenia leży między $\frac{h}{J}$ (spiętrzenie hydrostatyczne) i $\frac{2h}{J}$.

Oprócz powyższych metod obrachowanie krzywych spiętrzenia istnieje jeszcze cały szereg innych, jak Fliegnera, Dankwertsa i i.

Przykład obliczenia krzywej spiętrzenia²⁾. Obliczenie spiętrzenia wywołanego jazem iglicowym przy kanalizacji Węławy w Czechach pod Troją.

Całe stanowisko, t. j. przestrzeń rzeki od jazu w Troji, aż do następnego jazu w górę rzeki licząc, 6350 m długie, podzielono na 7 części, stosownie do zmian spadku niespiętrzonego zwierciadła; podział uskutecznił w ten sposób, aby w każdej z tych części można było w przybliżeniu przyjąć spadek jednostajny. Obliczenie spiętrzeń przeprowadzono dla każdej przestrzeni oddzielnie. Przy tych obliczeniach trzeba ustalić stan wody, dla którego liczyć się ma krzywą spiętrzenia, gdyż stan wody jest w łączności z objętością przepływu, a objętość przepływu w związku z krzywą spiętrzenia. W danym wypadku oznaczono, że przy stanie wody -0.08 na wodostkazie, przepływa objętość $Q = 64.5 \text{ m}^3/\text{sek}$.

Przy zastosowaniu metody Rühlmanna wprowadzono pewną modyfikację, a mianowicie zamiast wstawiać w równanie Rühlmanna: $\frac{H}{e} = f\left(\frac{Z}{e}\right) - f\left(\frac{z}{e}\right)$ za e średnią głębokość profilu niespiętrzonego, wprowadzono tu głębokość idealną, odpowiadającą profilowi prostokątnemu, jaką się wyrachuje ze średniej szerokości zwierciadła spiętrzonego, danej ilości wody i wyrównanego spadku przestrzeni. Tę idealną głębokość obliczy się z równania $F = Be$, gdzie B jest średnią szerokością zwierciadła spiętrzonego.

$$F = Be = \frac{Q}{v} = \frac{Q}{k \sqrt{e J}}$$

$$e^{3/2} = \frac{Q}{Bk \sqrt{J}}; \quad e = \left(\frac{Q}{Bk \sqrt{J}}\right)^{2/3}$$

¹⁾ De Mas, Cuénot etc.

²⁾ Wyjęty z pracy Tolmana „Beitrag zur Berechnung der Staukurven“ Ö. Wochenschrift für die öff. Baudienst 1935.

Przestrzeń Ia: $l = 690\text{ m}$, $Q = 64.5\text{ m}^3/\text{sek}$, $B = 150\text{ m}$, $J = 0.000957$

k (przyjęto) = 26

$e^{3/2} = 0.534$; $e = 0.66\text{ m}$

Rzędna zwierciadła normalnego (niespiętrzonego) na jazie 177,80

„ „ spiętrzonego 180,50

spiętrzenie na jazie $Z = 2.70\text{ m}$

$$\frac{Z}{e} = \frac{2.70}{0.66} = 4.091$$

$$f\left(\frac{Z}{e}\right) = f(4.091) = 5.4874$$

$$\frac{il}{e} = f\left(\frac{Z}{e}\right) - f\left(\frac{z}{e}\right) ; \frac{0.000957 \cdot 690}{0.66} = 5.4874 - f\left(\frac{z}{e}\right)$$

$$f\left(\frac{z}{e}\right) = 5.4874 = f(3.102)$$

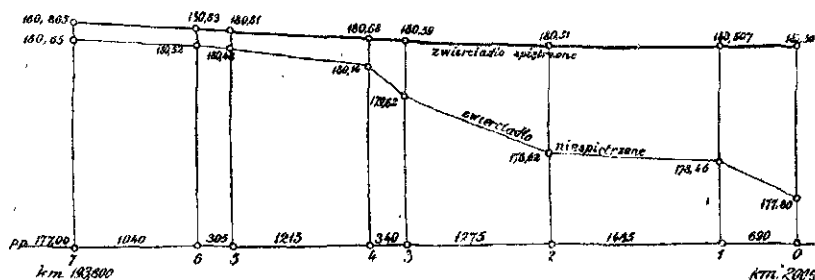
$$\frac{z}{e} = 3.102 ; z = 3.102 \cdot 0.66 = 2.047\text{ m}$$

Rzędna zwierciadła niespiętrzonego w tym punkcie jest . . . 178.460 „

Zatem rzędna zwierciadła spiętrzonego 180.507 m,

a spiętrzenie hydrauliczne wynosi $180.507 - 180.500 = 0.007\text{ m}$.

W ten sposób oznaczono spiętrzenie dla wszystkich siedmiu partji stanowiska (rys. 44.).



Rys. 44

Spiętrzenie hydrauliczne (tj. ponad poziom 180.50) wynosiło:

w punkcie 7 6 5 4 3 2 1 0
(36.5) (33.0) 31.0 18.0 9.0 1.0 0.7 0 cm

względnie 21.5 i 31.0 ponad rzędna zwierciadła niespiętrzonego.

Zaniwelowane spiętrzone zwierciadło wody posiadała następujące rzędne:

w punkcie 7 6 5 4 3 2 1 0
180.87 180.33 180.80 180.69 180.56 180.51 180.50 180.50

Wyniki obliczenia zgadzają się zatem stosunkowo bardzo dobrze z rzeczywistością.

Jak dalece wyniki obliczeń przeprowadzonych nienależycie odstępają od rzeczywistości, przekonuje następujący przykład. Obliczmy rzędne zwierciadła spiętrzonego, przyjmując jako krzywą spiętrzenia parabolę drugiego stopnia, oraz nie dzieląc stanowiska na partje.

$$l = \frac{2h}{J} , J = \frac{180.65 - 177.80}{6350} = 0.000449 , h = 2.7$$

$$l = \frac{5.4}{0.000449} = 12027\text{ m}$$

$$\text{Równanie paraboli } y = \frac{J^2 x^2}{4h} = \frac{h x^2}{l^2} = \frac{2.7 x^2}{12027^2}$$

Z równania tego obliczone rzędne spiętrzenia hydraulicznego y , oraz rzędne zwierciadła spiętrzonego wynoszą:

punkt 0	—	180.50
„ 1	0.009 m	180.51
„ 2	0.084 „	180.59
„ 3	0.224 „	180.72
„ 4	0.270 „	180.77
„ 5	0.467 „	180.97
„ 6	0.682 „	181.18
„ 7	0.754 „	181.25

rzeczywistych rzędnych spiętrzonego zwierciadła.

Obliczenie spiętrzenia wywołanego przez most.

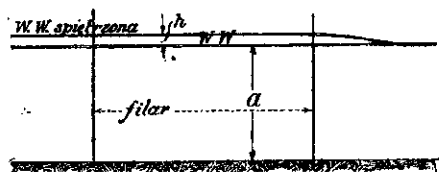
Most posiadający światło tak wielkie, że przekroju wielkiej wody nie zwęza, nie wywołuje żadnego spiętrzenia, zwykle jednak ze względów ekonomicznych robi się mosty krótsze, szerokość zwierciadła wielkiej wody zmniejszamy, przyczółki i filary wkraczają w przekrój wielkiej wody, skutkiem czego stan wielkiej wody w obrębie mostu i powyżej się podnosi, czyli następuje tu spiętrzenie.

Spiętrzenie to w zasadzie powinno być niewielkie, normalnie wynosi ono kilka, lub kilkanaście centymetrów, czy można iść wyżej zależy to od materiału dna rzeki w obrębie mostu; zbyt znaczne zwężenie profilu może powiększyć chyżość przepływu w tym stopniu, że fundamenty przyczółków i filarów mogą zostać podmyte¹⁾.

Obliczenie światła mostu musi być poprzedzone oznaczeniem absolutnie najwyższego stanu wielkiej wody, oraz największej objętości przepływu; o ile mamy pomiar objętości bezpośredni, obliczenie światła mostu będzie pewniejsze, jeżeli zaś wielką wodę musimy liczyć ze zdjętego profilu rzeki i spadku, stosując odpowiednie formuły, lub na podstawie dorzecza i opadów, natenczas obliczenie będzie mniej pewne.

Sposoby obliczenia światła mostu używane w praktyce, polegają na podstawach niewystarczających, brak bowiem dokładnych spostrzeżeń co do rodzaju przepływu w przekrojach mostowych, przy zwężeniu profilu wody, brak również spostrzeżeń co do kształtu linii zwierciadła wody w profilu podłużnym. Wogóle niwelacja zwierciadła przy wielkiej wodzie napotyka na trudności, a spiętrzenia i zniżenia zwierciadła wody przy filarach i przyczółkach, powstałe skutkiem zwężenia przekroju, znacznych chyżości wody, oraz falowania utrudniają dokładne zbadanie zjawiska. W braku dokładnych spostrzeżeń i dat doświadczalnych ściśle obliczenie spiętrzenia w otworach mostowych nie jest możliwe i nie mając lepszej metody posługujemy się wzorami wynikłymi z równania sił żywych, oraz wzorami na przelew zupełny. Zjawisko wyobrażamy sobie w ten sposób, że skutkiem zwężenia powstać musi w otworze mostowym spiętrzenie h , zużywające się na wywołanie zwiększonej chyżości w otworze mostowym (rys. 45.). Przyjęcie to nie jest ściśle; stosując równanie sił żywych rachujemy chyżościami średnimi, zamiast

rzeczywistymi, a we wzorach na przelew zakładamy, że stopień h jest skoncentrowany. W otworze mostowym nie będzie jednak stopnia, lecz powstanie na dłuższej przestrzeni zwiększenie spadku zwierciadła, a ten zwiększony spadek przedłuża się



Rys. 45.



Rys. 46.

w górę i istnieć musi nawet jeszcze w pewnej odległości od mostu (rys. 46.).

Obliczenie światła rozpoczyna się od wstępnego zaprojektowania otworów mostowych w zdjętym profilu poprzecznym. Jeżeli profil mostowy jest zwarty, to możemy go tylko nieznacznie zwęzić — zwężenie będzie mogło być wydatniejsze, jeżeli obok głównej, głębokiej części profilu, mamy rozległe obszary zalewowe. Zazwyczaj światło otworów głównych będzie podyktowane pewnymi wymogami z góry zakresłonymi, a mianowicie względami na ekonomiczną wykonanie mostu, swobodną żeglugę etc. Na mniejszych rzekach górskich należy całe łóżyisko normalnej wody przekroczyć jednym otworem, a nie stawiać filaru w środku; w ten sposób wykonane mosty na górskich dopływach Renu w W. Ks. Badeńskim zostały podczas jednej wielkiej wody zburzone, skutkiem podmycia filaru.

Według zasady Bernoulliego, spiętrzenie potrzebne do zwiększenia chyżości v_0 powyżej mostu na wartość v_1 w obrębie mostu będzie:
$$h = \frac{v_1^2 - v_0^2}{2g}.$$

Chyżość powyżej mostu $v_0 = \frac{Q}{F + Bh}$, gdzie Q oznacza objętość przepływu wielkiej wody powyżej mostu, B szerokość profilu wielkiej wody powyżej mostu.

¹⁾ Patrz „Allgemeine Bauzeitung 1904.“, opis odbudowy podmytych fundamentów mostu Karola w Pradze.

Chyżość w obrębie mostu $v_1 = \frac{Q}{\mu b (a + h)}$, gdzie b oznacza sumę światła otworów mostowych, h średnią głębokość wody pod mostem, μ współczynnik kontrakcji wywołanej skróceniem strug przy filarach, który przyjmujemy zależnie od kształtu filarów. Dla filarów prostokątnych $\mu = 0.80$, dla ostro zakończonych od strony dopływu, lub też eliptycznie $\mu = 0.95$, która to wartość może wzrosnąć nawet do 0.97. Dla mostów sklepionych, których łuki wchodzą we wielką wodę $\mu = 0.70$.

Właściwie ponieważ μ jest współczynnikiem kontrakcji, wynikłym ze zboczenia strug przy filarach, powinno by jego wartość zależała od wielkości światła otworów.

Wstawiając wartości na v_0 i v_1 w równanie Bernouillego otrzymuje się:

$$1) \quad h = \frac{Q^2}{2g} \left\{ \frac{1}{[\mu b (a + h)]^2} - \frac{1}{(F + Bh)^2} \right\}$$

Jeżeli wyrachowane spiętrzenie h nie przekracza wartości dozwolonej, można rachunek sprawdzić licząc wzorem na przelew zupełny, w którym przyjęto $\mu = \mu_1$.

$$Q = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2g} \left\{ (h + k)^{3/2} - k^{3/2} \right\} + \mu b a \sqrt{2g} \sqrt{h + k} \quad \text{czyli}$$

$$2) \quad Q = \mu b \sqrt{2g} \left\{ \frac{2}{3} \left[(h + k)^{3/2} - k^{3/2} \right] + a (h + k)^{1/2} \right\} \quad \text{przyczem}$$

$$k = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{Q^2}{2g (F + Bh)^2}$$

Ponieważ pierwszy wyraz w nawiasie przedstawia wartość bardzo małą (h jest zazwyczaj nieznaczące), można go pominąć, co wyjdzie na korzyść pewności:

$$Q = \mu b \sqrt{2g} \cdot a \cdot \sqrt{h + k} \quad \text{skąd}$$

$$h = \frac{Q^2}{2g \mu^2 b^2 a^2} - k, \quad \text{wstawiając zaś}$$

$$k = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{Q^2}{2g B^2 (a + h)^2} \quad \text{otrzymuje się}$$

$$h = \frac{Q^2}{2g \mu^2 b^2 a^2} - \frac{Q^2}{2g B^2 (a + h)^2} \quad \text{zatem}$$

$$3) \quad h = \frac{Q^2}{2g} \left[\frac{1}{(\mu b a)^2} - \frac{1}{\{B(a + h)\}^2} \right]$$

Przykład. W profilu km. 149+000 (rys. 47.) ma być wykonany most o dużych otworach, spiętrzenie nie może przekraczać 0,20 m. Objętość przepływu oznaczyć z profilu i spadku, który wynosi $J=0,0010$. Objętość wielkiej wody obliczymy osobno w części I. profilu, a osobno w części II. oddzielonych linią $a-b$.

Część I.

Powierzchnia $P = 65 \text{ m}^2$, szerokość zw $S = 55 \text{ m}$, średnia głębokość $\frac{P}{S} = t_{s1} = 1.18 \text{ m}$, średnia chyżość $v_1 = 1.26 \text{ m}^1$, objętość $Q_1 = 81.9 \text{ m}^3/\text{sek}$.

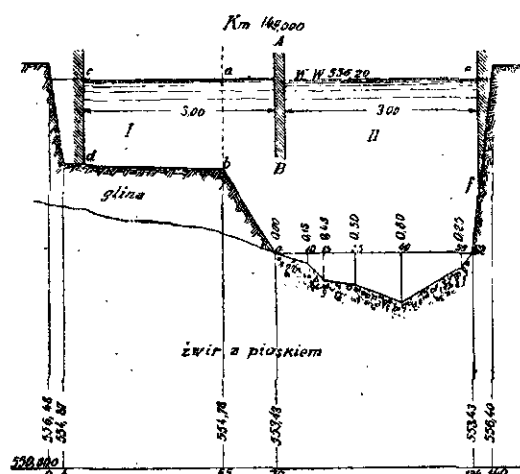
Część II.

$P = 233.7 \text{ m}^2$, $S = 85 \text{ m}$, $\frac{P}{S} = t_{s2} = 2.75 \text{ m}$, $v_2 = 2.46 \text{ m}^1$

$$Q_2 = 574.9 \text{ m}^3/\text{sek}.$$

$$Q = Q_1 + Q_2 = 656.8 \text{ m}^3/\text{sek}.$$

1) Postawmy najpierw pytanie, jak wielkie byłoby spiętrzenie h , gdybyśmy wykonali tylko jedno przesło o świetle 80 m i postawili przyczółek lewy w linii $a-b$, prawy w linii $e-f$. Licząc według ostatniej formuły (3):



Podziałka: wys. 1:100; dług. 1:2000.

Rys. 47.

¹⁾ Liczone według formuły autora, tabelą wykreślną $\{v_s = f(t) \cdot F(J)\}$.

$$h = \frac{Q^2}{2g} \left\{ \frac{1}{(\mu b a)^2} - \frac{1}{\{B(a+h)\}^2} \right\} \text{ wstawiamy następujące wartości:}$$

$$Q = 656.8 \text{ m}^3/\text{sek}, B = 140 \text{ m}, a = 2.46 \text{ m}, g = 9.81 \text{ m}, b = 80 \text{ m}, \mu = 0.95, h \text{ na pierwszą próbę } 0.40 \text{ m}$$

$$h = 0.472 \text{ m}$$

Wyrachowane spiętrzenie różni się niezbyt znacznie od przyjętego i jak widać wypada zbyt duże. Średnia chyżość wynosiłaby przy takim zwężeniu profilu w obrębie mostu:

$$v_2 = \frac{Q}{b(a+h)} = \frac{656.8}{80(2.46 + 0.47)} = 2.80 \text{ m},$$

byłaby zatem w obec chyżości $v_2 = 2.46 \text{ m}$ o 0.36 m, tj. o 15% większa.

2) Dajemy 2 przęsła po 60 m oddzielone filarem A—B 3 m grubym, przyczółki w linjach c—d, oraz e—f. W tym wypadku mamy:

$$Q = 656.8 \text{ m}^3/\text{sek}, B = 140 \text{ m}, a = \frac{238}{120} = 1.98 \text{ m}, g = 9.81 \text{ m}, b = 120 \text{ m}, \mu = 0.95, h \text{ na pierwszą próbę } 0.20 \text{ m}.$$

h obliczone z poprzedniego wzoru wynosi:

$$h = \frac{656.8^2}{2.9.81} \left\{ \frac{1}{(0.95 \cdot 120 \cdot 1.98)^2} - \frac{1}{\{140(1.98 + 0.20)\}^2} \right\} = 0.183 \text{ m}$$

Licząc dokładniej według formuły 1) i wstawiając za h obliczoną wartość 0,183 m otrzymuje się:

$$h = \frac{656.8^2}{2.9.81} \left\{ \frac{1}{\{\mu b(a+h)\}^2} - \frac{1}{\{F+Bh\}^2} \right\} = 0.163 \text{ m}.$$

Sprawdźmy teraz objętość przepływającą przez otwory mostowe zapomocą wzoru na przelew zupełny, przyjmując obliczone h .

$$Q = \mu b \sqrt{2g} \left\{ \frac{2}{3} (h+k)^{3/2} - k^{3/2} \right\} + a (h+k)^{1/2}$$

$$k = \frac{v_0^2}{2g}; v_0 = \frac{Q}{F+Bh} = \frac{656.8}{298.7 + 140 \times 0.163} = 2.043 \text{ m},$$

$$k = 0.213 \text{ m}$$

Q należy rachować z uwagi na rozmaitą głębokość dla partii oddzielonych linią a—b oddzielnie

$$Q_1 = 0.95 \cdot 44 \cdot \sqrt{2.9.81} \left[\frac{2}{3} \left\{ (0.163 + 0.213)^{3/2} - 0.213^{3/2} \right\} + 1.5 (0.163 + 0.213)^{1/2} \right]$$

$$Q_2 = 0.95 (16 + 60) \sqrt{2.9.81} \left[\frac{2}{3} \left\{ (0.163 + 0.213)^{3/2} - 0.213^{3/2} \right\} + 2.75 (0.163 + 0.213)^{1/2} \right]$$

$$Q_1 = 187.8 \text{ m}^3$$

$$Q_2 = 539.2 \text{ „}$$

$$Q = 727.0 \text{ m}^3/\text{sek}.$$

Otrzymaliśmy tu wartość wyższą jak przyjęta objętość przepływu; wobec tego, że dozwolone spiętrzenie wynosi 0.20 m można by jeszcze światło mostu trochę zmniejszyć¹⁾.

Jazy ruchome o progach nisko założonych i dużych otworach wywołują w czasie wielkiej wody tylko nieznaczne spiętrzenie, które obliczać należy według powyższych zasad, gdyż jaz taki w czasie wielkiej wody po usunięciu części ruchomej nie wznosi się ponad dno, a pewne spiętrzenie powstaje tylko skutkiem wstawienia w profil przyczółków i filarów. Użyjemy zatem tych samych wzorów jak dla mostu i współczynnika μ_1 zależnie od długości otworu aż do 0.90 — 0.97.

Często jednak przy kanalizacjach rzek wykonujemy jazy w ten sposób, aby przy wielkiej wodzie nie wytwarzały żadnego spiętrzenia, gdyż może ono być z uwagi na stosunki miejscowe niedopuszczalne. Wobec tego stawiamy pytanie, jak wielka musi być suma powierzchni otworów jazowych F_1 , aby przy W. W. nie było żadnego spiętrzenia?

Jeżeli przed wykonaniem jazu była powierzchnia profilu W. W. w miejscu wykonania jazu F , to wolna powierzchnia otworów jazowych:

$F_1 = f_1 + f_2 + f_3 + \dots$ w razie jeżeli nie ma być żadnego spiętrzenia musi być większa od F_1 , gdyż filary i przyczółki sięgające we wodę wywołują kontrakcję i zboczenie strug, zatem warunki niekorzystne dla przepływu.

¹⁾ Co do światła mostu porównaj także Hofmann „Stau bei Flußbrücken“ Weiße Kohle 1911.

$F_1 = \frac{F}{\mu_1}$, przy czym $\mu_1 < 1$; praktycznie możemy je przyjąć 0,9 — 0,97 podobnie jak przy mostach.

Stosując wzór na przelew zupełny i kładąc w nim $h = 0$ dochodzimy do tego samego wyniku.

$$Q = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2g} \left\{ (h + k)^{3/2} - k^{3/2} \right\} + \mu_1 b a \sqrt{2g} (h + k)^{1/2}$$

$$h = 0$$

$$Q = \mu_1 \frac{b a}{F_1} \sqrt{2g} k^{1/2} ; k = \frac{v_0^2}{2g}$$

$$Q = \mu_1 F_1 \sqrt{2g} \sqrt{\frac{v_0^2}{2g}}$$

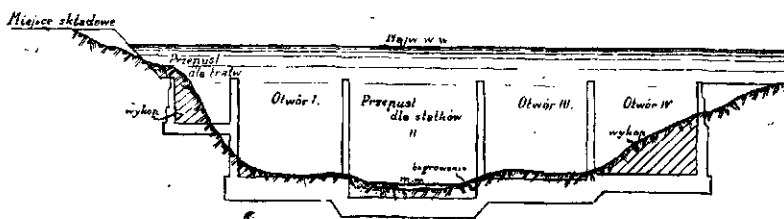
$$\text{ponieważ } Q = F \cdot v_0$$

$$F \cdot v_0 = \mu_1 F_1 v_0$$

$$F_1 = \frac{F}{\mu_1}$$

Takie zadania co do światła jazu wymagają jednak zazwyczaj wykonania robót ziemnych w profilu jazowym, jak skopania brzegów i bagrowania dna, celem uzyskania odpowiedniej powierzchni przepływu.

Przykład. Rysunek przedstawia jaz kanalizacji rzeki, złożony z czterech otworów jazowych, z których jeden o największej długości i o progu najniższym założonym przedstawia tzn. przepust dla statków i łodu, oraz z przepustu dla tratw po lewej stronie, o progu wysoko założonym; przyczółki i filary nie wznoszą się ponad największą wielką wodę.



Rys. 47 a.

Nazywając część profilu wielkiej wody objętą przepustem dla tratw $f a$

„ „ „ „ „ „ otworami jazowymi I, III, IV $f b$

„ „ „ „ „ „ przepustem dla statków II $f c$, licząc je jednak aż do

stanu wielkiej wody i to w ten sposób jakby filarów i przyczółków nie było, jednak również bez uwzględnienia rozszerzenia powierzchni profilu powstałego przez wybagrowanie, względnie rozkopanie brzegów, to otrzymamy potrzebną wielkość powierzchni wolnego profilu po wykonaniu jazu:

$$F_1 = \frac{f a}{\mu_1} + \frac{f b}{\mu_1'} + \frac{f c}{\mu_1''}, \text{ przy czym } \mu_1 \text{ można przyjąć z uwagi na wysoko położony próg i mniejsze światło}$$

$$0,7, \mu_2 = 0,9 - 0,95, \mu_3 = 0,95 - 0,97.$$

Rehbock wykonał szereg doświadczeń w laboratorium wodnym w Karlsruhe, celem bliższego zbadania zjawisk, jakie występują przy zwężeniu profilu odpływu filarami mostu¹⁾. Doświadczenia te odnosiły się do przypadku, gdzie między filarami powstawała znaczna chyżość przepływu. Wyniki tych doświadczeń, których Rehbock nie uważa jeszcze jako ukończone, naprowadziły go na szereg wniosków, które tu pokrótce streścimy.

Filary i przyczółki wkraczające w profil przepływu, tamując przepływ wody wywołują powstawanie walców, w których woda nie odpływa, lecz kręci się w koło, zużywając energię ruchu na energię ciepła; te walce są niejako martwymi przestrzeniami.

Spiętrzenie wody w otworach mostowych jest w rzeczywistości znacznie mniejsze (nieraz kilkakrotnie mniejsze) od spiętrzenia, jakie się otrzymuje z powszechnie stosowanych formuł. Poniżej otworu mostowego następuje zniżenie zwierciadła wody, w porównaniu z pierwotnym zwierciadłem jakie było przed zwężeniem profilu, dlatego rozróżnić należy spiętrzenie rzeczywiste z (różnica poziomu spiętrzonego i poziomu pierwotnego, niespiętrzonego), oraz spiętrzenie pozorne s (różnica poziomu spiętrzonego poniżej mostu).

¹⁾ „Betrachtungen über Abfluß, Stau und Walzenbildung bei fließenden Gewässern“, III. Teil. „Im Karlsruher Flußbaulaboratorium ausgeführte Versuche über den Brückenstau“. Berlin 1917.

$s = z + o + J \cdot l$, gdzie o oznacza wielkość obniżenia, J spadek względny zwierciadła niespiętrzonego, l długość filarów

Wpływ filarów i przyczółków uwzględnia zupełnie odrębnie jak w dotychczasowych formułach, a mianowicie działanie ich utrudniające przepływ (kontrakcja, skręcenie strug) uwzględnia przez pomnożenie ich przekroju zanurzonego we wodzie przez współczynnik δ , większy od jedności, zależny od kształtu filarów. W ten sposób mamy tu powiększenie rzeczywistego przekroju filarów, a nie jak w dawnych formułach pomniejszenie całego przekroju rzeki zapomocą współczynnika μ , mniejszego od jedności.

Wielkość spiętrzenia rzeczywistego określa formułą

$$z = a \cdot \Delta h, \text{ w której } \Delta h = \frac{v_n^2}{2g} = \frac{Q^2}{F^2 \cdot 2g}$$

(Q objętość wielkiej wody, F przekrój poprzeczny W . W . spiętrzonej),

$a = b_s \cdot \frac{\delta \cdot f}{T}$, gdzie b_s oznacza wartość stałą otrzymaną z doświadczeń, średnio 5,6, f przekrój poprzeczny filarów i przyczółków zanurzony we wodzie.

Wstawiając wartości otrzymuje się $z = \frac{Q^2}{3,5} \cdot \frac{\delta f}{F^3}$, a przyjmując za δ wartość odpowiadającą smukłym filarom i przyczółkom, około 1,07 otrzymuje się:

$$z = 6 \cdot \Delta h \cdot \frac{f}{F} = 0,31 \frac{Q^2 f}{F^3}$$

W razie jeżeli między filarami woda przepływa ze stosunkowo małą chyżością, spiętrzenie może być jeszcze znacznie mniejsze od wartości jakie określa ta formuła.

Wreszcie zauważa Rehbock, że przez rozszerzenie profilu nie można usunąć zupełnie spiętrzenia, raczej samo rozszerzenie profilu jest powodem powstawania pewnego spiętrzenia. Zdanie to teoretycznie, a także i do pewnego stopnia praktycznie jest słuszne, jednak zauważyć trzeba, że wydatniejsze rozszerzenie profilu pozwala założyć wielkie przesła i zmniejszyć chyżość w obrębie mostu, a przez to zredukować spiętrzenie.

Oprócz jednak doświadczeń w laboratorjach, przedsięwziętych na małą skalę, należałoby badać rzecz także w przypadkach praktycznych. Oceniając zjawisko zwężenia profilu przy moście ze stanowiska praktycznego, mamy tu zwiększenie średniej chyżości pod mostem, względnie średnich chyżości poszczególnych jednolitych partji profilu, w stosunku odwrotnym do zmniejszenia profilu, czyli $\frac{v_s}{v_s'} = \frac{F'}{F}$. Podniesienie stanu wody i powstałe przez to nieznaczne powiększenie głębokości profilu nie wpływa na redukcję chyżości, zwłaszcza, że spiętrzenie to już poniżej mostu znika. Skutkiem nagłego rozszerzenia profilu poniżej mostu woda wpływająca ze znaczniejszą chyżością ze zwężonego otworu mostowego wywołuje tu skutkiem nadmiaru energii obniżenie pierwotnego zwierciadła i spadek ujemny¹⁾.

¹⁾ Wszystkie formuły odnoszące się do spiętrzenia wody przy moście zestawił i omówił wyczerpująco prof. Dr. Tolman w pracy „Über die Berechnung des Brückenstaues“ Praga 1917.

Już po opracowaniu niniejszej książki okazało się nowe polskie opracowanie hydrauliki: „Feliks Kucharzewski, Hydraulika, Warszawa 1918. Kurs szkoły politechnicznej dla inżynierów i mechaników“.

CZĘŚĆ II.

Przyczółki i filary jazów, fundament i podłoże.

(Tablica I. atlasu).

Na tem miejscu podane będą tylko ogólne uwagi odnoszące się do wszystkich jazów, dalsze szczegóły wyjaśni szereg przykładów, podanych w ustępach traktujących o wykonaniu jazu jako całości.

1. Przyczółki (Widerlager, Bohlwerke, Kaimauer, Quais) i filary jazów (Pfeiler, pilier). Wykonuje się je tak przy jazach stałych jak i ruchomych z muru, betonu, lub betonu uzbrojonego, przy jazach drewnianych wykonują je tu i ówdzie jeszcze z drzewa, jednak takie wykonanie nie jest odpowiednie; drzewo ponad wodą ulega łatwo butwieniu i gniciu, budowla taka jest nietrwała i wymaga po kilku latach wymiany. Jeżeli zatem jazy drewniane w okolicach gdzie drzewo jest tanie, a inne materiały drogie, mogą mieć jeszcze rację bytu, to w każdym razie należy je wykonywać o przyczółkach i filarach murowanych.

Przyczółki jazowe, także bulwarami zwane, służą do ograniczenia jazu na obu jego końcach, wytworzenia tak powyżej jak i poniżej jazu profilu o stromych ścianach, oraz stanowią podparcie skarp i ubezpieczenie brzegów. Jeżeli jaz jest połączony z mostem, to są one zarazem przyczółkami mostu. Przyczółki sięgają powyżej jazu do punktu, gdzie się kończą urządzenia pomocnicze, jak wlot kanału roboczego, kraty etc., poniżej jazu zaś aż tam, gdzie się kończy oddziaływanie jego na przepływ, przede wszystkim zwiększona chyżość. W obrębie samego jazu mają przyczółki od strony rzeki ścianę pionową, powyżej i poniżej mogą mieć ściany pochylone, a wreszcie przejść w brukowane skarpy. Poniżej podłoża jazu powinno się stopę przyczółka ubezpieczyć przeciw podmyciu narzutem kamiennym.

Filary służą w razie znacznych długości jazu do podziału ich na części, oddzielenia partji jazu o różnych systemach konstrukcji od siebie, wreszcie, jeżeli z jazem połączony jest most, do podparcia mostu.

Przyczółki z muru i betonu. Dłuższe mury bulwarowe powinny mieć pionowe przerwy przechodzące w całej wysokości od korony aż do spodu fundamentu, to znaczy, że bulwar powinien się składać z poszczególnych bloków od kilkunastu do kilkudziesięciu metrów długich, oddzielonych od siebie pionowymi szparami 1—2 cm szerokości. Szpary te, które można zatkać np. papą asfaltową, mają cele różnorakie. Po pierwsze umożliwiają one dilatację muru, którego objętość zmienia się skutkiem zmian temperatury, powtórnie umożliwiają niezależne osiadanie się poszczególnych części murów bulwarowych, w razie jeżeli w ciągu bulwaru znajduje się grunt o niejednostajnej wytrzymałości, a wreszcie mogą służyć, jeżeli je pozostawimy otwarte, do odwodnienia nasypu poza przyczółkiem. Wykonanie tych przerw jest rzeczą bardzo ważną, często widzimy długie mury oporowe wykonane jednolicie bez przerw, w całej wysokości popękane.

Wypełnienie poza bulwarem powinno się składać z materiału gruboziarnistego, przepuszczalnego, chodzi bowiem o to, aby woda opadowa gromadząca się w materjał poza bulwarem, mogła być zapomocą rur drenowych z łatwością odprowadzona, a materjał ten osuszony. O ile jednak chodzi o przyczółki jazowe, ten sposób wykonania połączony byłby z niebezpieczeństwem przeciekania spiętrzzonej wody poza przyczółkami ku wodzie dolnej, a następnie wymycia materjału i obejścia przyczółka

przez wodę, dlatego nadaje się tu raczej użycie wypełnienia nieprzepuszczalnego, ale dającego się odwodnić, np. danie trzona z gliny lub iltu na całej długości przyczółka, powyżej zaś i poniżej materiału przepuszczalnego, gruboziarnistego. Celem utrudnienia przeciekania wody poza przyczółkiem wpuszcza się ściany szczelne, czyli palisady, głęboko w łód.

Bulwary otrzymują zazwyczaj palisadę czyli ścianę szczelną od strony wody, przebiega ona wzdłuż bulwaru i skrzydeł i wchodzi w brzeg.

Co do położenia korony, to zazwyczaj tak przyczółki jak i filary wystają ponad stan najwyższej wielkiej wody około 0,4–0,8 m; zasadą jest tu, aby dostęp do przyczółków jazowych, mostów i kładek manipulacyjnych przy każdym stanie wody był możliwy. Jeżeli istnieje znaczniejsza różnica między poziomem spiętrzonej w. w. (powyżej jazu), a poziomem niespiętrzonej w. w. (poniżej jazu), to można dolną partję przyczółków i filarów wykonać w niższym poziomie, a obie partje połączyć schodkami.

Tylko przy kanalizacjach rzek, gdzie stopnie spiętrzające stanowią jazy ruchome, których kładka manipulacyjna oparta jest na kozłach, przyczółki i filary mają zazwyczaj koronę położoną ponad wodą spiętrzoną, ale poniżej stanu wielkiej wody.

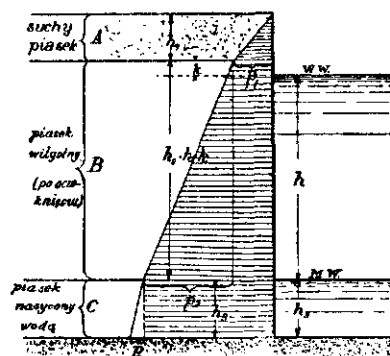
Obliczenie bulwaru. Bulwar liczy się jak każdy mur oporowy na parcie ziemi, przyjmując najniższy stan wody w rzece; obliczenie przeprowadza się zazwyczaj graficznie, kreśląc linję ciśnienia na podstawie wieloboku sił, obejmującego ciężary muru, oraz parcie ziemi. Przy bulwarach z kamienia łamanego linja ciśnienia nie powinna wyjść z jądra przekroju, przy bulwarach betonowych można natomiast dopuścić ciągnięcie 2–3 kg. Przy obliczeniu trzeba uwzględnić wpływ nasycenia materiału wodą, jednak nie należy przyjmować zbyt znacznego zmniejszenia się kąta tarcia we wzorze na parcie ziemi:

$$P = \frac{1}{2} \gamma h^2 \operatorname{tg}^2 \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right)$$

Doświadczenia Engelsa (Drezno) okazały, że kąt tarcia piasku znajdującego się pod wodą tylko nieznacznie się zmniejsza (przy doświadczeniach piasek o grubości ziarn $0{,}15 \text{ mm} - 1{,}2 \text{ mm}$ miał kąt tarcia w stanie suchym $31^\circ 9'$, pod wodą 29° , zatem różnica wynosiła tylko $2^\circ 9'$). Oprócz tego trzeba powiększyć ciężar właściwy ziemi o ciężar wody wypełniającej, a wreszcie ponieważ kąt nachylenia parcia ziemi zależy od stopnia szorstkości między ziemią a murem, a szorstkość ta może skutkiem działania wody znacznie zmaleć, przeto należy przyjmować parcie ziemi o kierunku prostopadłym do muru.

Bardzo ciekawe i pouczające są wyniki, jakie otrzymał Engels¹⁾.

Otóż na podstawie specjalnych doświadczeń, przy których obserwował on stan nasycenia wodą materiału poza murem, po podniesieniu się stanu wody z obu stron muru, a następnie po nagłym opadnięciu wody zewnętrznej, podaje on następujące wskazówki. Należy przyjąć, że na rzece podniosła się woda do poziomu najwyższego, skutkiem czego podniosła się ona i poza murem nawet do wysokości o k , tj. o wysokość ssania włoskowatego wyższej (rys. 48.). Następnie przyjmuje się, że stan wody zewnętrznej opadł do poziomu malej wody, skutkiem czego woda opadła i w materiale poza murem, do tego samego poziomu, jednak na całej wysokości $h_2 = h + k$ pozostał materiał wilgotny, o wyższym ciężarze właściwym jak materiał suchy w warstwie h_1 . W warstwie h_3 był naturalnie materiał wypełniony wodą.



Rys. 48.

Wobec tego oznaczając:

- | | |
|--|---------------|
| φ_1 kąt nachylenia skarpy naturalnej piasku suchego, | } (warstwa A) |
| γ_1 ciężar właściwy takiegoż piasku, | |
| φ_2 kąt nachylenia skarpy naturalnej piasku wilgotnego (po ocieknięciu); | } (warstwa B) |
| γ_2 ciężar właściwy tego piasku, | |
| φ_3 kąt nachylenia skarpy naturalnej piasku mokrego (nasyconego wodą), | } (warstwa C) |
| γ_3 ciężar właściwy tego piasku, | |
| γ " " wody | |

¹⁾ Zeitschrift für Bauwesen 1911, referat autora, Przegląd techniczny 1911.

$$\text{otrzymujemy: } \begin{cases} p_1 = \gamma_1 h_1^2 \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi_1}{2} \right) \\ p_2 = \gamma_2 h_2^2 \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi_2}{2} \right) \\ p_3 = (\gamma_3 - \gamma) \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi_3}{2} \right) \end{cases}$$

z których to wymiarów możemy skonstruować figurę parcia. Przy doświadczeniach z piaskiem o grubości ziarn $0.22 - 1.5 \text{ mm}$ wynosiły:

$$\left. \begin{array}{ll} \varphi_1 = 32^\circ 15' & \gamma_1 = 1728 \text{ kg} \\ \varphi_2 = 43^\circ & \gamma_2 = 1882 \text{ „} \\ \varphi_3 = 27^\circ & \gamma_3 = 2030 \text{ „} \end{array} \right\} k = 0.27 \text{ m}$$

Engels radzi również, aby przy murach bulwarowych przyjmować parcie w kierunku prostopadłym do ściany muru.

Wykonanie bulwarów murowanych. Bulwary funduje się najczęściej zapomocą grodz przy pompowaniu wody (wytrzymały grunt stosunkowo płytko położony), zapomocą grodz i wypompowania wody, po poprzednim podwodnym wykonaniu ławy betonowej, zapomocą rusztu palowego, na którym spoczywa ława betonowa, lub żelazno-betonowa (grunt wytrzymały głęboko). Budowlę na ruszcie wykonuje się zapomocą grodz, skrzyń lub osłon. Dalej zachodzą także wypadki, gdzie fundację bulwaru wykonuje się na studniach, lub pneumatycznie.

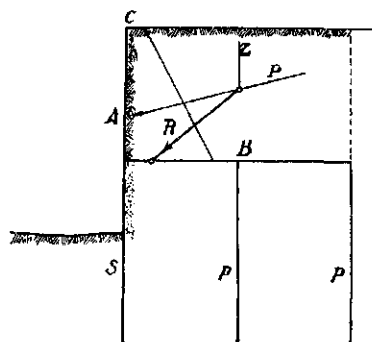
Celem orientacji co do kształtu i wymiarów bulwarów podano na tablicy I. szereg przekrojów; nie ograniczono się tu do przyczółków jazowych, lecz podano także bulwary rzeczne, portowe, oraz skrzydła.

Figury 1—4. przedstawiają bulwary jazu iglicowego we Wrocławiu; kształt przyczółka prawego wynika z powodu konieczności urządzenia niszy nakrytej łękami, w której chowają się ułożone na dno jazu kozły. Tak te bulwary, jak i dalsze, przedstawione na fig. 5—7. fundowane były na ławach betonowych w obrębie grodz, której pozostałość stanowią ścianki szczelne, tylko że przy budowlach 1—5 grodz obejmowała nie tylko bulwar, ale i znaczniejszą część jazu, zatem na rysunku widać tylko jedną palisadę, podczas gdy przy budowlach 6 i 7 widzimy dwie palisady, stanowiące przedtem wewnętrzne ściany grodz. Bulwar fig. 7. fundowany był na złym gruncie, wobec czego użyto rusztu palowego i ławy betonowej wykonanej podwodnie. Figury 8. i 9. przedstawiają przyczółek i filar jazu w Litomierzycach na Łabie — filar z obu stron wycięty, o konstrukcji betonowej uzbrojonej, posiada nisze, w które chowają się kozły w czasie kładzenia jazu. Figury 10—15. podają przekroje skrzydeł i murów oporowych, wreszcie figury 16. i 17. przekroje bulwaru wyższego i niższego kanalizacji Wisły w Krakowie. Bulwar dolny fundowany był również w obrębie grodz, stopę bulwaru ubezpiecza ścianka szczelna, oraz bruk. Na wszystkich tych przekrojach widzimy wykonanie z betonu, lub kamienia łamanego, widoczne lica murów pokryte są przeważnie kamieniem przyciosanym, o czysto obrobionem czole i częściowo krawędziach przyczelnymi, koronę pokrywają ciosy, które powinny być wykonane z materiału twardego i trwałego, w naszych warunkach z dobrego granitu.

Przy wykonaniu bulwarów z betonu należy dobrze oznaczyć stosunek mieszaniny i zbadać jakość cementu, ewentualnie przy większych robotach przeprowadzić specjalne próby. Nadto dbać trzeba o czystość roboty, czystość materiałów, tj. żwiru i piasku, względnie o ich należyte płukanie; każdy kamień ciosowy, przyciosany, lub łamany, przed ułożeniem go w murze powinien być ręczną sikawką czysto spłukany.

Bulwary żelazno-betonowe. Porównać je można co do szybkości wykonania, tudzież co do ustroju z bulwarami drewnianymi, jednak różnią się od nich trwałością i małymi kosztami utrzymania. Podzielić je można na dwa typy, pierwszy o ustroju mieszanym, składa się zwykle z części podwodnej drewnianej (ścianki szczelne, piloty) i z części położonej ponad najniższym stanem wody, żelazno-betonowej, drugi zaś typ o konstrukcji wyłącznie żelazno-betonowej. Dalej podzielićby je można na bulwary o kształcie zbliżonym do bulwarów drewnianych zakotwionych, oraz bulwary oparte na zasadzie dźwigaru żelazno-betonowego kątownego, to znaczy złożonego z dwu płyt, płyty podpierającej *A* i podstawowej *B* (rys. 49.). Żebra *C* służą do usztywnienia i rozparcia płyty podpierającej. Znaczenie płyty podstawowej polega na tem, że ciężar ziemi *Z*, spoczywającej na płycie podstawowej, przeciwdziała przewróceniu bulwaru:

ciężar ten złożony z parciem ziemi P daje wypadkową R , leżącą w obrębie przekroju. Siłą przeciwdziałającą przewróceniu jest również opór pali p, p , przeciw wyrwaniu, do których jest zakotwiona płyta podstawowa.



Rys. 49.

Ten ostatni rodzaj charakterystyczny dla żelazo-betonu przedstawia ją fig. 18. do 22. tablicy I-ej. Jest to konstrukcja według systemu Hennebique'a przedstawiająca bulwar w Southampton, obliczony dla naziomu obciążonego ciężarem 2.5 t/m^2 . Bulwar składa się z przedniej ściany szczelnej i dwóch szeregów pali żel.-beton. z tyłu umieszczonych, połączonych belkami podłużnymi i poprzecznymi, na których spoczywa belka podstawowa 20 cm gruba. Z nią połączona jest pionowa belka podpierająca, również 20 cm gruba, 4 m wysoka, usztywniona trapezowymi żebrami w odstępach co 2 m ; u góry znajduje się płyta koronowa. Wkładki ściany pionowej składają się z pionowych prętów, wchodzących w dalszym ciągu w koliste rowki słupów żel.-beton. ścianki szczelnej o przekroju $43 \times 33 \text{ cm}$. Prócz nich mamy tu także wkładki poziome, których odstęp zwiększa się ku górze. W żebrach wkładki podłużne leżą

po stronie zewnętrznej, oprócz nich jest jeszcze kilka pionowych. Dalsze szczegóły widoczne są z rysunku. Normalny rozkład wkładek w płytach i żebrach przedstawia rys. 50.

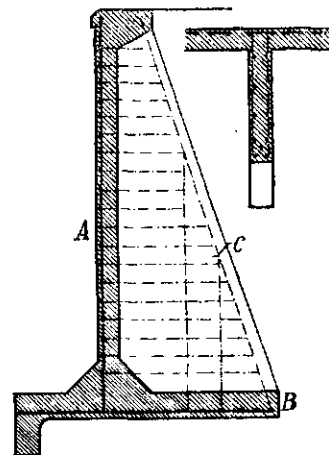
Co się tyczy obliczenia statycznego takich bulwarów, to należy przestrzegać następujących zasad: ¹⁾

1. Ciśnienie na grunt nie powinno przekraczać dopuszczalnego obciążenia gruntu;

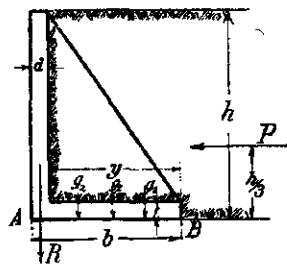
2. Poziomą płytę podstawową należy obliczać jako belkę ciągłą, lub utwierdzoną na żebrach, obciążoną od spodu oddziaływaniem gruntu;

3. Pionową ścianę podpierającą należy obliczać na parcie ziemi jako belkę utwierdzoną na żebrach;

4. Żebro należy uważać jako belkę o przekroju **T**, odpowiadającym poziomemu przecięciu żebra i pionowej płyty podpierającej; wysokość żebra równa się poziomej odległości przedniej powierzchni bulwaru, od tylnej ukośnej krawędzi żebra. Co się tyczy uzbrojenia żeber, to należy dać wkładki nietylko z uwagi na zgięcie, ale także z uwagi na ciągnięcie i ścinanie, gdyż żebro musi także wytrzymać ciężar ziemi spoczywającej na płycie. Siły ciągnące przenoszą wkładki pionowe, siły ścinające wkładki poziome. Ścianka szczelna przenosi ciężar budowli na głębsze, wytrzymałe warstwy, a nadto wytrzymuje parcie ziemi.



Rys. 50.



Rys. 51.

Według podanego źródła ¹⁾ przedstawia się oznaczenie szerokości płyty podstawowej poza płytą podpierającą następująco: Oznaczmy (rys. 51.)

szerokość płyty podstawowej literą	...	y
grubość " podpierającej "	...	d
ciężar " " " "	...	C_1
moment " " z uwagi na punkt A	...	M_p
" parcia ziemi	...	M_z
ciężar ziemi wraz z ciężarem płyty podstawowej i żebra na 1 m szerokości płyty	...	g_2
odstęp wypadkowej R od krawędzi A	...	x
dopuszczalne obciążenie gruntu	...	p

i oznaczając wszystkie wymiary w metrach i tonnach na 1 m głębokości muru otrzymuje się:

a) jeżeli dopuszczalne obciążenie gruntu jest dane:

$$1) \quad x = \frac{M_p - M_z + y g_2 \left(\frac{y}{2} + d \right)}{G_1 + y g_2}$$

¹⁾ Handbuch für Eisenbetonbau, III. Band, II. Auflage, Berlin 1910.

$$2) \quad x = 2 \frac{(G_1 + y g_2)}{3 p}, \quad (\text{z uwagi na dopuszczalne obciążenie gruntu}).$$

Z równań tych otrzymuje się:

$$y = -A + \sqrt{A^2 + B}$$

$$A = \frac{0.75 p d - C_1}{0.75 p - g_2}, \quad B = \frac{1.5 p (M_z - M_p) + C_1^2}{g_2 (0.75 p - g_2)}$$

b) jeżeli ciśnienie ziemi chce się rozłożyć na całą płytę podstawową (według trójkąta):

$$3) \quad x = \frac{y + d}{3}, \quad \text{wtedy } p \text{ wynosi:}$$

$$p = \frac{2 (C_1 + y g_2)}{y + d}$$

Łącząc równania 1) i 3) otrzymuje się:

$$y = -A_1 + \sqrt{A_1^2 + B_1}$$

$$A_1 = \frac{2 g_2 d - C_1}{g_2}$$

$$B_1 = \frac{6 (M_z - M_p) + 2 C_1 d}{g_2}$$

Przykład. Niech wysokość muru wynosi 4 m, grubość pionowej ściany podpierającej $d = 0.4$ m, płyty podstawowej również 0.4 m, ciężar właściwy betonu 2.4 t, ziemi 1.6 t, kąt nachylenia skarpy naturalnej 30° , dopuszczalne ciśnienie na grunt $2.5 \text{ kg/cm}^2 = 25 \text{ t/m}^2$. Na 1 m głębokości muru otrzymuje się:

$C_1 = 4 \times 0.4 \times 2.4 = 3.84 \text{ t}$, $M_p = C_1 \frac{d}{2} = 3.84 \times 0.2 = 0.77 \text{ tm}$; ciężar płyty podstawowej i ziemi obciążającej na 1 m szerokości $g_2 = 0.4 \times 2.4 + 3.6 \times 1.6 = 6.72 \text{ t}$; poziome parcie ziemi

$$P = \frac{1}{2} \gamma h^2 \operatorname{tg}^2 \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right) = \frac{1.6}{2} \cdot 16 \cdot \operatorname{tg}^2 30^\circ = 4.27 \text{ t}$$

$$M_z = P \frac{h}{3} = 4.27 \times \frac{4}{3} = 5.69 \text{ tm}$$

$$A = 0.305$$

$$B = 2.47$$

$$x = 0.30 \text{ m}$$

$$y = 1.30 \text{ m},$$

ciśnienie zaś rozkłada się na szerokość $3 x = 0.90 \text{ m}$.

Jeżeli ciśnienie ma się rozkładać na całą szerokość płyty, natenczas licząc według b) otrzymuje się

$$A_1 = \frac{2 \times 6.72 \times 0.4 - 3.84}{6.72} = 0.29$$

$$B_1 = \frac{6 \times 4.27 + 2 \times 3.84 \times 0.4}{6.72} = 4.85$$

$$y = 1.93 \text{ m}$$

$$p = 1.44 \text{ kg/cm}^2$$

Łącząc płytę fundamentową jako belkę utwierdzoną, otrzymujemy następujące momenty zgięcia:

a) w środku: $M_{\max} = \frac{pl^2}{24}$, b) w miejscu utwierdzenia: $M_{\max} = \frac{pl^2}{12}$; ponieważ utwierdzenie nigdy nie jest zupełne, możemy liczyć według średniego momentu $\frac{pl^2}{16}$, który przy odstępach żeber równym a wynosi $\gamma h \frac{a^2}{16}$.

Największą grubość pionowej płyty podpierającej u spodu obliczy się według momentu parcia ziemi u spodu, uważając płytę jako utwierdzoną na żebrach

$$M = \frac{pl^2}{16}$$

$$p = \gamma h \operatorname{tg}^2 \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right), \quad l = a$$

$$M = \frac{\gamma h \operatorname{tg}^2 \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right)}{16} a^2.$$

Ważną rzeczą jest również zabezpieczenie bulwaru przeciw ślizganiu. Przy bulwarach murowanych pełnych radzimy sobie w ten sposób, że daje się szew fundamentowy ukośnie, lub zapuszcza w grunt pionowe mury żebrowe. Najlepiej jednak wykonać mur w ten sposób, aby wypadkowa z sił nie miała zbyt skośnego kierunku, a mianowicie kąt nachylenia wypadkowej do pionu nie może być większy od kąta tarcia. Uzyskać się to da zawsze przez odpowiednie rozszerzenie płyty podstawowej.

Nazywając kąt nachylenia wypadkowej R do pionu φ , otrzymuje się $\operatorname{tg} \varphi = \frac{P}{C} < c$, gdzie P oznacza parcie ziemi, C ciężar ziemi spoczywającej na płycie fundamentowej, zaś c cyfrę tarcia.

$P = \frac{1}{2} \gamma h^2 \operatorname{tg}^2 \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right)$, $C = \gamma b h$, wstawiając wartości otrzymuje się:

$$b = \frac{\frac{1}{2} h \operatorname{tg}^2 \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right)}{c}$$

Fig. 23. tabl. I. przedstawia bulwar wykonany we Wrocławiu; fundament stanowi ława betonowa między dwiema ściankami szczelnymi drewnianymi, mamy tu zatem konstrukcję mieszaną. Górną część stanowi belka żelazno-betonowa kątowna, której płyta podstawowa jest do fundamentu zakotwiona. Grubość płyt i żeber wynosi 15 cm, zebrą wykonano w odstępach 3,1 m.

Odrębnie wykonany jest bulwar w Finkenherd na kanale Fryderyka Wilhelma (fig. 24. tabl. I.); płyta obciążona ciężarem ziemi nie znajduje się u spodu płyty podpierającej, lecz znacznie wyżej, a odpowiednio do tego wykształcone są żebra.

Typ bulwaru będącego odbiciem konstrukcji bulwarów drewnianych zakotwionych i posiadającym ich zalety, (prostota ustroju, łatwość wykonania, uniknięcie pompowania wody w czasie budowy, przy czem nie potrzeba wyczekiwać bardzo niskich stanów, wreszcie w danych warunkach i taniość), podany jest na fig. 25. tabl. I., przedstawiającej bulwar w Rothenburgsort. Piloty żelazno-betonowe miały tu 7 m długości, 60 cm szerokości i 19 cm grubości. Kotwy podwójne umieszczone były w odstępach co 1,80 m i zakotwiała ścianę do nieprzerwanego muru żelazno-betonowego, zbudowanego w odstępie 10 m od ściany¹⁾.

Bulwary drewniane. Stosowane są w takich wypadkach, gdy koszt budowy ma być niewielki. Czas trwania takich bulwarów jest stosunkowo krótki; tylko część ściany znajdująca się pod najniższym stanem wody jest trwałą, natomiast część wystająca nad wodą ulega gniciu i trwa co najwyżej kilkanaście lat. Wobec tego ta część górna musi być odnawiana i w ten sposób powstają bulwary nasadzone, składające się z dolnej części położonej pod najniższym stanem wody, oraz z części górnej na niej opartej. Wogóle bulwary jednolite możliwe są do wykonania tylko przy mniejszych wysokościach, przy większych wykonuje się je odrazu jako nasadzone.

Bulwary niskie do 3 m wysokości ponad dno wykonuje się zwykle jako wolno stojące, to jest bez tz. zakotwienia; głównymi częściami konstrukcji są tu pale i ścianki szczelne bite pionowo, oraz ścianka zakładana z brusów poziomych, przenosząca parcie ziemi (fig. 26. tabl. I.). Słupy bije się w odstępach 1—1,5 m (zależnie od wysokości ściany i grubości opierzenia). Słupów najczęściej się nie obrabia, tylko z tyłu ścina, aby opierzenie dobrze przylegało, u góry łączy się słupy zapomocą kaptura osadzonego na czopach i przytrzymanego do słupów opaskami żelaznymi. Zamiast kaptura dają także przy prymitywniejszem wykonaniu od strony wody kleszcze.

Bulwary wyższe wykonuje się z reguły jako zakotwione w grunt; zakotwienie polega na zabiciu w odstępie 3—6 m od ściany bulwaru po stronie ładu tz. pali kotwicznych, do których zakotwia się słupy bulwaru zapomocą drewnianych, lub żelaznych ściągien. Stosownie do potrzeby chwyta się albo każdy słup ściany, albo co drugi, dalej może on być uchwycony w jednym, lub w dwóch punktach, skutkiem czego rozróżniamy bulwary o pojedynczem, lub podwójnem zakotwieniu.

Przy palach bitych i palisadach ważną jest rzeczą oznaczenie potrzebnej głębokości bicia pali, aby pale skutkiem parcia ziemi nie zostały przesunięte, względnie przewrócone.

Co do tej kwestji informują doświadczenia wykonane w Dreźnie przez prof. Engelsa, do których teorję ustawił prof. Mohr²⁾.

¹⁾ Handbuch für Eisenbetonbau, IV. Bd., II. Aufl., Berlin 1910. Kaumauern.

²⁾ Ztbltt. der Bauverwaltung, 1903.

Rozpatrywano 2 przypadki; 1) słup wbity wolno stojący i 2) słup wbity u góry podparty, lub zakotwiony (rys. 52.). Doświadczenia były wykonane z piaskiem suchym i z piaskiem wypełnionym wodą.

W przypadku *a*) (siła działa na górnym końcu pala, pal wolno stojący) otrzymano w przypadku granicznym:

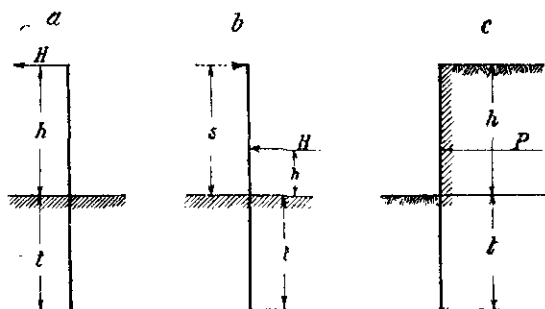
$$t^2 \geq \frac{H \left(b + \frac{h}{t} \right)}{1100 b}$$

W przypadku *b*) (pal u góry uchwycony, siła *H* działa w wysokości *h*)

$$t^2 \geq \frac{H (s - h)}{770 b (s + 0.6 t)}$$

W przypadku *c*), najczęstszym w praktyce (pal pod działaniem parcia ziemi i ewentualnie obciążenia pionowego)

$$t \geq 1.06 h$$



Rys. 52.

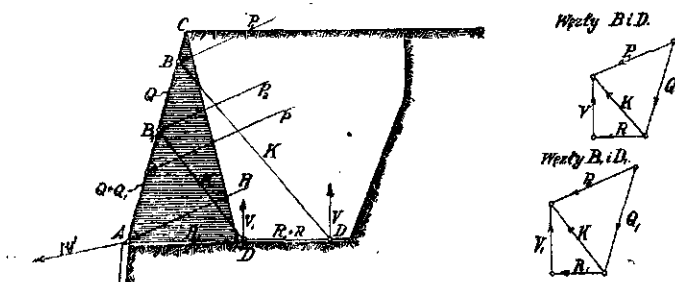
otrzymano tu zatem wynik zgodny z praktyczną regułą, że głębokość wbicia powinna być przynajmniej równa wysokości części wystającej.

Dla materiału wypełnionego wodą otrzymano zawile wzory, co do których odsyłamy do źródła¹⁾.

Bulwary zakotwione przedstawiają fig. 27—31. tabl. I-ej, kotwy muszą być pojedyncze, albo podwójne. Fig. 27. przedstawia bulwar o pojedynczym zakotwieniu; kotew składa się z dwu belek obejmujących z jednej strony pal bulwarowy, z drugiej pal kotwiczny, osobna belka pozioma łączy pale kotwiczne ze sobą, kotwy zaś połączone są z palami bulwarowymi zapomocą opasek żelaznych.

Fig. 28. przedstawia bulwar w Piławie. Palisada 15 cm gruba ucięta została pod najniższym stanem wody. Na niej osadzono kaptur 40 × 40 cm, przymocowując go kołkami drewnianymi 40—60 cm długimi, 1.5 cm średnicy. Był on podstawą kafara, który bił pale bulwarowe 11 m długie. Na palach osadzono kaptur, który przyciągnięto do słupów opaską. Kotwy tworzą belki pojedyncze, tylna belka pozioma przy palach kotwicznych rozparta jest klinami. Fig. 29. przedstawia bulwar o podwójnym zakotwieniu, przyczem kotwy są żelazne, fig. 30. podaje zakotwienie drewnianego przyczółka i skrzydeł, wreszcie fig. 31. ustrój bulwaru nasadzonego o podwójnym zakotwieniu, wykonanego w Antwerpii.

W razie znacznej wysokości bulwaru i wielkiego parcia ziemi, można użyć większej liczby pali kotwicznych, oddalić je więcej od ściany, oraz dać przy nich ścianę zakładaną. Przy bulwarze we Flensburgu dano 3 szeregi pali kotwicznych, do których przytwierdzono brusy opierające się przesunięciu.



Rys. 53.

działające na punkt *A* można złożyć w jedną wypadkową *W*, której składowa pozioma stara się zedrzeć kaptur i wygiąć dolny pal.

Co do kotew chodziłoby o takie ich rozłożenie, aby momenty zgięcia słupów, a zatem i ich wymiary były jak najmniejsze. Otóż Brennecke²⁾ (rys. 54.) podaje, że w przypadku I., tj. dla zakotwienia pojedynczego, najkorzystniejsze położenie punktu zaczepienia kotwy jest w odstępnie:

¹⁾ Podaje je również Brennecke w Grundbau.

²⁾ Rychter, Budowa jazów, Lwów 1886, autografia.

³⁾ Grundbau, na podstawie czasopisma „Wasser- und Wegebau“.

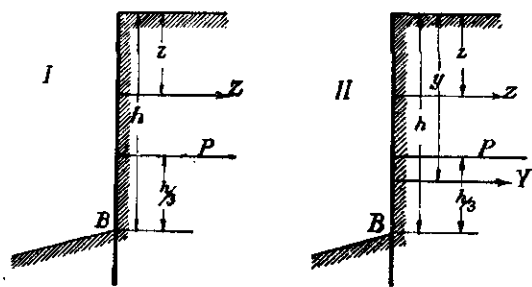
$z = 0.472 h$ od góry, zaś największy moment $Mz = \frac{0.105 Ph}{3}$, a ciągnięcie w kotwie wynosi $Z = 0.565 P$.

W przypadku II. (zokotwienie podwójne) odpowiednie wartości są:

$$z = 0.334 h, \quad y = 0.707 h$$

$$Z = 0.283 P, \quad Y = 0.451 P$$

$$M_{max} = \frac{0.036}{3} Ph.$$



Rys. 54.

Jak już poprzednio wspomniano, wykonywania bulwarów drewnianych należy nawet przy jazach drewnianych o ile możliwości unikać i ograniczyć je tylko do budowli prowizorycznych, których czas trwania jest niedługi, lub gdzie inne wykonanie z powodu wyjątkowych warunków wywołałoby nadmierne koszty.

Filary drewniane stosowane są przy jazach drewnianych celem oddzielenia od siebie poszczególnych otworów jazu i podparcia kładki lub mostu. Konstrukcja ich jest prosta i nie wymaga bliższego objaśnienia; złożone są z pali bitych i z opierzenia z brusów, do których przytwierdzone są pionowe belki posiadające wpusty dla zastawek (stawideł).

2. Fundament jazu i podłoże. Przed przystąpieniem do budowy jazu, a względnie przed wykonaniem projektu szczegółowego, trzeba zbadać dokładnie pokłady gruntu z uwagi na uwarstwienie, wytrzymałość i przepuszczalność. Do tego celu służą wiercenia i szyby próbne — szyby wykonuje się zazwyczaj do poziomu wody gruntowej, a dalej przedłuża się je jako wiercenia. Prócz tego wykonywanie studzien próbnych i próbnego pompowania, obserwacja szybkości wypełniania się studzien po zaprzestaniu pompowania, badanie zmian stanów wody w otworach wiertniczych, w związku ze zmianami stanów wody na rzece, poucza o przepuszczalności gruntu. O wytrzymałości gruntu informuje już sama znajomość pokładów, dalsze dane można uzyskać przez bicie pali próbnych, lub szyn, oraz sond żelaznych¹⁾.

Jaki grunt nadaje się jako dobry fundament dla jazu, na to prostym wyliczeniem rodzajów gruntu nie da się odpowiedzieć.

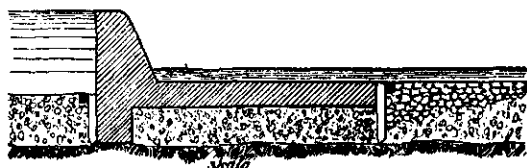
Przedewszystkiem nie ulega wątpliwości, że najlepszym fundamentem jest wytrzymała zbita i nieprzepuszczalna skała, dalej pokłady starych nieprzepuszczalnych ilów lub glin, gdybyśmy jednak wykonanie jazów ograniczyć musieli tylko do tych miejsc, gdzie jest możliwość fundowania na skałę lub ile, zastrzeżenie takie uniemożliwiłoby wykonanie wielu niezbędnych dzieł technicznych, lub też musielibyśmy z fundamentem iść tak głęboko, że koszty niepomniernieby wzrosły. Wprawdzie wielu autorów dawniejszych, a nawet i niektórych z nowszych wyrażają zdanie, że jazy fundować należy na gruncie nie tylko wytrzymałym, ale i nieprzepuszczalnym, jednak praktyka nowszych czasów stwierdza, że takie żądanie byłoby w wielu wypadkach za daleko idące. Wykonuje się więc także jazy na starszych pokładach zbitych żwirów i piasków, naturalnie z zachowaniem potrzebnych ostrożności i zabezpieczeń, o których w dalszym ciągu będzie mowa. Tak na przykład de Mas²⁾, w ustępie o jazach stałych, mury powiada: Jeżeli grunt jest wzruszalny (affouillable), mur jest wcisnięty między dwie ściany szczelne w wykopie dość głęboko wybagrowanym, skutkiem czego beton wgłębia się w dno rzeki. Jeżeli grunt jest niewruszalny, beton zatapia się w skrzyniach bez dna. W dziale o części stałej jazów kozłowych powiada: „Część stała jazu powinna być zapuszczona nie tylko do terenu nieściśliwego i niewruszalnego, ale aż do terenu nieprzepuszczalnego. Przepiękanie pod spodem może poważnie narazić stałość budowli, oraz uniemożliwić spiętrzenie wody²⁾. Ława betonowa czyto ubita na sucho, czy też rzucona podwodnie, znajduje się między dwiema ścianami szczelnymi, powyżej i poniżej daje się oskałowanie“.

W przeciwieństwie do tego zauważyć trzeba, że znaczną ilość wielkich jazów fundowano na żwirach i piaskach, a budowle te przetrwały już szereg lat i pod względem trwałości i celowości nic im nie można zarzucić.

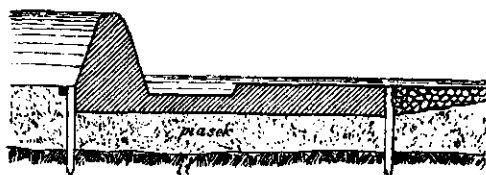
¹⁾ Przy kanalizacji Wełtawy i Łaby w Czechach bito żelazne pręty 7 m długości, 42 mm średnicy, kafarem 200 kg, uderzeniami z wysokości 30—80 cm; z oporu bicia wnioskowano o wytrzymałości warstw.

²⁾ Rivières canalisées, Paris 1903.

szczelną osiągnąć nie można, a już pomimo tego w danym miejscu musi być wykonany. W takim razie zmuszeni jesteśmy fundować na materiale przepuszczalnym i mamy świadomość, że woda będzie pod fundamentem przeciekać — aby jednak to przeciekanie nie stało się dla zwieźłości i wytrzymałości materiału



Rys. 57.



Rys. 58.

niebezpiecznym, trzeba fundament jazu wraz z podłożem odpowiednio wykonać. Fundament i podłoże będzie w takim razie pod działaniem wyporu wody od spodu, którego wielkość trzeba będzie oznaczyć.

Według dawniejszych zapatrywań sądzono, że wypór wody w materiale przepuszczalnym drobnoziarnistym doznaje zmniejszenia. Tak na przykład podaje Brennecke¹⁾, że w materiale o ziarnach mniejszych od $0.4^m/m$ spód budowli doznaje zmniejszonego wyporu wody $P = \varepsilon \alpha \gamma h$, gdzie ε i α są współczynnikami mniejszymi od jednostki, wywołanymi przez adhezję i tarcie, γ ciężarem właściwym wody, h wysokością słupa ciśnienia hydrostatycznego. Nowsze doświadczenia zaprzeczają temu zapatrywaniu; tak np. Engels badał przenoszenie się ciśnienia wody w materiale złożonym z ziarn od $0.22^m/m$ do $1.5^m/m$ i otrzymał, że wypór wody działający na dno budowli po pewnym czasie dochodzi do pełnej wartości słupa ciśnienia hydrostatycznego²⁾. W odniesieniu do jazu mamy tu do czynienia z górną wodą spiętrzoną i dolną wodą, a linia ciśnienia będzie linią łączącą poziom górnej wody przy górnej ścianie jazu z poziomem dolnej wody przy końcu podłoża. To ciśnienie, czyli wypór wody, działa na spód jazu i na spód podłoża i musi być uwzględnione przy obliczeniu wymiarów. W szczególności ciężar jazu i rozkład natężeń ciskających u spodu jazu, dalej ciężar podłoża muszą być takie, aby nie nastąpiło podniesienie, lub złamanie. Przy podłożu należy nadto zmniejszyć jego ciężar o $1 t/1 m^3$ skutkiem zupełnego zanurzenia we wodzie.

Inżynier Gruner w Bazylei³⁾ podaje cenne uwagi dotyczące się wykonywania jazów na gruncie przepuszczalnym. Stwierdza on, że trzeba tu zwrócić uwagę na dwie okoliczności:

- a) na przeciekanie wody pod jazem;
- b) na dynamiczne działanie przelewającej się wody.

Co do a) zauważa, że jeżeli jaz ustawia się nie na skale, lecz na gruncie przepuszczalnym, to ma się do czynienia nie tylko z wyporem wody, lecz także z płynięciem jej w porach materiału pod jazem, a zatem z wylugowaniem i spławianiem materiału.

Co do b) zaznaczyć trzeba, że woda przelewająca się przez jaz skutkiem znacznych chyżości i poruszania piasku i żwiru może w ciągu czasu poczynić znaczne szczyrby w budowlach. Przy jazie w Augst-Wyhlen nie pokryto kesonów progowych ciosami granitowymi, lecz wykonano je tylko z betonu; po dwurocznym ruchu powstały zagłębienia do 50 cm głębokości. Próg jazu w Laufenburgu opancerzono stalą laną i wykonano tę robotę używając dzwonów nurkowych, w niektórych miejscach robota ta nie była dokończona, a woda przepływała przez nie z chyżością 3—5 m przez przeciąg jednego roku. Okazało się, że żelazo było nieuszkodzone, ale zupełnie wypolerowane, a ciosy granitowe o 15—30^{m/m} starte, beton zaś miał zagłębienia do 15 cm. Nie chodzi tu jednak o uderzenie kaskady wody, które jako siła jest wogóle nieznaczne⁴⁾, lecz o działanie erozyjne.

¹⁾ Ztschr. für Bauwesen, 1886. również Grundbau.

²⁾ Ztschr. für Bauwesen, 1911, referat autora Przegląd techniczny, Warszawa, 1911.

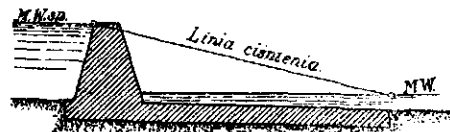
³⁾ „Einiges über Bau und Berechnung von Stauwehranlagen“. Schweizerische Bauzeitung, 1915.

⁴⁾ Rehbock podaje następujący przykład: Woda spada z wysokości 3 m przez jaz 20 m długi; wielka woda rzeki wynosi $100 m^3/sec$, siła żywa $\frac{100 \times 100 \times 3}{75} = 4000$ koni parowych, czyli na 1 m. b. jazu przypada 200 k. p. W razie prostopadłego

uderzenia wody o podłoże siła uderzenia wynosi $S = \frac{Q \gamma}{g} \cdot u = \frac{Q \gamma}{g} \sqrt{2gh} = Q \gamma \sqrt{\frac{2h}{g}}$. Wstawiając wartości otrzymuje się na 1 m. b. długości jazu siłę 3900 kg. Przyjmując, że to uderzenie rozkłada się na pasek podłoża 0,8 m szeroki, otrzymuje się ciśnienie okragło 0.5 kg/cm².

W nowszych czasach budują jazy o coraz większem spiętrzeniu, nadto na przepuszczalnym i wzruszalnym materiale. Według poczynionych doświadczeń można fundować na takim gruncie, jeżeli jaz wykona się w ten sposób, aby przeciekająca woda nie mogła osiągnąć większej chyżości, a przez to wypłukać drobniejszych cząstek materiału, oraz zburzyć równowagi pokładu. Chyżość przeciekania zależy nie tylko od wielkości spiętrzenia na jazu, ale i od drogi jaką woda musi przebyć — względnie od wielkości spadku linii ciśnienia między górną a dolną wodą. Wynika z tego, że w materiale pod jazem wytworzy się chyżość odpowiadająca spadkowi ciśnienia, na drodze jaką woda ma do dyspozycji, a dowolne przedłużenie tej drogi leży w naszej mocy. Jeżeli wykonamy silne i szczelne podłoże z jazem połączone, to im dłuższe ono będzie, tem dłuższą będzie droga wody przeciekającej, a spadek linii ciśnienia tem mniejszy (rys. 59.).

Jeżeli chyżość przeciekania będzie bardzo mała, to nie tylko nie będzie wypłukania drobniejszych ziarn materiału, ale przeciwnie, nastąpi stopniowe zamulenie i uszczelnienie gruntu, przez osadzanie w porach mialkich naniosów. Wszak znane są konstrukcje jazów wykonane z narzutów kamiennych, lub ze szkieletu drewnianego, kamienia łamanego i ryniaków, lub wreszcie prymitywne jazy z faszyn, palików i żwiru, które po pewnym czasie stały się zupełnie szczelne.



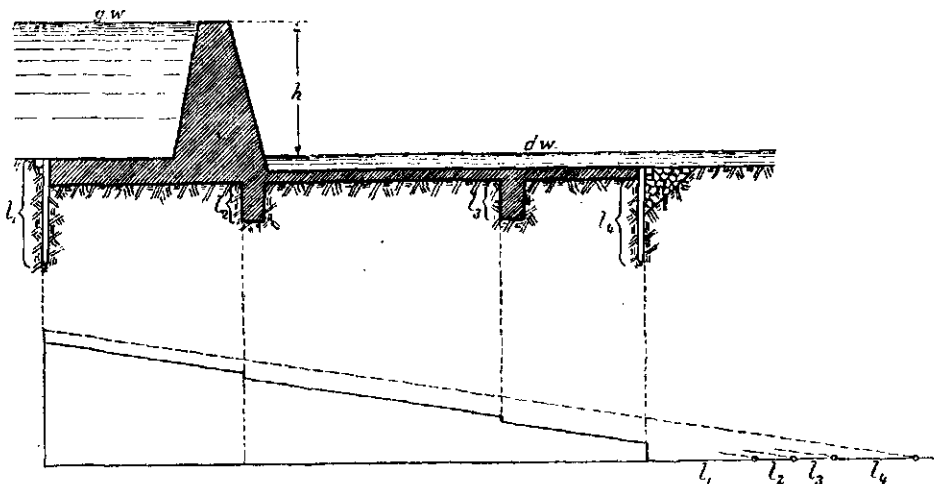
Rys. 59.

Do przedłużenia drogi wodzie służą następujące środki:

- 1) przedłużenie szczelnego podłoża poniżej jazu;
- 2) „ „ „ „ „ powyżej jazu;
- 3) wykonanie pionowych murów żebrowych;
- 4) ścianki szczelne.

Środki wymienione pod 2—4 wpływają zupełnie taksamo na zmniejszenie spadku ciśnienia, jak przedłużenie podłoża poniżej jazu, to znaczy, że wysokość muru żebrowego, wysokość ścianki szczelnej, lub długość szczelnego podłoża powyżej jazu, sumują się na całą długość L (rys. 60.)¹⁾.

Że palisady działają korzystnie, stwierdza to już praktyka przy jazach drewnianych; dajemy nieraz nie tylko 2 ścianki szczelne, tj. jedną po stronie górnej, drugą po stronie dolnej jazu, ale prócz tego jedną lub dwie pośrednie. Otóż byłoby rzeczą doniosłą wiedzieć, jakie chyżości przeciekania są dla danego materiału szkodliwe, z uwagi na wypłukanie drobnych cząstek, jednak dotąd brak tego rodzaju spostrzeżeń i w praktyce trzeba się kierować doświadczeniami uzyskanymi przy wykonanych jazach.



Rys. 60.

Inżynier kanadyjski Bligh²⁾, który opisał wiele jazów budowanych na gruncie przepuszczalnym i badał przyczyny ich zburzenia, podaje wzór empiryczny na długość podłoża:

¹⁾ Zazwyczaj doliczają się podwójne ilości l_1 , l_2 , l_3 i l_4 , sądzą jednak, że właściwszem jest uwzględnienie tylko pojedynczych długości.

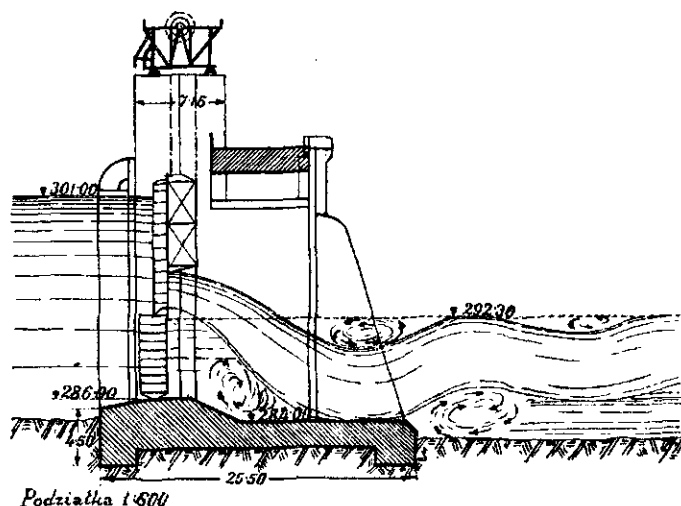
²⁾ Engineering News 1910, 1911, 1913.

$L = c h$, gdzie c jest współczynnikiem przeciekania, h oznacza wielkość spiętrzenia, zaś L łączną długość podłoża, ścian szczelnych i murów żebrowych.

c ma wynosić przy	bardzo mialkim piasku i namule	18
„	mialkim piasku	15
„	grubym „	12
„	piasku ze żwirem	9
„	żwirze i zlepieńcu	6—4

Podłoże powinno być tak wykonane, aby działanie erozyjne nie mogło wytworzyć zagłębień — zagłębienia takie stale się powiększają i mogą być powodem podmycia jazu, gdyż w razie pęknięcia podłoża droga wody przeciekającej nagle się skraca, chyżość przeciekania wzrasta i następuje wypłukiwanie materiału pod jazem.

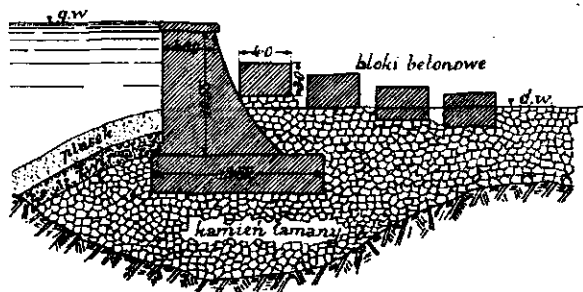
Jeżeli woda spiętrzona przepływając przez krawędź jazu dostaje się do dolnej wody, to skutkiem większej chyżości stara się ją wypchnąć, a przez to powstaje przy jазie dolina fali, poniżej zaś góra fali, nad doliną fali wytwarza się górny wałec wodny, pod górą fali dolny wałec wodny, obydwie wirujące w kierunku odwrotnym. Przy jазie pod Laufenburgiem obserwowano to zjawisko przy podniesionej zasuwie górnej (rys. 61.). Prócz tego powstają wiry wyrzucające wodę perypodycznie, jeżeli woda płynąca uderza o wzniesienie znajdujące się pod powierzchnią (np. próg części stałej jazu ruchomego).



Rys. 61.

konanej budowie mogą dać możność do uzupełnienia budowli, jeżeli się okaże, że podłoże było za krótkie. Klasycznym przykładem takiego postępowania jest wielki jaz ruchomy na Nilu poniżej Kairu; jaz ten po wykonaniu przez szereg lat nie został zamknięty z powodu obawy podmycia gruntu. Dopiero przez stopniowe przedłużanie podłoża zapomocą szczelnych płyt murowanych, wykonanych między grodzami (pierwotne podłoże 34 m długie przedłużono na 72 m), oraz wykonanie poniżej w odległości 500 m progu spiętrzonego, który podniósł dolną wodę, a wreszcie uszczelnienie fundamentu jazu, udało się jaz w ten sposób zabezpieczyć, że mógł być poddany stałemu spiętrzeniu.

Jeżeli poniżej jazu powstanie w podłożu lub w materiale dna zagłębienie, to trzeba uszkodzenie to natychmiast naprawić, ewentualnie zagłębienie wypełnić i to materiałem tak ciężkim, aby woda go nie mogła wzruszyć. Stwierdza to dosadnie przykład jazu na Durance, służącego do ujęcia wody dla kanału Verdon. Jaz ten fundowany przeważnie na skale, posiadał jednak jedno miejsce, gdzie pod jazem był żwirek, gdyż skały nie osiągnięto. Przez 19 lat jaz utrzymywał się dobrze, dopiero później nastąpiła katastrofa skutkiem wybicia przez wielką wodę zagłębienia przy stopie



Rys. 62.

spotykamy i konstrukcje mieszane, poza podłożem z muru lub betonu, mamy jako przedłużenie podłoże drewniane na palach. Poniżej podłoża daje się zwykle jeszcze narzut z kamienia łamanego, czyli tz. oskałowanie. Kamienne oskałowania powinny mieć odpowiednią wielkość, aby woda ich nie unosiła, nadto można między nie zabić paliki, celem lepszego ustalenia. Prócz tego używają do ubezpieczenia dna poniżej podłoża płyt faszynowych, oraz walców faszynowych, wypełnionych kamieniem, lub żwirem.

Przy budowie wielkich jazów dzieli się wykonanie na okresy, a sam jaz na kilka części. W czasie budowy części pierwszej otacza się tę część grodzą, woda może natomiast swobodnie przepływać przez część przekroju niezagrodzoną. Po wykonaniu części pierwszej rozbiera się jej grodzę i wykonuje nową grodzę naokoło części drugiej, przypierając ją do gotowej części jazu itd. Przy mniejszych jazach starać się należy o ukończenie budowy w ciągu jednego okresu budowlanego, o ile możliwości w czasie ustalonych niskich stanów.

CZĘŚĆ III.

Jazy stałe.

(Tablica II. atlasu).

1. Jazy stałe kamienne. Wykonuje się je z ciosu, kamienia łamanego i betonu; większe jazy mają zazwyczaj koronę i obie ściany, tj. górną i dolną pokryte ciosami, środek zaś wykonany jest z kamienia łamanego, lub betonu. Pokrycie korony i skarp ciosami ma na celu uczynienia ich odpornymi na działanie prądu wody, uderzenia kry i innych przedmiotów unoszonych przez wodę. W nowszych czasach, wobec ułatwienia i potanienia produkcji cementu, jazy betonowe coraz częściej wchodzi w użycie, a nawet w wielu wypadkach wykonano jazy stałe wyłącznie z betonu, bez okładziny kamiennej.

Z uwagi, że jaz znajduje się pod wodą, używać należy wyłącznie zaprawy hydraulicznej; najodpowiedniejszą jest tu zaprawa z ostrego piasku rzecznoego i cementu portlandzkiego; zaprawa z wapna tłustego i dodatków hydraulicznych (tras) nie jest odpowiednią, gdyż wymaga do związania długiego czasu, a w naszych warunkach nie byłaby tańsza.

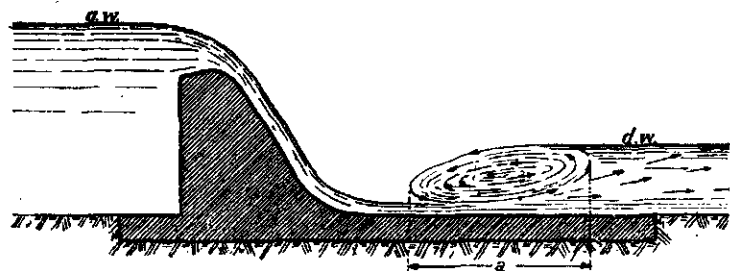
Najodpowiedniejsze jest wykonanie muru warstwowanego, choćby już z uwagi na to, że wykonanie takie jest zazwyczaj staranniejsze, wykonywano jednak także jazy z muru niewarstwowanego, celem uzyskania większej szczelności. Mur niewarstwowy wymaga znacznie więcej zaprawy, jak warstwowy, a rezultat co do większej szczelności jest bardzo wątpliwy.

Ciosy koronowe i w ścianach powinny być starannie obrobione i osadzone, ewentualnie zakotwione, zamiast ciosów wystarczyć może na skarpach kamień przyciosany.

Beton będzie stosowny zawsze tam, gdzie w łóżysku rzeki mamy dobry żwir — kamienia zaś w pobliżu niema; w takich razach może wypaść znacznie taniej jak kamień. Nadto beton stosowny jest bardzo do użycia we fundamencie, jako ława fundamentowa, wreszcie korzystnym może się okazać użycie ścian szczelnych żelazno-betonowych, zamiast drewnianych.

Kształt jazu kamiennego. Jazy dawniej wykonane okazują dążność do łagodnego przeprowadzenia przelewającej się strugi wody, tak przez sam jaz, jak i przez jego podnóże, to znaczy, że chodziło tu o uniknięcia uderzenia wody o stopę jazu. Uderzenie rzeczywiście nie następuje, jednak zamiast tego mamy inną niedogodność, a mianowicie wielką chyżość jaka powstaje skutkiem przelania się wody przez jaz pozostaje niezmieniona i u podnóża jazu, skutkiem czego trzeba wykonać długie i kosztowne podłoże ubezpieczające. Nowsze zapatrywania zmierzają do tego, że należy siłę żywą wody stracić właśnie przez uderzenie u stopy jazu, gdyż przez to silne podłoże potrzebne będzie tylko blisko jazu, dalej zaś ubezpieczenie dna będzie zbyteczne. Jest to zasada bezwarunkowo racjonalna, zapewniająca oszczędną budowę, praktyka jednak ostatnich lat okazuje także i inne zapatrywania i inne sposoby wykonania, o czym później. W Szwajcarii na przykład przegrody wykonywane w celu zabudowania potoków mają zawsze dolną ścianę stromą, uderzenie wodospadu skupione jest u stopy przegrody, przez co siła uderzenia najłatwiej się traci. Okoliczność, że wysokie przegrody na potokach górskich wykonuje się o stromej przedniej ścianie, powinna być wskazówką także przy budowie wysokich jazów. Z drugiej strony znowu właśnie w Szwajcarii napotykamy wiele jazów stałych o łagodnie pochylonej ścianie dolnej.

Przy jazach o łagodnie pochylonej skarpie dolnej struga wody przylega dokładnie do korony i skarpy, a chyżość kaskady wody uzyskana skutkiem spadu wody o wysokość spiętrzenia, przemienia się na chyżość poziomą w kierunku łóżyska, prawie w niezmienionej wielkości. Przy przejściu do dolnej wody powstaje skok wodny, albowiem woda spływająca z jazu stara się dolną wodę wyprzeć, wprawiając ją w ruch (rys. 65.); na długości a następuje utrata chyżości wody, a ponad strugami wody płynącymi



Rys. 65.

już w kierunku łóżyska, tworzy się wir, czyli wałec wodny, o osi poziomej, w którym woda się kręci w kierunku jak wskazują strzałki. Przestrzeń a nazywa Rehbock „długością przekształcenia“ i na całej tej długości powinno być podłoże silnie ubezpieczone. Przy jazach o bardzo łagodnym pochyleniu początek skoku wodnego przysuwa się do jazu, tak, że może się stać niewidoczny. Według Rehbocka, wytwarzanie się takiego walca, pozostającego stale na powierzchni wody, o kierunku

obrotu przeciwnym do ruchu wskazówek zegara wskazuje, że woda traci na tej przestrzeni nadmierną chyżość.

Z tego przedstawienia rzeczy wynika, że rozróżnić należy dwa główne typy przekroju poprzecznego, pierwszy z nich o łagodnie pochylonej skarpi spływowej, możemy nazwać jazem podłożowym, gdyż tu jaz przechodzi łagodnie w podłoże¹⁾, drugi o stromej skarpi przedniej jazem wodospadowym, gdyż tu woda oddziela się od korony jazu i spada swobodną strugą. Jako trzeci wreszcie typ jazu można uważać jaz stopniowy, przy którym spadek podzielony jest na dwa lub więcej stopni, a dolna część jazu stanowi podłoże górnej.

Jeszcze o jednym szczególe wspomnieć należy, a jest nim zagłębienie wodne, czyli tz. poduszka wodna u stopy jazu. Celem osłabienia uderzenia wody o podłoże jazu dają często u podnóża zagłębienie, które wypełnia dolna woda. Otóż woda spadająca uderza najpierw o wodę znajdującą się w tym zagłębieniu, skutkiem czego siła uderzenia częściowo się tłumi, a podłoże doznaje tylko słabszego naporu. Takie wykonanie jest w każdym razie do zalecenia, gdyż zapewnia większą trwałość podłoża.

Na tablicy II. fig. 1—14. podano szereg typów jazów stałych i tak fig. 1—3. przedstawiają jazy stałe dawnego typu, przy których przelewająca się woda sprowadzona jest po łagodnie pochylonej dolnej skarpi. Pierwszy z nich wykonany ze żwiru i ryniaków rzecznych, o koronie i skarpach pokrytych brukiem, stosowany był dawniej często na rzekach górskich, ostatni przedstawia typ należący do historii, trudny i kosztowny do wykonania.

Na fig. 4. przedstawiono jaz na rzece de la Tête pod Montlouis (franc. Pyreneje)²⁾. Jest on wykonany z dwóch murów, narzutu kamiennego między nimi, oraz ławy murowanej na narzucie kamiennym. o grubości 0,3 m, założonej w spadzie 16%. Naturalnie cały jaz jest zacięty w skałę, skutkiem czego znaczne chyżości wody jakie się jeszcze utrzymują poniżej jazu, napotykały odporne dno. Jaz założono w łuku o promieniu 30 m, długość jego wynosi 28 m.

Fig. 5. przedstawia jaz na Kander pod Kandergrund w Szwajcarii³⁾. Jest tu jaz stały 7,5 m długi i dwa otwory śluzowe po 3,2 m, zamykane zasuwami żelaznymi. Fundowano go w ten sposób, że małą wodę odprowadzono bokiem osobnym kanałem, powyżej zaś miejsca budowy wykonano tamę skrzyniową, wypełnioną gliną i pokrytą betonem. Celem należytego rozkładu ciśnienia na grunt stosunkowo słaby, fundowano jaz na ruszcie żelaznym, złożonym z kształtek I, jak to widać na rysunku.

Fig. 6. podaje jaz na Vièze pod Monthey w Szwajcarii⁴⁾, fundowany na zbitej skale wapiennej. W czasie wykonania puszczo małą wodę boczną sztolnią obiegową.

¹⁾ Rehbock nazywa go „Schußwehr“, gdyż tu woda niejako zostaje wystrzelona u stopy jazu w kierunku poziomym, nie tracąc chyżości.

²⁾ Annales des ponts et chaussées, 1913. (V).

³⁾ Schweizerische Bauzeitung Nr. 1/1912.

⁴⁾ Schweizerische Bauzeitung Nr. 25/1916.

Fig. 7. przedstawia jaz zakładów elektrycznych gminy Siders na Navizence¹⁾. Przekrój jest trapezowy o skarpie górnej 3:2, korona jest 1,5 m szeroka, wysokość jazu od odsadzki fundamentu wynosi 4,05. W przekroju jazu widzimy 3 rury o średnicy 850 mm, służące do przeprowadzenia wody roboczej, gdyż ujęcie, osadnik etc. mogły być umieszczone tylko na lewym brzegu, podczas gdy komora wodna i rury cisnące musiały być na brzegu prawym. Podłoże zamknięte jest po stronie dolnej wody wystającym progiem, tworząc poduszkę wodną, poniżej znajduje się jeszcze podłoże drewniane 4,5 m długie, z kraglaków.

Oryginalny przekrój posiada jaz wykonany na Raummünzach w Badeńskim (fig. 8.). Środek jazu tworzy kanał, przez który wprowadzono wodę innego potoku do wspólnego ujęcia. Wykonany jest na skale, wymagał jednak dużej ilości materiału. W betonie dano wkładki żelazne, które nie mają tu znaczenia tego, jakie ma zwykle uzbrojenie, lecz są to raczej kotwy. W następnym jazu fig. 9. (jaz pod Richmond) widzimy wzmocnienie jazu betonowego zapomocą wkładek żelaznych okrągłych o średnicy 25 mm, podłużnych i poprzecznych. W fundamencie wykonano dwa żebra z worków wypełnionych betonem i osadzonych w betonie, sięgających do warstwy nieprzepuszczalnej, ponad którą znajdował się w łóżysku z wierzchu piasek i żwirek, a pod nim gruby żwir. W betonie widzimy wielkie kamienie wchodzące u spodu nawet w grunt. Podłoże jest częściowo betonowe, częściowo z kamieni układanych rębem, ograniczonych ścianą zakładaną i palami. Długość jazu wynosiła 36 m, koszt pomimo prostej konstrukcji był znaczny, gdyż wynosił około 1.300 koron za 1 mb²⁾.

Fig. 10 a—c. przedstawiają jaz stały na rzece Skawie w Grodzisku³⁾, służący do ujęcia wody w celu zasilenia kanału żeglugi w Galicji (kanał od granicy zachodniej Galicji do Wisły pod Krakowem). Jak widać z fig. a i b jaz składa się z 5-ciu otworów i przepławki dla ryb. Otwór skrajny po prawej stronie stanowi upust płuczący (gdyż z tej strony znajduje się wlot kanału i śluza wpustowa), zarazem upust dla wielkiej wody, otwór skrajny po stronie lewej stanowi przepust dla tratw 5,4 m długości; obydwa te otwory zamknięte będą jazami walcowymi. Spiętrzenie na jazu wynosi przy małej wodzie 1,35 m, przy wielkiej 0,68 m.

Przekrój poprzeczny jazu stałego podany jest na fig. 10 c. Widzimy tu głęboką fundację, sięgającą poniżej luźnych pokładów; między dwiema silnymi ścianami szczelnymi wykonano dwumetrową ławę betonową, a na niej jaz stały i podłoże z betonu, z okładziną ciosową. Dalszą część podłoża wykonano z kamienia łamanego; nachylenie skarpy dolnej jazu jest 2:1. Jak widać przekrój jest zbudowany silnie i pewnie fundowany.

Fig. 11—13. przedstawiają trzy jazy o stromej ścianie dolnej wykonane w Bawarii, z których pierwszy fundowany jest na skale, dwa inne na gruncie niezbyt wytrzymałym, dlatego użyto tu rusztu palowego i dwu, względnie trzech ścian szczelnych. Jaz przedstawiony na fig. 12. posiada nadto na podłożu betonowym podłogę z dyli, przybitych do trapezowych progów, osadzonych w betonie; podłoga taka bardzo dobrze chroni beton od wymycia, oraz rozbicia przez wodę i spadające kamienie. Umieszczenie prostokątnej belki drewnianej na koronie nie jest do polecenia, gdyż wpływa niekorzystnie na strugę przelewową; jazy te są zresztą w całości z betonu wykonane. Wreszcie na fig. 14. przedstawiony jest jaz stały na Wełtawie w Pradze „u Helmu“. Wykonany on jest w miejsce kilku zniesionych jazów młynowych i łączy ich spiętrzenie. Jaz ten wykonano jako stały z tego powodu, ponieważ profil łóżyska dopuszczał wykonanie takiego jazu, a w razie wykonania jazu ruchomego o nisko założonym progu, obawiano się w łóżysku zbyt wielkich chyżości, skutkiem czego płytko fundowane starsze bulwary mogłyby zostać podmyte. Jaz spiętrza normalną wodę o 4,05 m, wielką wodę z r. 1890 (+ 5,82 w Karlinie, 3900 m³/s) o 1,03 m. Cały jaz wykonano z betonu cementowego o stosunku mieszaniny 1:9, ściana dolna pokryta jest ciosami 40 cm wysokimi; ciosy na koronie mają wysokość 80—90 cm. Po stronie dolnej widzimy poduszkę wodną, ograniczoną progiem o ciosach zakotwionych. Przed ustaleniem profilu jazu czyniono doświadczenie z modelami, biorąc pod uwagę typy o łagodnie pochylonej ścianie dolnej. Okazało się, że wybicie piaszczystego podłoża poniżej jazu przez spływającą wodę, było w pierwszym wypadku nieporównanie większe jak w drugim, wobec czego zadecydowano wykonanie jazu o stromej ścianie dolnej.

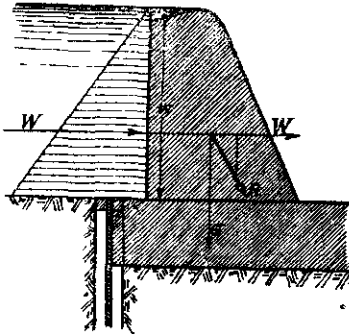
¹⁾ Schweizerische Bauzeitung Nr. 18/1916.

²⁾ Handbuch für Eisenbetonbau, 1910.

³⁾ Rysunek tego jazu zawdzięczaam kierownikowi budowy inż. Stanisławowi Kornickiemu.

⁴⁾ Drahorad „Příčný profil nového jezu Helmovskeho v Praze“. Technický obzor, 1911.

Obliczenia statystyczne przekroju jazu stałego. Stałość jazów wyższych należy sprawdzić przez obliczenie; zasadą obliczenia jest tu warunek, aby wypadkowa z parcia wody, ciężaru muru i ciężaru spoczywającej na nim wody nie wychodziła z jądra przekroju. Przy bardzo niskich jazach należałoby ten warunek obostrzyć, żądając, aby wypadkowa zbliżała się do środka przekroju, gdyż tu prócz parcia wody na jaz trzeba mieć wzgląd na uderzenia przedmiotów płynących. Wypadkowa parcia wody na jaz (licząc na 1 m długości jazu) wynosi $W = \frac{1}{2} \gamma H^2$, a składając ją z wypadkową ciężaru muru i ewen-



Rys. 66.

tualnie wody znajdującej się nad jazem, otrzymamy wypadkową obu sił (rys. 66.); punkt przecięcia z podstawą przy odsadce fundamentu powinien leżeć w obrębie jądra, aby nie nastąpiło ciągnięcie. Linję ciśnienia w całym przekroju otrzymamy, dzieląc trójkąt parcia wody i profil muru na paski poziome i składając pojedyncze siły zapomocą wieloboku sił. Stosugi muru kamiennego warstwowego korzystnie będzie przyjąć prostopadłe do linii ciśnienia.

Przy obliczaniu stałości jazu trzeba zwrócić uwagę na jedną okoliczność, a mianowicie na to, jaki stan wody przyjąć za podstawę obliczenia. Otóż najniekorzystniejsze warunki dla stałości jazu zachodzą wtedy, gdy istnieje największa różnica stanów wody powyżej i poniżej jazu, następuje to zaś wtedy, gdy na rzece panuje stan najniższy. Tylko na rzekach lub potokach o znacznym spadzie i znacznej wysokości jazu stałego, a zatem przy wielkiej grubości strugi wody przelewającej się przez jaz i małej głębokości wody dolnej (w razie wielkiego spadku), może parcie wody przy stanie najwyższym być znaczniejsze od parcia wody przy stanie najniższym.

Przytem pamiętać należy, że przed zaprojektowaniem budowli trzeba dobrze zbadać rzeczy dotychczas wykonane, których celowość i trwałość nie ulega wątpliwości i na nich oprzeć kształty i wymiary projektowanej budowli. Obliczenie teoretyczne jest ważne i potrzebne, gdyż pozwala nam krytycznie ocenić zaprojektowaną budowlę, oraz uniknąć niepotrzebnego marnowania materiału, lecz daje ono tylko pewne wskazówki, resztę uzupełnić musi doświadczenie praktyczne.

Prof. Rehbock¹⁾ oblicza jaz z uwagi na najwyższy stan wielkiej wody spiętrzonej, podwyższając go jeszcze o wysokość $\frac{v^2}{2g}$, odpowiadającą średniej chyżości wiekiej wody; ciśnienie dolnej wody zupełnie pomija. Przekrój oblicza kreśląc w zwykły sposób linię ciśnienia i dopuszczając wyłącznie ciśnienie, żąda zatem, aby wypadkowa z ciężaru muru, oraz parcia wody, przechodziła przez zewnętrzny punkt jądry. Rozszerzenie badania na szwy ukośne uważa za zbyteczne, a taksamo przyjmowanie otwartych szwów pod działaniem wyporu wody jako zbyt daleko idące, pomimo tego w dalszym ciągu przeprowadza obliczenie z uwzględnieniem także i tych założeń.

Zasadniczym punktem wyjścia jest u Rehbocka teoretyczny profil o najmniejszej ilości materiału, autor stara się ustawić równanie różniczkowe kształtu linii ograniczającej jaz po stronie dolnej.

Z rys. 67. otrzymuje się:

$$\frac{G}{W} = \frac{a}{x - b} ; G = \gamma_1 \int_0^y x dy ; W = \gamma \left(\frac{y}{2} + h_0 \right) y ;$$

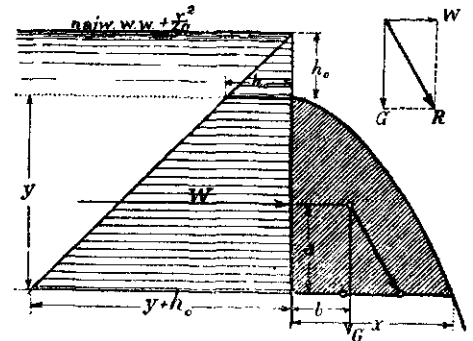
$$W \cdot a = \gamma \frac{(y+h_0)^2}{2} \cdot \frac{y+h_0}{3} - \gamma \frac{h_0^2}{2} \cdot \left(\frac{h_0}{3} + y \right) = \gamma \left(\frac{y^3}{6} + \frac{3y^2 h_0}{6} \right)$$

$a = \frac{y^2 + 3y h_0}{3y + 6h_0}$; położenie środka ciężkości pasków poziomych określałoby równanie:

$$b = \frac{\int_0^y \frac{x^2}{2} \cdot dy}{\int_0^y x dy} , \text{ jednak po wstawieniu wartości otrzymuje równanie nie dające się zcałkować.}$$

Jeżeli stan wody przyjmie się równo z koroną jazu, wtedy $h_0 = 0$

$$\frac{x}{y} = \frac{W}{G} = \frac{\frac{1}{2} \gamma y^2}{\frac{1}{2} \gamma_1 x y} = \frac{\gamma y}{\gamma_1 x} ; x = y \sqrt{\frac{\gamma}{\gamma_1}} ; \operatorname{tg} \alpha = \frac{x}{y} = \sqrt{\frac{\gamma}{\gamma_1}} ; \text{ dla } \gamma_1 = 2 t - 3 t, \gamma = 1 t, \alpha = 35^\circ 16' - 30^\circ.$$

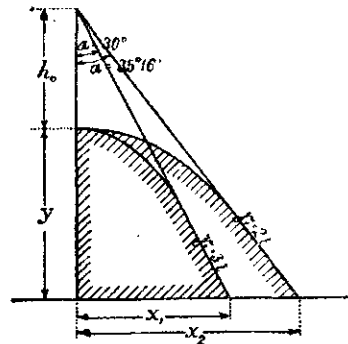


Rys. 67.

¹⁾ Handbuch der Ingenieurwissenschaften, Stauwerke 1912.

Otrzymuje się tu znany teoretyczny profil trójkątny, który jest także punktem wyjścia do obliczenia wysokich murów przegród dolin (rys. 68.).

Otóż Rehbock chcąc utworzyć profil odpowiadający jego pierwotnym założeniom, zatrzymuje kąt nachylenia skarpy dolnej jazu α , jednak linię $m-n$ rozpoczyna w punkcie największego spiętrzenia wielkiej wody, a wreszcie zaokrągla koronę jazu (rys. 69.), skutkiem czego profil do wysokości około $2h_0$ poniżej korony jazu odchodzi od profilu zasadniczego.



Rys. 69.

$$\begin{aligned} \text{Gdy } y &= 10 \text{ m, } h_0 = 0, & y &= 10 \text{ m } h_0 = 1 \text{ m} \\ x_1 &= 5.77 \text{ m} & x_1 &= 6.35 \text{ m} \\ x_2 &= 7.07 \text{ m} & x_2 &= 7.78 \text{ m} \end{aligned}$$

Prócz tego wprowadza Rehbock jeszcze jedną poprawkę, a mianowicie celem wzmocnienia jazu i stworzenia korzystnego profilu dla przepływu wody dodaje z tyłu pasek pionowy o grubości $\frac{h_0}{4}$

(rys. 70.) stwierdzając, że powstanie przez to ograniczenie korony, odpowiadające kształtowi dolnego ograniczenia strugi swobodnej, jaka się tworzy przy dostatecznym dostępie powietrza pod strugę.

Taki kształt uważa jednak za odpowiedni tylko dla jazów wysokich, dla jazów niskich aż do 5 m wysokości uważa za odpowiednie wzmocnienie jazu od strony dolnej wody i daje jazowi kształt trapezowego. Kształt takiego profilu oznacza w następujący sposób (rys. 71.):

Górną ścianę zatrzymuje pionową, h_0 , tj. spiętrzenie oznacza z warunków przepływu wody, c przyjmuje empirycznie $= 1.00 + \frac{h_0}{3} \text{ m}$. Przekrój będzie ustalony przez wartości p , c , α , przyczem kąt α ma być taki, aby linia ciśnienia przechodziła przez punkt jędrny od strony dolnej.

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{x}{t + c}; \quad \frac{G}{W} = \frac{a}{x - b}$$

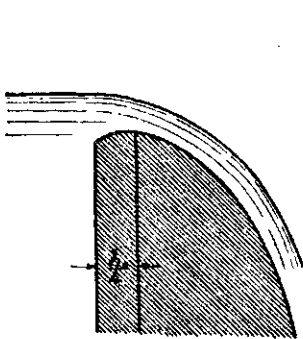
$$G = \gamma_1 t \frac{x + x_0}{2}; \quad W = \gamma t \left(\frac{t}{2} + h_0 \right); \quad a = \frac{t}{3} \frac{t + 3h_0}{t + 2h_0}$$

$b = \frac{x^2 + x x_0 + x_0^2}{3(x + x_0)}$; $\frac{x_0}{c} = \frac{x}{t + c}$; wstawiając te wartości, oraz powyżej podaną wartość $c = 1.00 + \frac{h_0}{3} \text{ m}$ otrzymuje się:

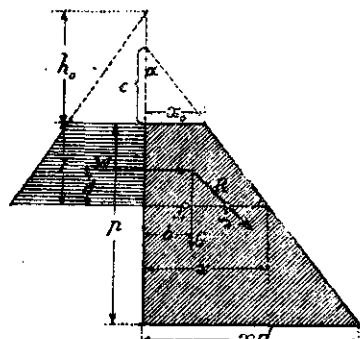
$$\operatorname{tg} \alpha = \sqrt{\frac{\gamma_1 p}{\gamma_1} \frac{p + 3h_0}{p^2 + 3p + p h_0 + \left(1 + \frac{h_0}{3}\right)^2}}$$

W ten sposób profil jest oznaczony, trzeba tylko zaokrąglić krawędzie i przyjąć łuk stanowiący przejście do podłoża.

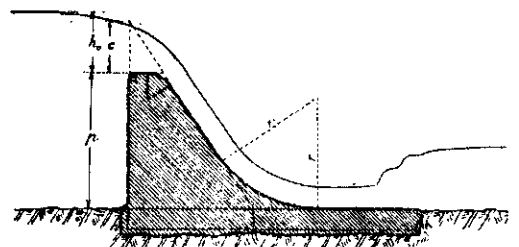
Rysunek 72. przedstawia typ jazu Rehbocka; autor przyjmuje $r = \frac{p}{2}$ do p .



Rys. 70.



Rys. 71.



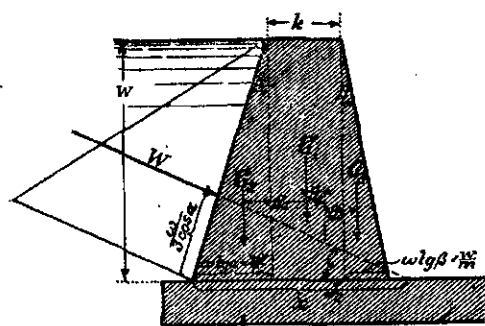
Rys. 72.

Jak widzimy, obliczenie Rehbocka oparte jest na założeniach dość dowolnych (pominięcie dolnej wody) i na empirycznych przyjęciach, a typ jaki tu wynikł zbliża się do dawniejszych typów jazów stałych.

Tyle o typach jazów o łagodnej dolnej skarpie, oraz wznowionym i zalecanym przez Rehbocka typie jazu podłożonego „Schusswehr“, który ma pewne zalety, a mianowicie korzystny kształt statyczny, tudzież korzystny kształt korony (jednak tylko w typie przeznaczonym dla wysokości powyżej 5-m). Nadaje się on przede wszystkim tam, gdzie w dnie rzeki znajduje się wytrzymała skała; gdzie poniżej

jazu jest materiał niewytrzymały, ruchomy, jaz taki nie byłby stosowny, a to z powodu konieczności wykonania długiego i kosztownego podłoża. W takim wypadku nadaje się lepiej jaz o stromej ścianie dolnej, jakkolwiek pod względem statycznym jest mniej korzystny. Ścianę tylną (od strony górnej wody) korzystnie jest dać pochyloną, choć ze względów statycznych z uwagi na przesunięcie jądra nie jest to wskazane, jednak ten niekorzystny wpływ usuwa częściowo korzystniejsze nachylenie kierunku parcia wody na górną ścianę jazu (parcie prostopadłe do ściany), nadto przez danie tej ścianie pewnego pochylenia, uzyska się większą grubość jazu u spodu, dodatkowy moment przeciwdziałający parciu wody, oraz większą oporność przeciw uderzeniom.

Rozchodziłoby się o oznaczenie teoretycznych wymiarów odpowiadających warunkom statycznym. Otóż, jak już powyżej podano, jaz liczyć należy na stan, przy którym powstanie najniekorzystniejsze parcie wody na jaz; będzie to niekoniecznie stan najwyższy, gdyż przy takim stanie dolna woda może się wysoko wznosić, a spiętrzenie może być stosunkowo niewielkie. Stosunkowo znaczne parcie wody na jaz powstaje, jeżeli przyjmiemy poziom spiętrzenia równo z koroną jazu, poniżej jazu zaś łożysko próżne, jak to następuje wtedy, gdy się całą małą wodę odprowadzi do kanału. Mamy tu jednostronne parcie wody i warunki ściśle ustalone, i dla tego przypadku możemy dokładnie oznaczyć wymiary jazu, a otrzymane typy stosować dla orientacji w praktycznych wypadkach. O ile z dalszego badania okaże się, że większe parcie powstaje przy spiętrzonej wielkiej wodzie, to przekrój teoretyczny trzeba będzie odpowiednio wzmocnić i przez obliczenie sprawdzić.



Rys. 73.

Weźmy pod uwagę kształt ogólny (rys. 73.), mający koronę o szerokości k , skarpę górną nachyloną pod kątem α , skarpę dolną pod kątem β , wysokość jazu niech wynosi w . Pytanie jest, jaka ma być szerokość korony jazu k , przy danej wysokości jazu w , oraz danych stosunkach pochylenia skarp $\operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{n}$, oraz $\operatorname{tg} \beta = \frac{1}{m}$?

Przyjmując, że wypadkowa ze wszystkich sił działających musi przejść przez punkt jędrny po stronie dolnej wody, otrzymujemy następujące równanie momentów z uwagi na ten punkt: (γ_1 oznacza ciężar właściwy muru, γ ciężar właściwy wody kładziemy równy 1).

$$\begin{aligned} - G_1 g_1 - G_2 g_2 + G_3 g_3 + W i &= 0, \text{ a wstawiając wartości otrzymuje się:} \\ - \gamma_1 w k \left\{ \frac{2}{3} \left(k + \frac{w}{m} + \frac{w}{n} \right) - \frac{w}{n} - \frac{k}{2} \right\} - \frac{\gamma_1 w^2}{2n} \frac{2}{3} \left\{ k + \frac{w}{m} + \frac{w}{n} - \frac{w}{n} \right\} + \\ + \frac{\gamma_1 w^2}{2m} \left\{ \frac{1}{3} \left(k + \frac{w}{m} + \frac{w}{n} \right) - \frac{2}{3} \frac{w}{m} \right\} + \frac{1}{2} \frac{w^2}{\cos \alpha} i &= 0 \\ - \frac{\gamma_1 w k}{6} \left(k + 4 \frac{w}{m} - 2 \frac{w}{n} \right) - \frac{\gamma_1 w^2}{6} \left(\frac{2k}{n} + \frac{2w}{mn} \right) + \frac{\gamma_1 w^2}{6} \left(\frac{k}{m} + \frac{w}{mn} - \frac{w}{m^2} \right) + \\ + \frac{w^2}{6} \frac{3 i}{\cos \alpha} &= 0 \end{aligned}$$

$$\frac{w}{3 \cos \alpha} = x \sin \alpha; \quad x = \frac{w}{3 \sin \alpha \cos \alpha}; \quad i = \left\{ \frac{w}{3 \sin \alpha \cos \alpha} - \frac{2}{3} \left(k + \frac{w}{m} + \frac{w}{n} \right) \right\} \sin \alpha$$

$$i = \frac{w}{3 \cos \alpha} - \frac{2}{3} \left(k + \frac{w}{m} + \frac{w}{n} \right) \sin \alpha$$

wstawiając tę wartość otrzymujemy:

$$\begin{aligned} - \gamma_1 w k \left(k + 4 \frac{w}{m} - 2 \frac{w}{n} \right) - \gamma_1 w^2 \left(\frac{2k}{n} + \frac{2w}{mn} \right) + \gamma_1 w^2 \left(\frac{k}{m} + \frac{w}{mn} - \frac{w}{m^2} \right) + \\ + \frac{w^2}{\cos \alpha} \left\{ \frac{w}{\cos \alpha} - 2 \left(k + \frac{w}{m} + \frac{w}{n} \right) \sin \alpha \right\} &= 0 \end{aligned}$$

Po uporządkowaniu otrzymuje się:

$$k^2 + \left(\frac{3}{m} + \frac{2}{\gamma_1 n} \right) w k = \left(\frac{n^2 - 1}{\gamma_1 n^2} - \frac{1}{m^2} - \frac{\gamma_1 + 2}{\gamma_1 m n} \right) w^2$$

$$k = \left\{ \left(-\frac{3}{2m} + \frac{1}{\gamma_1 n} \right) + \sqrt{\left(\frac{3}{2m} + \frac{1}{\gamma_1 n} \right)^2 + \frac{n^2 - 1}{\gamma_1 n^2} - \frac{1}{m^2} - \frac{\gamma_1 + 2}{\gamma_1 m n}} \right\} w$$

Przyjmując skarpe przednią (dolną) stromą np. $tg \beta = \frac{1}{m} = \frac{1}{6}$, dalej nachylenie skarpy tylnej (górnej) jazu w stosunku $\frac{1}{n} = tg \alpha = \frac{1}{5}, \frac{1}{4}, \frac{1}{3}$, oraz ciężar właściwy muru $\gamma_1 = 2 t, 2.5 t$ i $3 t/m^3$, otrzymuje się następujące wymiary korony jazu:

Tabela szerokości korony jazu k w metrach.

1) $tg \beta = 1:6, (m = 6).$

Wysokość jazu w	$\gamma_1 = 2.0 t$			$\gamma_1 = 2.5 t$			$\gamma_1 = 3.0 t$		
	$tg \alpha = \frac{1}{5}$	$tg \alpha = \frac{1}{4}$	$tg \alpha = \frac{1}{3}$	$tg \alpha = \frac{1}{5}$	$tg \alpha = \frac{1}{4}$	$tg \alpha = \frac{1}{3}$	$tg \alpha = \frac{1}{5}$	$tg \alpha = \frac{1}{4}$	$tg \alpha = \frac{1}{3}$
1 m	0.36	0.33	0.275	0.31	0.28	0.23	0.26	0.24	0.19
2 „	0.72	0.66	0.55	0.62	0.56	0.46	0.52	0.48	0.38
3 „	1.08	0.99	0.825	0.93	0.84	0.69	0.78	0.72	0.58
4 „	1.44	1.32	1.10	1.24	1.12	0.92	1.04	0.96	0.77
5 „	1.80	1.65	1.375	1.55	1.40	1.15	1.30	1.20	0.96
6 „	2.16	1.98	1.65	1.86	1.68	1.38	1.56	1.44	1.15

2) $tg \beta = 1:10, (m = 10).$

Wysokość jazu w	$\gamma_1 = 2.0 t$			$\gamma_1 = 2.5 t$			$\gamma_1 = 3.0 t$		
	$tg \alpha = \frac{1}{5}$	$tg \alpha = \frac{1}{4}$	$tg \alpha = \frac{1}{3}$	$tg \alpha = \frac{1}{5}$	$tg \alpha = \frac{1}{4}$	$tg \alpha = \frac{1}{3}$	$tg \alpha = \frac{1}{5}$	$tg \alpha = \frac{1}{4}$	$tg \alpha = \frac{1}{3}$
1 m	0.45	0.42	0.37	0.395	0.37	0.335	0.335	0.34	0.295
2 „	0.90	0.84	0.74	0.79	0.74	0.67	0.71	0.68	0.59
3 „	1.35	1.26	1.11	1.185	1.11	1.005	1.065	1.02	0.885
4 „	1.80	1.68	1.48	1.58	1.48	1.34	1.42	1.36	1.18
5 „	2.25	2.10	1.85	1.975	1.85	1.675	1.775	1.70	1.475
6 „	2.70	2.52	2.22	2.37	2.22	2.01	2.13	2.04	1.77

3) W razie jeżeli damy przednią skarpe pionową (rys. 74.), $tg \beta = 0$, a równanie na k upraszcza się ($m = \infty$):

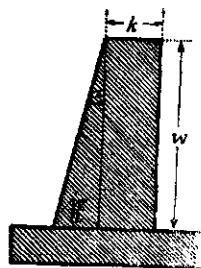
$$k = \left(-\frac{1}{\gamma_1 n} + \sqrt{\left(\frac{1}{\gamma_1 n} \right)^2 + \frac{n^2 - 1}{\gamma_1 n^2}} \right) w$$

Wymiary korony podaje następująca tabela:

3) $tg \beta = 0.$

Wysokość jazu w	$\gamma_1 = 2.0 t$			$\gamma_1 = 2.5 t$			$\gamma_1 = 3.0 t$		
	$tg \alpha = \frac{1}{5}$	$tg \alpha = \frac{1}{4}$	$tg \alpha = \frac{1}{3}$	$tg \alpha = \frac{1}{5}$	$tg \alpha = \frac{1}{4}$	$tg \alpha = \frac{1}{3}$	$tg \alpha = \frac{1}{5}$	$tg \alpha = \frac{1}{4}$	$tg \alpha = \frac{1}{3}$
1 m	0.60	0.57	0.53	0.545	0.51	0.49	0.50	0.48	0.445
2 „	1.20	1.14	1.06	1.09	1.02	0.98	1.00	0.96	0.89
3 „	1.80	1.71	1.59	1.635	1.53	1.47	1.50	1.44	1.335
4 „	2.40	2.28	2.12	2.18	2.04	1.96	2.00	1.92	1.78
5 „	3.00	2.85	2.65	2.725	2.55	2.45	2.50	2.40	2.225
6 „	3.60	3.42	3.18	3.27	3.06	2.94	3.00	2.88	2.67

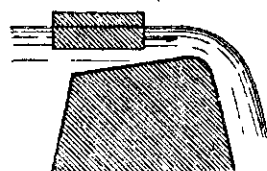
Obliczone tu teoretyczne wymiary przekroju poprzecznego jazu stałego odpowiadają warunkom praktycznym jakie zachodzą, jeżeli dna rzeki lub potoku nie tworzy zwięzła skała. Przekroje te nie są oparte na profilu trójkątnym odpowiadającym minimum materiału, ale też taki profil, jak to widocznem jest z obliczenia podanego przez Rehbocka, daleko odbiega od wymogów praktycznych, a konieczne praktyczne zmiany deformują go w ten sposób, że staje się niepodobnym do pierwowzoru.



Rys. 74.

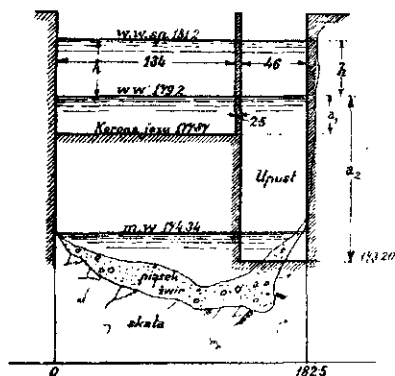
I w typach tu obliczonych konieczne będą pewne praktyczne poprawki, przede wszystkim typy pod 1) i 2) mają przy mniejszych wysokościach zbyt wąskie korony. Korona z uwagi na uderzenia przedmiotów płynących, lub kry, musi mieć pewną znacznie szerszą szerokość, otóż najodpowiedniej będzie koronę rozszerzyć wstecz, dodając pasek powierzchni po stronie górnej obliczonego profilu. Nadto w celu ułatwienia przepływu wody trzeba ostre krawędzie zaokrąglić, a wreszcie aby ułatwić przejście przedmiotów płynących i kry, należy koronie dać wzniesienie w stronie dolnej wody (rys. 75.). To wzniesienie wpływa także korzystnie na odpływ wody, gdyż jak wiadomo jazy o szerokiej koronie mają mały współczynnik odpływu „.

Przyjęty przekrój należy następnie zbadać pod względem statycznym także i z uwagi na najwyższy stan wody, uwzględniając jednak naturalnie dolną wodę, dalej można badać z uwzględnieniem wyporu wody, oraz szwów ukośnych, jak to uczyniono w następującym przykładzie.



Rys. 75.

Przykład. W danym profilu rzeki (rys. 76.) ma być wykonany jaz stały, spiętrzający małą wodę o 3,5 m; spiętrzenie wielkiej wody h nie może być większe jak 2 m, to znaczy, że spiętrzona wielka woda wzniesie się może najwyżej do rzędnej 181,20.



Rys. 76.

Spadek W. W.	$J = 0,001$
szerokość zwierciadła W. W.	$S = 183 \text{ m}$
powierzchnia przekroju W. W.	$P = 1024 \text{ m}^2$
średnia głębokość przekroju W. W.	$Tm = 5,6 \text{ m}$
średnia chyżość przekroju W. W. (oznaczona z formuły empirycznej) $Vm = 3,75 \text{ m}$	
objętość W. W.	$Q = 3840 \text{ m}^3/\text{sek}$

Koronę jazu stałego przyjmujemy na rzędnej 177,87 m, a w jazie upust dla wielkiej wody, który będzie zarazem upustem płuczącym. Sumaryczną długość jazu przyjmujemy 180 m, próg upustu dla W. W. na rzędnej 173,20.

Objętość przepływu obliczy się z formuły:

$$Q = b \sqrt{2g} \left[\frac{2}{3} \mu \left\{ (h+k)^{3/2} - k^{3/2} \right\} + \mu_1 a \sqrt{h+k} \right]$$

$$k = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{Q^2}{2g} \frac{1}{(P+Sh)^2} = \frac{3840^2}{2 \cdot 9,81 \cdot (1024 + 183,2)^2} = 0,40 \text{ m}$$

$$\text{Na } 1 \text{ m } b \text{ jazu stałego przepływie } q_1 = \sqrt{2g} \left[\frac{2}{3} 0,75 \left\{ (2 + 0,4)^{3/2} - 0,4^{3/2} \right\} + 0,63 \cdot 1,33 \sqrt{2,4} \right]$$

$$\text{" " upustu " " } q_2 = \sqrt{2g} \left[\frac{2}{3} 0,75 \left\{ (2 + 0,4)^{3/2} - 0,4^{3/2} \right\} + 0,90 \cdot 6 \sqrt{2,4} \right]$$

$$q_1 = 13,4 \text{ m}^3/\text{sek} \quad , \quad q_2 = 44,7 \text{ m}^3/\text{sek}$$

$$\text{Przyjmując długość jazu stałego } 134 \text{ m, otrzymuje się } Q_1 = 1795,6 \text{ m}^3/\text{sek}$$

$$\text{" " upustu } 46 \text{ " " " " } Q_2 = 2056,2 \text{ "}$$

$$\text{razem } 180 \text{ m " " " " } Q = 3841,8 \text{ m}^3/\text{sek},$$

a więc objętość zgodną z powyższą objętością W. W.

Wobec znacznego spiętrzenia wielkiej wody przyjmujemy typ o dużej szerokości korony, a mianowicie według tabeli 3-ej ($\text{tg } \beta = 0$, $\text{tg } \alpha = 1$) i oznaczmy szerokość korony według wysokości 4,5 m, tj. aż do dna zagłębienia w podłożu jazu (poduszki wodnej) (rys. 77.).

Dla $w = 4,5 \text{ m}$, $\gamma_1 = 2,5 t$, $k = 2,30 \text{ m}$; profil jazu podaje rysunek (figura a-b-c-d).

1) Obliczenie graficzne dla stanu wody równo z koroną jazu (dla małej wody spiętrzonej).

Ciężar muru $G_1 = 32 \cdot 175 t$, parcie wody (według trójkąta parcia I) $W_1 = 10 \cdot 44 t$.

Wypadkowa przechodzi przez zewnętrzny punkt jędrny J_2 .

2) Ponieważ spiętrzenie wielkiej wody wynosi 2 m przeto obliczenie sprawdzić należy z uwagi na parcie przy wielkiej wodzie spiętrzonej. Wtedy zamiast trójkąta parcia (I), będziemy mieli prostokąt parcia (II) o krótszym boku = 2 t.

Przyjmujemy tensam ciężar muru $C_1 = 32.175 t$; parcie wody będzie wprowadzić mniejsze $W_2 = 9.28 t$, jednak niekorzystniej położone, bo zaczepia nie w jednej trzeciej, lecz w połowie wysokości. Wypadkowa przecina podstawę w punkcie J_2 , który leży poza jądrem przekroju; przesuwając ograniczenie dolne jazu z punktu c do c_1 , to znaczy rozszerzając podstawę o $0.25 m$, uzyskujemy i w tym wypadku, że wypadkowa sił działających przechodzić będzie przez zewnętrzny punkt jądry J_2' .

3) Ograniczając upust płuczający tylko do bardzo małego otworu i przeprowadzając jaz stały prawie przez całe koryto rzeki, otrzymujemy spiętrzenie wielkiej wody $h = 3 m$. W takim razie parcie wody na jaz przedstawia się jako prostokąt (III), o mniejszym boku $= 3 t$. Parcie wody będzie w tym wypadku znacznie większe jak dla spiętrzonej małej wody i wynosi:

$W_3 = 13.92 t$, nadto zaczepia w środku wysokości. Widać z góry, że przekrój będzie za słaby, dlatego rozszerzamy stopę o $0.75 m$, tj. do punktu c_2 , dając przedniej skarpie $b-c_2$ nachylenie 6:1. Ciężar muru wynosi teraz $C_2 = 36.4 t$, a środek ciężkości muru przesuwa się z S_1 do S_2 . Wypadkowa sił przechodzi przez zewnętrzny punkt jądry J_2'' nowego przekroju.

W obliczeniu pominięto ciężar warstwy wody spoczywającej na koronie jazu; jeżeli go uwzględnimy, to mamy dodatkowe obciążenie pionowe warstwą wody $4.33 m$ grubą, czyli na szerokość korony $2.3 m$ wynosi ono $9.96 t$. Wobec tego w planie sił przedłuża się ciężar pionowy o $r-s$, a wypadkowa przyjmuje jeszcze korzystniejszy kierunek P_3-s , skutkiem czego możnaby zmniejszyć szerokość jazu u spodu o $0.17 m$.

Uwzględniając według Lieckfeldta²⁾ wpływ przyjęcia otwartych szwów i wyporu wody, musimy (rys. 78.) jak wiadomo figurę rozkładu natężeń w szwie poziomym $b-b'-c$ zamienić na figurę $b-d-e-f-b'$, przyjmując, że w danym szwie ciśnienie nie może w żadnym punkcie spaść poniżej wielkości odpowiadającej wyporowi wody h . (Jeżeli wysokość stanu wody nad szwem jest H to $h = \frac{H}{10} kg/cm^2$).

Nazywając literą x długość części szwu o większym obciążeniu jak wypór wody, zaś a wielkość ciśnienia krawężnego, wreszcie l długość całego szwu, otrzymamy wielkości x , oraz a z warunku, że suma algebraiczna sił pionowych, oraz suma algebraiczna momentów z uwagi na środek szwu muszą być równe 0.

Nazywając prostokąt wyporu wody $b d d' b'$ literą W , trójkąt ciśnienia $e f d' C$, składową pionową wypadkowej R w danym szwie Y , mamy:

$$Y = W + C = h \cdot l + \frac{(a-h)x}{2}$$

$$Y \cdot e = (Y - W) \left(\frac{l}{2} - \frac{x}{3} \right) = \frac{a-h}{2} x \left(\frac{l}{2} - \frac{x}{3} \right)$$

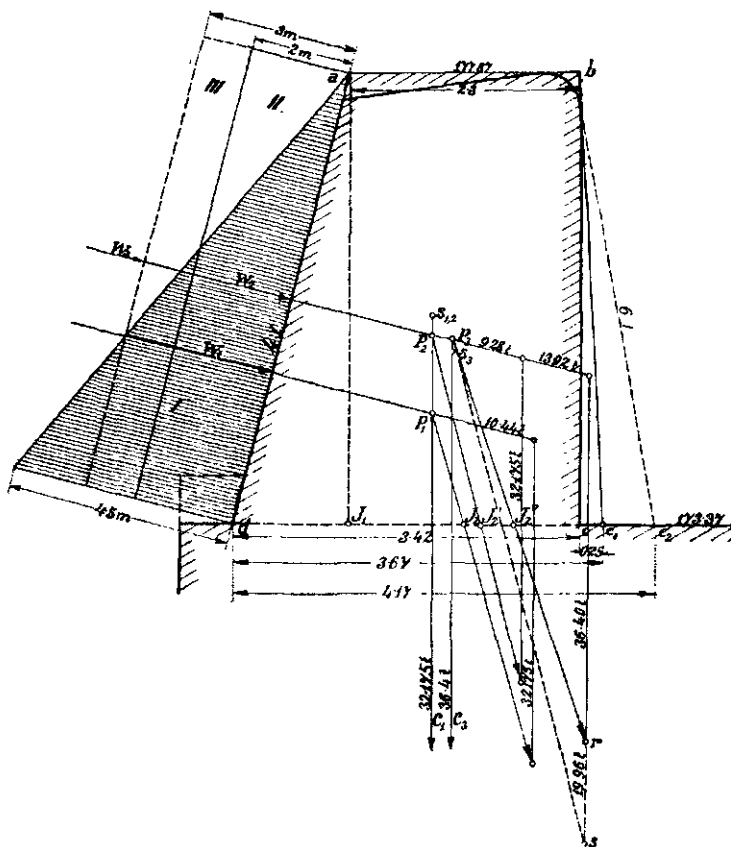
Z równań tych otrzymuje się:

$$x = \frac{2(Y-hl)}{a-h}$$

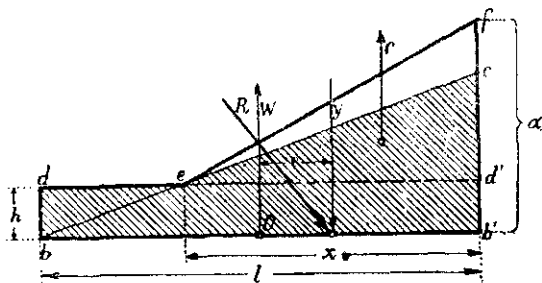
$$a = h + \frac{4(Y-hl)^2}{3l(Y-hl) - 6Ye}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} Y = 34.75 t \\ l = 3.42 m \\ e = \frac{1}{2} l - \frac{1}{3} l = \frac{1}{6} l = 0.57 m \\ h = \frac{4.5}{10} = 0.45 kg/cm^2 \end{array} \right.$$

W przypadku 1) (stan wody równo z koroną jazu) mamy:



Rys. 77.



Rys. 78.

¹⁾ Rachując dokładniej należałoby uwzględnić obustronne trójkąty parcia, z powodu różnych nachyleń obu ścian muru.

²⁾ „Die Standsicherheit von Staumauern mit offenen Lagerfugen“, Zentralblatt der Bauverwaltung 1898.

Wyrażając wszystkie wymiary w *kg* i *cm* na 1 *cm* bieżący jazu otrzymuje się:

$$a = 0.45 + \frac{4 \cdot (347.5 - 0.45 \cdot 342)^2}{3 \cdot 342 \cdot (347.5 - 0.45 \cdot 342) - 6 \cdot 347.5 \cdot 57}$$

$a = 0.45 + 1.90 = 2.35 \text{ kg/cm}^2$, podczas gdy natężenie krawężne bez uwzględnienia wyporu wody wynosi:

$$\tau = \frac{2Y}{l} = \frac{2 \cdot 347.5}{342} = 2.03 \text{ kg/cm}^2.$$

Jak widzimy natężenia są bardzo małe, wytrzymałości materiału nie wyciskujemy zupełnie, nadto wzrost natężenia wskutek założenia otwartych stosug jest nieznaczny, przeto praktycznie biorąc obliczenie to może odpaść. Taksamo przyjmowanie szwów ukośnych nie jest potrzebne, zwłaszcza przy jazach o stromej przedniej skarpie.

2. Jazy żelazno-betonowe.

Konstrukcje te rozwinęły się w ostatnich kilkunastu latach w Ameryce północnej, w Europie zastosowanie ich jest dotąd niewielkie. W zasadzie rozróżnić można trzy rodzaje konstrukcji, w których zastosowano beton uzbrojony:

a) jazy betonowe o pełnym przekroju, wzmocnione wkładkami żelaznymi; takie uzbrojenie widzieliśmy przy jazach przedstawionych na figurach 8. i 9. tablicy II-ej;

b) jazy żelazno-betonowe do małych spiętrzeń, wykonane nakszaft jazów drewnianych z pali i ścian szczelnych, oraz podłoża;

c) właściwe jazy żelazno-betonowe, składające się z ukośnej ściany spiętrzającej i filarów podpierających.

W tym ostatnim typie odróżnić należy dwa rodzaje:

1) jazy od strony dolnej otwarte i

2) jazy od strony dolnej zamknięte, to znaczy ze wszystkich stron pokryte płytą żelazno-betonową.

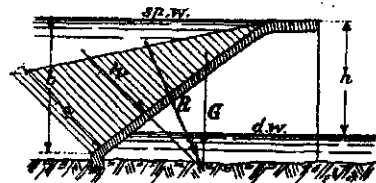
Pierwszy rodzaj charakteryzuje podany na fig. 15. tabl. II. jaz pod Theresa w stanie New-York, wykonany w r. 1903., stanowiący jedną z pierwszych konstrukcji tego rodzaju. Jak widać z rysunku jaz ten posiada tylko silny próg betonowy, płytę ukośną spiętrzającą i koronę, natomiast od strony dolnej jest otwarty. Wkładki żelazne stanowi siatka wycinana z blachy stalowej, zatem o stałych węzłach, nad nią znajdują się pręty biegnące wzdłuż jazu, o średnicy 2 *cm*, których odstęp zmniejsza się ku dołowi z 28 na 20 *cm*. Na koronie wykonano twardą wyprawę cementową. Płyta spiętrzająca 0,15 *m* grubości, oparta jest na filarkach 30 *cm* grubych, w odstępach 1,85 *m* rozstawionych. W płycie użyto betonu o stosunku mieszaniny 1:2:4, we filarkach 1:3:6. Cały jaz wykonany jest na skale, dlatego nie wykonano tu osobnego podłoża; filarki zakotwiono do skały zapomocą trzpieni żelaznych 90 *cm* długich, 3,2 *cm* średnicy.

Długość jazu wynosi 36,6 *m*; po założeniu szablonów całą robotę wykonało 10-ciu robotników w 18-tu dniach.

Jaz pod Schuyerville¹⁾ (New-York), wykonany w r. 1904., posiada kształt dachu, przykrytego ze wszystkich stron powłoką żelazno-betonową. Długość jazu wynosi 76,2 *m*, wysokość 8 *m*, podpierają go filary (ściany przedziałowe), rozmieszczone w odstępach 2,46 *m*, których grubość wzrasta od góry do dołu w trzech odsadzkach od 30 — 46 *cm*. Płyta żelazno-betonowa stanowiąca pokrycie jazu, ma u spodu grubość 24 *cm*, u góry 20 *cm*, na koronie 46 *cm*. Uzbrojenie stanowi oprócz prętów żelaznych także siatka druciana. Ściany przedziałowe rozparte są trzema belkami żelazno-betonowymi (0,23×0,38) i posiadają dwa otwory, z których górnym przeprowadzono kładkę do przechodu, oświetloną lampami wiszącymi, natomiast dolny służy do wyrównania zwierciadła dolnej wody wewnątrz jazu. W koronie jazu umieszczone są co 1,22 *m* rurki, w które zakłada się haki, służące do oparcia ścianki celem podwyższenia spiętrzenia (fig. 16^a). Poniżej korony wykonano w powłoce otwory, celem wyrównania ciśnienia powietrza wewnątrz jazu z ciśnieniem zewnętrznym. Wykonanie trwało zaledwie 3½ miesiąca. Beton w płycie zmieszany jest w stosunku 1:2:4, we filarach 1:3:6; średnica największych ziarn żwiru wynosi w płycie 2 *cm*, w filarach 6 *cm*.

¹⁾ Handbuch für Eisenbetonbau IV. Bd. Wasserbau Berlin 1910., Engineering News 1905.

Jazy żelazno-betonowe tej konstrukcji odznaczają się prostotą ustroju, niezwykle małą ilością materiałów budowlanych, oraz krótkim czasem wykonania. Płyta spiętrzająca wodę nachylona jest do poziomu pod kątem trzydziestu kilku do 45° , korzystnem jest tu wyzyskanie parcia wody do wytworzenia warunków stałości jazu (rys. 79.). Parcie wody przyciska jaz do podstawy i wytwarza tarcie przeciwdziałające przesunięciu. Wypadkowa z parcia wody i ciężaru nie powinna odchyłać się od pionu więcej jak o 30° i pozostawać w obrębie jądra przekroju poziomego filarów. Wtedy filary narażone będą tylko na ciśnienie; natężenie dopuszczalne przyjmuje się do 25 kg/cm^2 . Płytę pokrywającą wykonywano dawniej jako jednostajną, bez przerwy, obecnie wykonują ją z pojedynczych tafli, opierających się na filarach i oddzielonych poziomymi szwami. Obliczać ją należy na parcie wody jako płytę wolno podpartą; — w amerykańskich przykładach przyjmowano dla betonu natężenie na ciśnienie 35 kg/cm^2 , dla żelaza na ciągnięcie 1000 kg/cm^2 .



Rys. 79.

Najwięcej jazów tego rodzaju wykonano na gruncie skalistym, choć istnieją przykłady wykonania także i na gruncie przepuszczalnym (fig. 17. tabl. II.). Wtedy jednak trzeba zapuścić pionowe mury żebrowe (jeden lub więcej), biegnące w kierunku długości jazu, lub ścianę szczelną żelazno-betonową, sięgającą aż do warstwy nieprzepuszczalnej, a cały spód jazu wykonać jako płytę podstawową żelazno-betonową z otworami drenowymi, celem uniknięcia ciśnienia wody od spodu¹⁾. Schultze radzi wykonać w płycie pokrywającej urządzenia dylatacyjne, gdyż z powodu zmian ciepłoty może korona jazu popękać.

Celem uszczelnienia jazu i utrudnienia przeciekania wody, dawano także od strony górnej jazu nasyp ziemny z materiału nieprzepuszczalnego, podobnie jak się to robi przy przegrodach dolin.

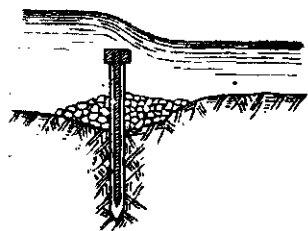
Na uwagę zasługuje pomysł inżyniera Shurcha, który proponuje konstrukcję przedstawioną na fig. 18. tabl. II. Chodzi tu o zmniejszenie kosztów jazu przez użycie płyty podstawowej jako podłoża. W tym celu koronę jazu trzeba wykonać jako ruszt; woda przelewająca się przez otwory w koronie dostawałaby się do wnętrza jazu, gdzie spadałaby na podłoże wodne, dalszy zaś napór wody zniesionyby był przez płytę podstawową. Pomysł ten dość zajmujący komplikuje jednak konstrukcję i usuwa bezpośrednią kontrolę stanu budowli, właśnie w miejscach, gdzie jest ona najwięcej narażona.

Jazy żelazno-betonowe, posiadające przedziały, dają jeszcze i tę korzyść, że przedziały te mogą być zużytkowane na różne cele; umieszczenie turbin, a nawet i całych zakładów silnicowych w obrębie jazu zostało już w Ameryce wykonane.

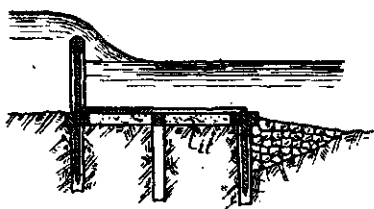
3. Jazy stałe drewniane.

Jazy stałe drewniane stosowne są do wykonania przy małych spiętrzeniach i w tych wypadkach, gdzie użycie innych materiałów podniosłoby znacznie koszt; przede wszystkim odpowiednie są przy urządzeniach na krótki czas obliczonych. Wyjątkowo stosowano je i do znacznych spiętrzeń, a trwanie ich można przedłużyć, jeżeli materiał drzewny jazu utrzymuje się stale w stanie wilgotnym. W lesistych okolicach górskich często zachodzą takie warunki, że wykonanie jazu stałego drewnianego będzie ekonomiczne, zwłaszcza wobec tego, że jaz wykonany być może w zupełności miejscowymi siłami i materiałami.

Konstrukcje tego rodzaju niewiele się w ciągu czasu zmieniają, dlatego typy jakie tu podamy są od wielu lat stosowane.



Rys. 80.



Rys. 81.

Przy małych wysokościach (do 1 m) może być wykonany jaz jako zwykła ściana szczelna bita, zaopatrzona palami kierującymi, oraz kleszczami, ewentualnie kapturem; poniżej znajduje się podłoże wykonane jako narzut kamienny, lub jako podłoga drewniana (rys. 80. i 81.).

¹⁾ Handbuch für Eisenbetonbau, Wasserbau „Wehre“.

Jeżeli jaz jest wyższy (powyżej 1 metra), natenczas na palisadzie i kleszczach osadza się kaptur, a na nim słupy z wpustami i ścianę zakładaną (rys. 19. tabl. II.); słupy muszą być wtedy podparte zastrzałem opartym o belki podłoża, a ponieważ skutkiem tego są narażone na wyrwanie, zatem muszą być z kapturem, tudzież z palami bitymi silnie związane zapomocą żelaznych opasek. Tę konstrukcję wykonuje się jednak w razie budowy nowego jazu w ten sposób, że najpierw bije się ścianę szczelną z palami kierującymi na całą wysokość jazu i podpira u góry zastrzałem, a dopiero gdy część górna w ciągu czasu zniszczeje, obcina się ją i buduje część nasadzoną. Podłoże stanowią ramy z belek osadzonych na kapturach pali bitych, oraz podłoga z brusów, wreszcie oskaławanie.

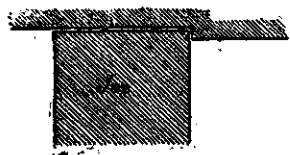
Jaz wyższy dawnego typu przedstawia fig. 20. tabl. II. Widzimy tu trzy ściany szczelne; całkowita konstrukcja drewniana składa się z szeregow pali, kapturów i podłogi z brusów 6—10 cm grubych; poniżej podłoża ubezpieczono dno materacem faszynowym i narzutem kamiennym, wewnątrz wypełniono starannie ubijanym łem w cienkich warstwach. Dziś konstrukcja taka, wymagająca wielkich ilości materiału i wielkiego nakładu pracy byłaby za kosztowna.

Jazy drewniane trudne są do wykonania, jeżeli dno rzeki stanowi skała, gdyż wtedy pali i ścian nie można wbijać, można tylko w danym razie wywiercać w skale otwory i osadzać w nich słupy, a na nich oprzeć ściany zakładane. Jeżeli jednak słup podparty jest zastrzałem, natenczas jest narażony na wyrwanie, wobec czego powinien być zakotwiony. Pestalozzi przepuszczał przez słup trzpień żelazny u spodu rozdwojony (rys. 21. tabl. II.), zaopatrzony klinem, przez pobicie słupa klin rozsuwał obie części trzpienia, które oparły się silnie o ściany otworu; następnie otwór trzeba było zalewać siarką lub ołowiem. Zamiast tego prostszem będzie wykonanie na dnie rzeki ławy betonowej po wylupaniu wierzchniej zwietrzałej warstwy skały, osadzenie na niej słupów i zakotwienie ich do tej ławy, jak to przedstawia rys. 22. tabl. II.

Istnieją wreszcie liczne konstrukcje będące kombinacją drzewa i kamienia, jak na przykład jaz przedstawiony na rys. 23. tabl. II. Wykonany jest na skale w dwóch stopniach i posiada dwie ściany zakładane, oparte na słupach, oraz dwie podłogi, z których dolna jest podłożem dla górnej. Wypełnienie jazu stanowi kamień i jakkolwiek ani ściany zakładane, ani wypełnienie nie jest szczelne, to jednak po pewnym czasie jaz się zamula i staje się szczelnym.

Wykonanie jazów drewnianych na skale wymaga dania im odpowiednio szerokiej podstawy i ciężaru, aby opór przeciw przesunięciu był jak największy; szerokość spodu równać się powinna przynajmniej wysokości. Ostatni z przedstawionych jazów zbliża się już do tz. jazów kaszycowych, tj. jazów wykonanych ze skrzyń drewnianych i wypełnienia z kamienia, ryniaków, lub żwiru. Takie jazy istnieją u nas w górach i uzyskano zapomocą nich nieraz znaczne spiętrzenia; wielką liczbę jazów kaszycowych wykonano w Ameryce północnej i Norwegii. Jaz taki przedstawia fig. 23. tabl. II-ej. Skrzynie o bokach 2—3 m długości mogą być wykonane z drzewa okrągłego, na bokach trochę przyciosanego, lub z belek prostokątnych, na skrzyżowaniach odpowiednio zaciętych, połączonych kołkami drewnianymi, gwoździami i klamrami. Celem uszczelnienia pokrywa się ścianę górną i koronę dylami, a stosugi można jeszcze specjalnie uszczelnić. Jazy takie wykonuje się najczęściej na skale, choć nie jest wykluczone także wykonanie ich na gruncie luźnym, wtedy jednak trzeba uszczelnić spód zapomocą ścian szczelnych.

Ważną rzeczą jest odpowiednie dostosowanie kaszyc do gruntu skalistego, na którym jaz ma spocząć; skała ma być przez usunięcie wierzchniej zwietrzałej części wyrównana, ewentualnie założone



Rys. 82.

w dnie odsadzki, a kaszycy tak do nich dostosowane, aby były dobrze podparte, nadto aby nigdzie nie pozostały miejsca próżne. Dodać należy, że kaszycy nie powinny się wspierać o mury brzegowe, lecz i tu muszą mieć możność swobodnego poddawania się, a przytem połączenie z brzegiem musi być szczelne; dobrze jest dać w tem miejscu odsadzkę w bulwarze (rys. 82.).

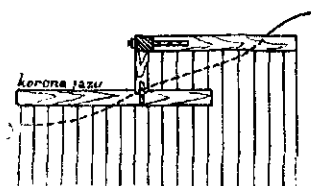
Ważną rzeczą jest również ubezpieczenie stopy; przy dużych spiętrzeniach woda przelewająca się może nawet i miększą skałę podmyć. Najodpowiedniej będzie wykonać podłoże również z kaszyc, a jaz ma wtedy

kształt jazu stopniowego, jak to przedstawia rysunek 24. tabl. II.

Szereg konstrukcji jazów drewnianych o racjonalnym kształcie, przeznaczonych dla dużych spiętrzeń (jazy piętrowe), wraz z zasadami obliczenia, podał prof. Rychter¹⁾.

¹⁾ Budowa jazów, autografia, Lwów 1886.

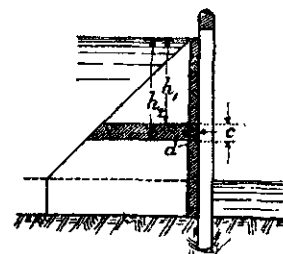
Jeżeli bulwary przy jazach drewnianych są również z drzewa (czego w zasadzie należy unikać), musi ścianka szczelna wchodzić na kilka metrów w brzegi, nadto wznosić się poza bulwarem aż do poziomu wielkiej wody (rys. 83.), a to celem uniemożliwienia przeciekania wody przez brzegi.



Ryc. 83.

piloty, o ile nie będą wbijane w grunt zbyt twardy, mogą być z drzewa miękiego.

Wytrzymałość ścianki zakładanej (rys. 84.). Ścianka zakładana oparta jest na słupach w odstępie b , wysokość wody nad górną krawędzią brusa wynosi h_1 , nad dolną h_2 , zatem parcie wody na 1 mb. brusa wynosi $p = \gamma \frac{h_2^2 - h_1^2}{2}$



Rys. 84.

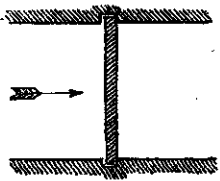
Moment zgięcia $M = \frac{1}{8} p b^2 = \frac{1}{8} \gamma \frac{h_2^2 - h_1^2}{2} b^2$; $c d^2 = \frac{6M}{\tau}$, $d = \sqrt{\frac{6M}{\tau c}}$, przyczem natężenie τ można przyjąć równe 70 kg/cm^2 .

CZĘŚĆ IV.

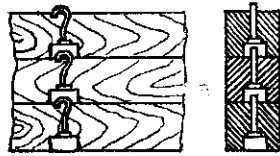
Jazy ruchome.

1. Jazy ruchome drewniane.

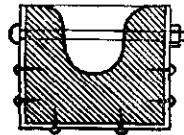
Najprostszym typem jazu ruchomego drewnianego, jest jaz belkowy, czyli jaz z belek zakładanych jedna na drugą (rys. 85. przekrój poziomy i 86. przekrój pionowy). Belki takie muszą mieć na obu końcach urządzenia do uchwycenia, aby je można było wyciągnąć z wpustów murów przyczółkowych w górę.



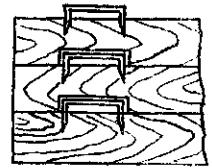
Rys. 85.



Rys. 86.

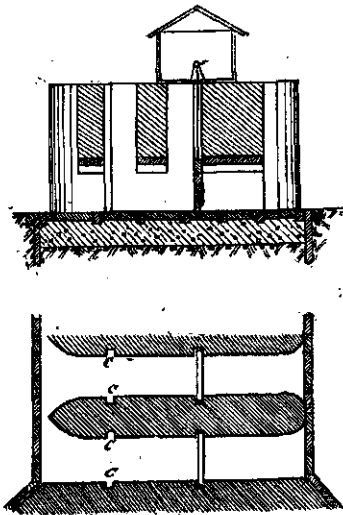


Rys. 87.



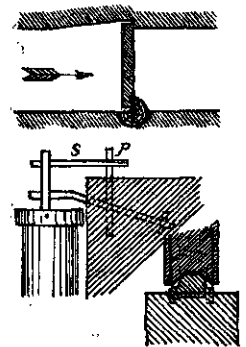
Rys. 88.

Urządzenie to składa się albo z haków lub klamer wchodzących w wycięcie belki górnej (rys. 86. i 88.), albo z prętów poprzecznych, przechodzących przez zagłębienie własnej belki (rys. 87.). Dwaj robotnicy chwytają taką belkę zapomocą drągów zaopatrzonych hakami i podnoszą ją w górę. Zamiast tego mogą być do każdej belki przymocowane po dwa łańcuchy, zapomocą których można belki wyciągać. Takie ściany spiętrzające mają zazwyczaj tylko znaczenie pomocnicze i nie spełniają zadania właściwego jazu; najczęściej używa się ich do zamknięcia przepustów, kanałów i śluz przed dopływem wody w czasie naprawy ścian, lub zastawek (stawideł). Przy naszkicowanym upuszcie (rys. 89.) wpusty w murze oznaczone literą *c* służą do założenia ściany belkowej, celem zamknięcia upustu od strony dopływu wody w czasie wykonania napraw.



Rys. 89.

Jeżeliby zależało na tem, aby ścianę taką szybko usunąć, trzeba z jednej strony belki oprzeć o pionowy słup obrotowy, odpowiednio wycięty (rys. 90.). Słup jest u dołu osadzony obrotowo na odpowiednim łożysku, u góry posiada trzpień uchwycony do muru. Normalnie słup jest ustalony zapomocą pręta *s*, przecho-



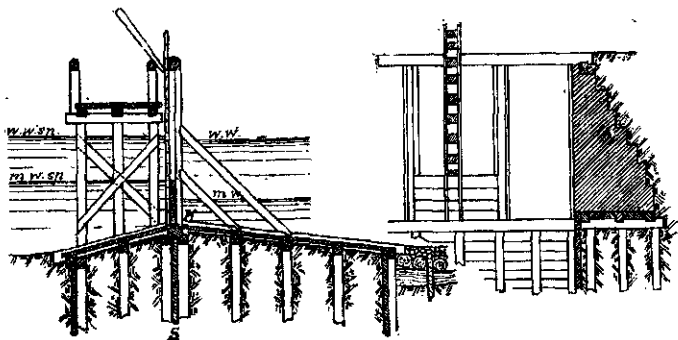
Rys. 90.

dzącego przez otwór w trzpieniu, opartego o pręt żelazny *p*, osadzony w murze przyczółka; jeżeli się pręt *s* wyciągnie, to woda cisnąc na ścianę obróci słup, a cała ściana spłynie. Takie urządzenia mogą

być stosowane przy spławie drzewa, gdzie chodzi o nagłe wypuszczenie fali wody, oraz przy śluzach na potokach górskich, gdzie może zająć potrzeba nagłego otwarcia upustu. Przy większych budowlach wodnych mamy nieraz urządzone wpusty podwójne, służące zatem do założenia dwu ścian belkowych, między nie można ubić glinę i w obrębie takiej grodziny wykonać naprawy.

Zamykanie wielkich otworów upustów jazowych, śluz komorowych itp., wymaga silnych i ciężkich belek, dlatego w takich wypadkach koniecznem jest użycie do ich wyciągania mechanicznych wyciągów. Przy jazu w Augst-Wyhlen na Renie, spiętrzającym wodę o 9 m, użyto celem zamknięcia otworów belek żelaznych skrzynkowych, o rozpiętości 17·85 m, z wałkami. Belki te wyciągane są zapomocą żórawia z osobnego pomostu¹⁾.

Jazy drewniane zastawkowe. Jazy te zwane są także śluzami drewnianymi składają się z części stałej i części ruchomej (rys. 91.). Część stałą tworzy ścianka szczelna s z palami kierującymi i osadzonymi na nich kapturami, lub kleszczami. Na ścianie szczelnej, oraz kleszczach, lub kapturach, osadzony jest znowu silny kaptur dębowy *K* stanowiący próg i koronę części stałej. Powyżej mamy podłogę górną, *tz.* ponur, złożoną z brusów szczelnie obok siebie ułożonych, osadzonych na kapturach pali, poniżej jest podłoga dolna, czyli właściwe podłoże, *tz.* poszur, również ze szczelnie ułożonych brusów, leżących na kapturach pali. Do części stałej należą również słupy osadzone na kapturze w równych odstępach, przymocowane do niego silnymi opaskami, oraz podparte jednym lub dwoma zastrzałami. Kładka ustawiona na słupach (po stronie dolnej, lub górnej jazu) służy do obsługi stawideł. Część ruchoma



Rys. 91.

jazu tworzą zastawki czyli stawidła, posuwające się we wpustach słupów. Wykonane są one z dyli poziomych i zaopatrzone jednym, lub dwoma trzonkami do wyciągania. Trzonek ma kształt drabinki, między szczeblami są otwory, w które wkłada się drąg stanowiący dźwignię. Taki prosty wyciąg możliwy jest tylko przy niewielkich stawidłach, powiedzmy do 1 m długości, dłuższe stawidło powyżej 1 metra może się przy wyciąganiu zaklinować i lepiej jest dać dwa trzonki, oraz odpowiedniejszy wyciąg, o których poniżej będzie mowa. Powiedzmy, że długość drąga wynosi 1·5—2 m, ramię krótsze dźwigni 15—20 cm, a więc wyciąg taki mnoży około 10 razy. Robotnik przy drągu wywiera siłę swym ciężarem, powiedzmy około 60 kg, może więc pokonać opór około 600 kg.

Przyjmując szerokość zasuwy 1 m, mamy parcie wody na zasuwę $P = \frac{bh^2}{2}$, a jeżeli współczynnik tarcia drzewa o drzewo przyjmiemy 0·5, to opór tarcia jaki trzeba pokonać wynosi $Q = \frac{0·5 \cdot 1 \cdot h^2}{2}$, cały zaś opór przy podnoszeniu zasuwy otrzymamy, dodając do oporu tarcia ciężar zasuwy, powiedzmy 100 kg. Wobec tego wyrażając wszystko w tonnach i metrach: $0,600 = \frac{0,5 \cdot 1 \cdot h^2}{2} + 0,100$

$h = \sqrt{2} = 1·41$ m, zatem wysokość zasuwy przy szerokości 1 metra i tego rodzaju wyciągu nie powinna być większa jak 1,40 m.

Jazy zastawkowe drewniane dzieli się także zapomocą filarów na poszczególne pola. Przyczółki i filary powinny być wykonane z muru lub betonu — wykonanie z drzewa jest odpowiednie chyba tylko przy budowlach prowizorycznych. Jeżeli wykonuje się je z drzewa, to trzeba im dać gładkie opierzenie od strony wody. Przed filarami drewnianymi należy ustawić lodowce.

Typem jazu drewnianego zastawkowego jest śluza według Hagena (tabl. III. fig. 1.). Zastrzały są tu dwa, oparte u dołu na podwalinach, u góry o słupy, obok słupa głównego jest drugi słup słabszy,

¹⁾ Patrz opis jazu w Augst-Wyhlen poniżej, oraz tablica IX.

o który opierają się górne końce zastrzałów. Na palach wbitych w ziemię osadzone są excentrycznie kaptury w ten sposób, że pale znajdują się raz z jednej, drugi raz z drugiej strony; takie połączenie jest mocniejsze. Osobne zastrzały widoczne na rysunku służą do podparcia słupów bulwarowych. U góry na oczepach założono kładkę, z której podnosi się stawidła. Do wyciągania służą łańcuchy nawijające się na wały, obracane zapomocą dźwiga wkładanego w otwory wału. Uszczelnienie gruntu tworzą dwie palisady, jedna po stronie górnej; druga pod progiem.

Przy wielu jazach drewnianych dawniej wykonanych, dawano poza ścianami szczelnymi drewnianymi jeszcze mury betonowe; takie wykonanie przy niepewnym gruncie jest dobre, ale kosztowne; jeżeli mury te mają spełnić swe zadanie, muszą być, podobnie jak i palisady, odpowiednio głęboko zapuszczone, gdyż w przeciwnym razie nie uchronią śluzy od podmycia.

Projektując śluzę, trzeba się przedewszystkiem zastanowić, w jakim poziomie będzie pomost, oraz jak wysokie będą słupy, po których posuwać się mają zastawki. Słupy te muszą wystawać ponad pomost, aby zastawki można wyciągnąć zupełnie ponad poziom wielkiej wody spiętrzonej, jak to wskazuje rys. 91. Słupy łączą się u góry silnym kapturem, na którym można osadzić wyciągi stawideł.

Na tablicy III. rys. 4—7. przedstawiona jest śluza drewniana, wykonana na Kisielinie, pobocznie Dunajca, pod Wał - Rudą. Wykonano tam kilka takich śluz w celu podniesienia stanu wody w czasie posuchy. Śluza składa się z 3 otworów, z których środkowy o progu niżej założonym, zamykany jest zastawką zaopatrzoną dwoma trzonkami i podnoszoną zapomocą wyciągu ze ślimakiem, boczne zaś założone są brusami. Wyciąg spoczywa na dwu silnych kapturach 20/30, słupy zastawek podparte są pojedynczymi zastrzałami, przyczółki i skrzydła wykonane są z drzewa. Koszta śluzy wyniosły 2587 koron¹⁾.

Rys. 8—10. tabl. III. przedstawiają typ przebudowy śluzy drewnianej na śluzę betonową w złym, mało wytrzymałym gruncie. Istnieje u nas mnóstwo małych zakładów o siłę wodnej, opartych o śluzy spiętrzające, wykonane w całości z drzewa. Materiał ten po kilku, lub kilkunastu latach niszczeje i musi się śluzę prawie w zupełności odbudować, pozostawiając tylko części będące stale pod wodą, np. ściany szczelne, o ile są nieuszkodzone. Obecnie, wobec niezmiernie wysokich cen drzewa, wykonanie śluzy betonowej jest ekonomiczniejsze, śluzę taką na złym gruncie trzeba jednak oprzeć na ruszcie palowym.

Rysunek przedstawia śluzę o 4 otworach po 2 m światła, zamykaną zastawkami drewnianymi, po dwie ponad sobą, spiętrzającymi wodę o 2 m ponad próg i wyciąganymi zapomocą łańcuchów. Dno śluzy, przyczółki, filary i skrzydła wykonane są z betonu, komunikacja odbywa się po kładce żelazno-betonowej. Śluza spoczywa na ruszcie z pali miękkich 0,20 m średnicy i otoczona jest ścianą szczelną z drzewa miękiego 0,08 m grubości. Piloty ucięte są poniżej najniższego stanu wody gruntowej.

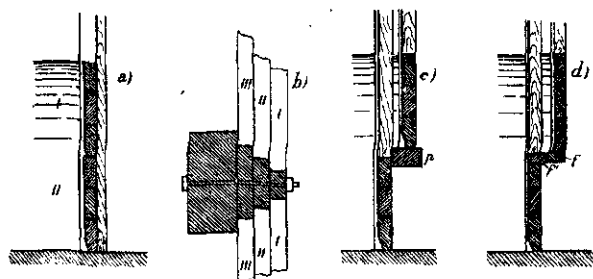
Zasuwy drewniane wykonuje się do długości kilku metrów; powyżej czterech, lub pięciu metrów stają się ciężkie, dyle wypadają bardzo grube, a skutkiem znacznego wygięcia mogą się stać nieszczelne. Wykonuje się je z dyli na stykach gładko heblowanych, łączonych zwykle na żłobek i duszę. Całość spaja się zapomocą pionowych listew drewnianych, przyśrubowanych, lub przybitych do dyli, lub też zapomocą sztab żelaznych. Te listwy lub sztaby służą także do przytwierdzenia łańcuchów, lub trzonków ząbionych, zapomocą których zasuwę się podnosi. Brusy oblicza się na ciśnienie wody, jak to podano powyżej przy ścianach zakładanych; jeżeli zasuw jest wysoka, natenczas można zwiększać grubość dyli ku dołowi; grubości mniejszej jak 5 cm w praktyce się nie przyjmuje, największe zaś grubości dochodzą do kilkunastu cm. Zasuwy większe, wymagające większej siły do podnoszenia, powinny mieć powierzchnie ślizgające się po płaszczyznach oporowych okute płaskim żelazem, celem zmniejszenia tarcia. Jeżeli zasuwę posuwają się we wpustach przyczółków i filarów murowanych, natenczas albo wstawia się we wpust pionową belkę oporową z twardego drzewa heblowanego, albo też przy budowlach wykonanych z większym nakładem, osadza w przyczółkach i filarach, w miejscach gdzie przychodzą wpusty, ciosy z twardego kamienia (np. granitu) i wpusty starannie wygładza.

Stawidło do zamknięcia upustu przy kanale Cavoura (rys. 92.) składało się z brusów ułożonych w dwóch warstwach. U spodu jest część stawidła obracalna na zawiasach, tj. część płucząca, przez otwarcie jej następuje silne przepłukanie progu. Całe stawidło jest silnie okute sztabami żelaznymi i posiada uszy do przymocowania łańcuchów, oraz trzonek z otworami do podnoszenia.

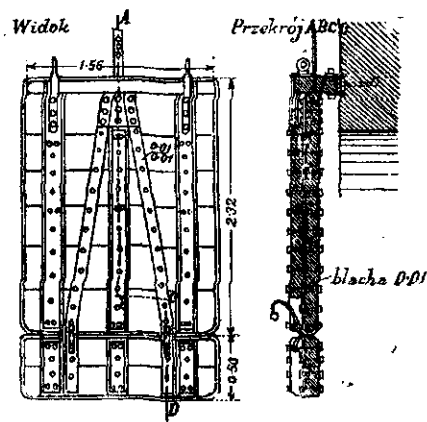
¹⁾ Projektował inż. Rożański, wykonał inż. Horn 1905.

Przy szerokiach zasuwach (od 1 do 1,5 m począwszy) nie wystarcza do podnoszenia zasuw jeden trzonek, lecz trzeba zastosować dwa trzonki, gdyż w przeciwnym razie zasuwa przy wyciąganiu się krzywi i może się zaklinować.

Przy większych wysokościach można zasuwę dzielić w kierunku pionowym na części, z których każda może być oddzielnie wyciągana i musi posiadać osobne trzonki; wykonać to można w różny sposób, jak to podano na rys. 93. a—d.



Rys. 93.



Rys. 92.

W przypadku a) mamy zastawki ponad sobą umieszczone i jedna po drugiej musi być wyciągana, zaczynając od górnej i przechodząc w dalszym ciągu do niższych. W przypadku c) (rzut poziomy) mogą być zastawki w dowolnym porządku wyciągane, gdyż posiadają osobne wpusty; jeżeli ciągniemy najpierw którąś z zastawek dolnych, to ślizga się ona do górnych. Opory ruchu będą większe, a szczelność mniejsza, bo zastawki nie mogą być do siebie przyciśnięte, jednak i tu można zwiększyć szczelność, jeżeli stykające się dyle obu zastawek zetnie się skośnie. W przypadku c) podział zastawek jest uskuteczniiony zapomocą progu przedziałowego p , który jednak po wyciągnięciu zastawek pozostaje w profilu i utrudnia przepływ wody. W przypadku d) do obu zastawek przymocowane są beleczki uszczelniające f i f' , ukośnie ścięte, które dokonują uszczelnienia. Wykonanie b) c) d) ma tę korzyść, że zastawki po wyciągnięciu ustawiane są obok siebie w jednej wysokości, wysokość zatem słupów, po których się posuwają, może być mniejsza.

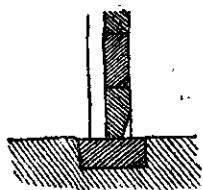
W razie podziału stawideł w kierunku pionowym należałoby je tak wykonać, aby opór przy wyciąganiu dla każdej zastawki był takisam. Wobec tego trzeba by wykonać zastawki różnej wysokości: dolne niższe, górne coraz to wyższe. Jeżeli wysokość zastawki jest H , to parcie wody na nią przedstawia trójkąt parcia ABC (rys. 94.), a sumę parcia od wierzchu zastawki (od poziomu wody) aż do punktu w głębokości x położonego, przedstawia rzędna paraboli $\frac{1}{2} \gamma b x^2$.

Całkowite parcie na zasuwę jest $\frac{1}{2} \gamma b H^2$ i ten wymiar odcinamy jako największą rzędną paraboli. Po prawej stronie rysujemy linię całkowitą ciężaru zasuw, którą będzie prosta ukośna o największej odchyłce u spodu $\gamma_1 H b a$, przedstawiającej ciężar całej zasuw. Teraz dzielimy sumę ciśnienia i ciężaru ($x - y$) na tyle równych części, ile chcemy mieć zasuw, powiedzmy 3, z punktów podziału prowadzimy linie ukośne F , równoległe do linii sumy ciężaru, a jeżeli z punktów przecięcia się z parabolą poprowadzimy poziome, to one podzielą zasuwę na części o równym oporze (I, II, III).

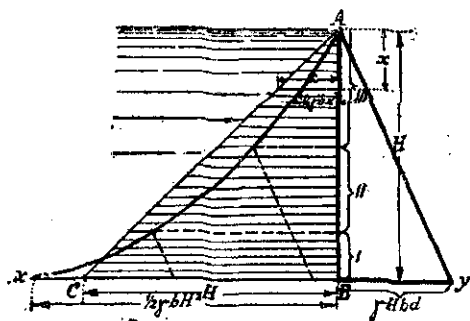
Co do oparcia zasuw u spodu pamiętać trzeba, że nie należy wykonywać

dla zasuw wpustu w prog, lecz zasuwa musi tępo stanąć na progu; w razie wykonania wpustu gromadzi się tam namul i żwir i niemożliwe jest szczelne przynknięcie. Jeżeli spód jest z betonu, to najlepiej będzie osadzić tu kształtkę żelazną, lub

dębową belkę, o którą oprze się zasuwa (rysunek 95.).



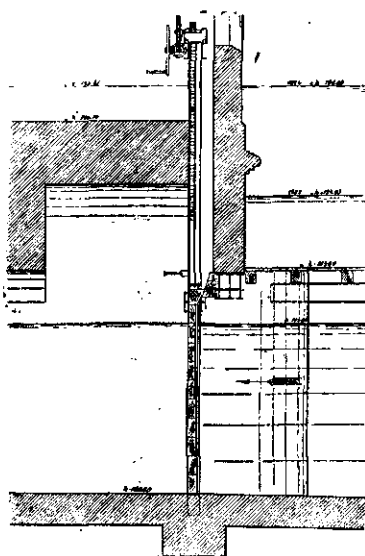
Rys. 95.



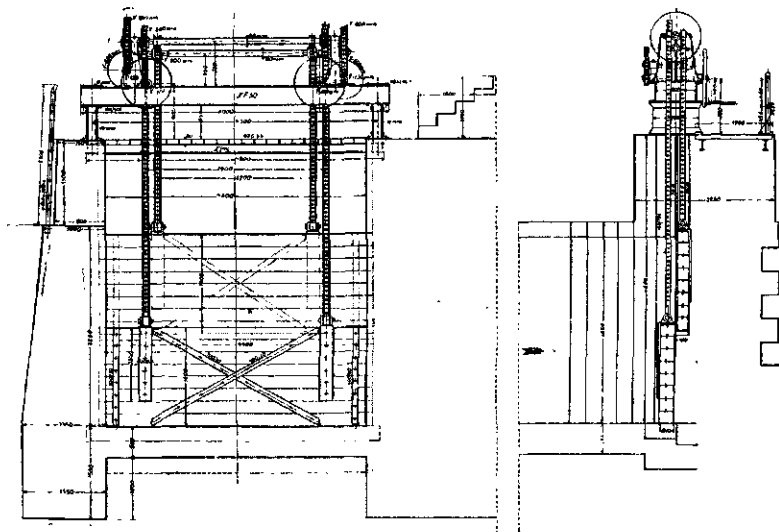
Rys. 94.

Dwie ładnie wykonane zasuwy podaje Koehn, z tych jedna jest pojedyncza, druga dzielona (rys. 96 i 97.)¹⁾.

Zasuwa zakładu wodnego w Marbach - Stuttgart na Neckarze (rys. 96.) 3,20 m wysoka, zamyka otwór o świetle 2,20 m. We wpustach filarów osadzono 2 kształtki **C**, w środku zaś otworu 4,40 m szerokiego kształtkę **I**, wszystkie wmurowano w próg i u góry połączono je dwiema kształtkami **C**, które stanowią podparcie dla łożysk wyciągów. Otwór między filarami zamknięty jest zatem dwiema zasuwanymi poruszanymi we wpustach kształtek. Zasuwy składają się z dyli okutych sztabami żelaznymi, których grubość zmienia się w dwu warstwach. Szczelne zamknięcie od góry uzyskane jest przez zetknięcie dwu skośnie ściętych beleczek, z których jedna stanowi górną ramę zasuwy, druga zaś jest przytwierdzona do dźwigarów **I** podpierających mur. Do wyciągania zasuwy służą dwa trzonki zazębione, za które chwytają zęby kółek zazębionych wyciągu umieszczonego u góry.

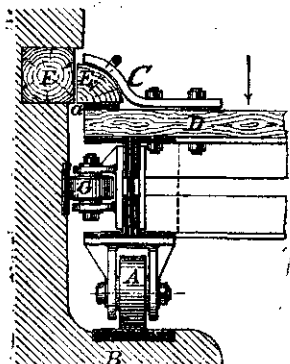


Rys. 96.



Rys. 97.

Zasuwy zakładu wodnego Sinaja na rzece Prahova w Rumunii (rys. 97.) zamykają otwór 3,10 m wysoki i 4,20 m szeroki. Obie zasuwy umieszczone ponad sobą są względem siebie przesunięte i posuwają się w osobnych wpustach. Wykonane są już właściwie z belek, których grubość wynosi u dolnej zasuwy 24 cm, u górnej 18 cm. Każda zasuwa posiada dwa trzonki do wyciągania, wykonane jako drabinka z 2 blach i palców żelaznych, u spodu przegubowo z zasuwą połączone, oraz osobny wyciąg oparty na rusztowaniu żelaznym, osadzonem na murach przyczółkowych. Wyciąg zasuwy górnej znajduje się po stronie prawej rysunku, wyciąg zasuwy dolnej po stronie lewej. Dla dostępu do wyciągów wykonano między przyczółkami pomost z dźwigarów żelaznych i dyli.



Rys. 98.

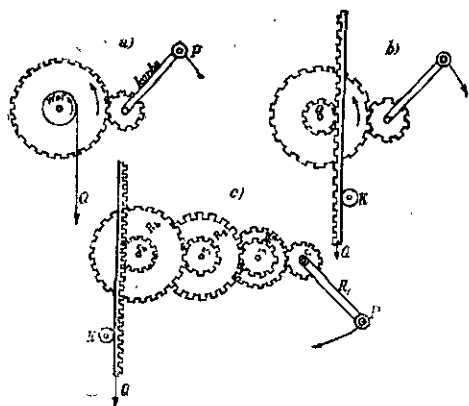
Jeżeli chcemy zmniejszyć opory przy wyciąganiu zasuwy, natenczas można tarcia posuwiste zamienić na potoczyste przez użycie kółek. Takie urządzenie odpowiednie jest przedewszystkiem przy wielkich zasuwach, choć wyjątkowo stosowano je i przy mniejszych. Rysunek 98. przedstawia szczegół zasuwy jazu na rzece Weaver w Anglii. Zasuwa **D** jest wykonana z drzewa, wzmocniona ramą z belek blaszanych; długość wynosi 4,57 m, wysokość 3,96 m. Ciśnienie wody przenosi się zapomocą kółek **A** na szyny żelazne **B**, wmurowane w przyczółki, kółka **G** służą do kierowania bocznego. Zasuwa taka musi być jednak z boku uszczelniona; uszczelnienie dokonane jest zapomocą klinowej beleczki **E**, przytwierdzonej do zasuwy zapomocą sprężystych strze-

¹⁾ Ausbau von Wasserkräften, Handbuch der Ingenieurwissenschaften 1908.

$$P = \frac{r}{a} \frac{Q}{\eta} ; \quad \eta \text{ wynosi dla łańcuchów około } 0.95, \text{ dla lin około } 0.80 - 0.90.$$

Przy przeniesieniu siły zapomocą kół zębatach, ślimaków etc., trzeba pamiętać o tem, że stosunek siły do oporu równa się odwrotności stosunku ramienia siły do ramienia oporu, przyczem jednak należy uwzględnić straty siły, potrzebne do pokonania oporów. Wynika z tego, że stosunek ramienia siły do ramienia oporu, to znaczy np. ramienia korby do promienia wału powinien być możliwie wielki — jednak ani ramienia korby nie można dowolnie zwiększać, ani promienia wału poza pewną granicę zmniejszać. Wobec tego stosujemy przeniesienia zapomocą par kół zębatach, osadzonych na tejsamej osi, przyczem zawsze małe koło trybowe jednej pary, zazębia się z wielkiem kołem następnej pary.

Pierwszym elementem wyciągu będzie zatem korba, ostatnim wał, na który nawijają się łańcuchy, lub linki, lub też kółko zębate, zaczepiające o zęby trzonka zazębitego, lub drabinki stawidła. Według ilości korb, wałów i par kół zębatach rozróżniamy wyciągi o pojedynczem, podwójnem itd. przeniesieniu, tak na przykład rys. 101 a) przedstawia wyciąg z pojedynczem przeniesieniem i wałem, b) wyciąg z pojedynczem przeniesieniem i kółkiem zazębiającem się z trzonkiem stawidła, a jeżeli na osi O są osadzone dwa takie kółka zazębite, to można równocześnie podnosić zasuwę za dwa trzonki, c) wyciąg z potrójnem przeniesieniem. Trzonki zazębite muszą być zapomocą kółeczka k przyciskane do swych kółek.



Rys. 101.

Przy wyciągu c), teoretycznie biorąc, siłę P potrzebną do pokonania oporu Q obliczy się z równania:

$$P = \frac{r_1}{R_1} \cdot \frac{r_2}{R_2} \cdot \frac{r_3}{R_3} \cdot \frac{r_4}{R_4} Q,$$

praktycznie jednak stosunek siły do oporu będzie mniej korzystny z uwagi na opory tarcia, na które składa się tarcie zębów, oraz tarcie czopowe. Celem zatem uwzględnienia tego tarcia, trzeba dla każdego zazębienia pomnożyć stosunek przeniesienia przez współczynnik dzielności η mniejszy od jedności,

który wynosi około 0.92¹⁾, wobec tego dla wyciągu przedstawionego na rys. 101 c) stosunek siły do oporu będzie:

$$\frac{P}{Q} = \frac{r_1}{R_1} \cdot \frac{r_2}{R_2} \cdot \frac{r_3}{R_3} \cdot \frac{r_4}{R_4} \cdot \frac{1}{0.92 \cdot 0.92 \cdot 0.92 \cdot 0.92}$$

Zazwyczaj jednak nie przyjmuje się zbyt wielu przeniesień, lecz kombinuje wyciąg ze śrubą bez końca (ślimakiem) rys. 102. Oprócz mnożenia siły w stosunku wielkości ramienia korby do promienia linii działowej śruby, mamy tu mnożenie siły przez śrubę samą.

Oznaczmy literą P siłę na korbie, potrzebną do pokonania oporu K , oraz tarcia na śrubie i czopach,

K ciśnienie koła zębatego (opór) na śrubę, w kierunku jej osi,

r promień średniej linii śruby,

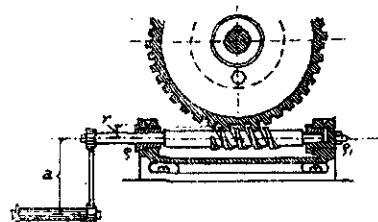
a ramię korby,

α kąt nachylenia średniej linii gwintu,

ϱ promień czopa szynowego śruby,

ϱ_1 „ „ średni czopa podporowego,

φ kąt tarcia gwintu



Rys. 102.

$$\text{natenczas } P = \frac{K [r \operatorname{tg} (\alpha + \varphi) + \mu \varrho_1]}{a - \mu \varrho}$$

$$\text{przyczem współczynnik dzielności wynosi } \eta_s = \frac{0.9 \operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} (\alpha + \varphi)}$$

¹⁾ Ernst „Hebezeuge“ Berlin 1895., również Koehn, podczas gdy Möller przyjmuje η aż do 0.75.

Möller podaje wzór przybliżony:

$P = \frac{1}{n} K + f K$, gdzie P i K mają wartości poprzednie, zaś $\frac{1}{n}$ oznacza wzniesienie gwintu, zwykle około $\frac{1}{10}$, f współczynnik tarcia wynoszący przy średnim smarowaniu również około $\frac{1}{10}$; z uwagi na opory tarcia osi śruby w łożyskach zwiększa się tę siłę o 25%, mnożąc przez $\frac{5}{4}$. We wzorze tym jednak nie jest jeszcze uwzględnione mnożenie z korby na śrubę, dlatego trzeba jeszcze w dalszym ciągu wynik pomnożyć przez iloraz $\frac{r}{a}$. Niech na przykład wynosi:

$K = 120 \text{ kg}$, to w przybliżeniu $P = \left(\frac{1}{10} + \frac{1}{10}\right) K = \frac{2}{10} \cdot 120 = 24 \text{ kg}$, a z uwagi na opory tarcia rzeczywiście potrzebna siła:

$$P = \frac{5}{4} \cdot 24 = 30 \text{ kg}, \text{ osiągnięto zatem przez użycie śruby mnożenia w stosunku } 120:30 = 1:4.$$

Najodpowiedniej będzie obliczyć idealny stosunek mnożenia przez śrubę równy $\frac{1}{\tan \alpha} = n = \frac{d \pi}{h}$ (d średnica średniej linii śruby, h wzniesienie gwintu), a następnie pomnożyć go przez współczynnik dzielności śruby η_s , który według Koehna wynosi:

$$\text{dla } \frac{h}{d \pi} = 0,04 \quad 0,05 \quad 0,06 \quad 0,07 \quad 0,08 \quad 0,10 \quad 0,125$$

$$\eta_s = 0,218 \quad 0,258 \quad 0,294 \quad 0,326 \quad 0,350 \quad 0,405 \quad 0,457,$$

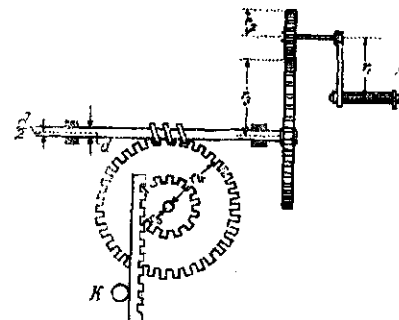
oprócz tego zaś uwzględnić mnożenie z korby na śrubę.

Dla wyciągu złożonego z korby, dwóch kół zębatach, śruby bez końca i jeszcze pary kół zębatach (rys. 103.) będzie:

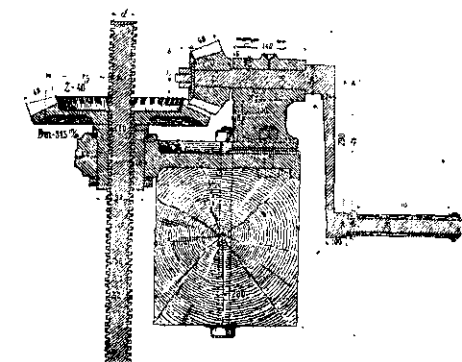
$$P = \frac{r_2}{r_1 \cdot 0,92} \cdot \frac{\frac{d}{2}}{r_3} \cdot \frac{h}{d \pi \eta_s} \cdot \frac{r_5}{r_4 \cdot 0,92} Q \text{ czyli}$$

$$P = \frac{r_2}{r_1 \cdot 0,92} \cdot \frac{h}{2 \pi r_3 \eta_s} \cdot \frac{r_5}{r_4 \cdot 0,92} Q.$$

Jeżeli mamy do czynienia z wyciągiem z trzpieniem śrubowym obracającym się w mutrze stałej, to obliczenie powyższe



Rys. 103.



Rys. 104.

nie ulega zmianie i również pozostaje tensam współczynnik η_s , natomiast przy wyciągach z obracalną mutrą (rys. 104.) należy powyższe współczynniki η_s pomnożyć przez $\frac{5}{4}$. Przy tym wyciągu będzie zatem stosunek siły działającej na korbie do oporu działającego na śrubie (trzpieniu śrubowym przytwierdzony do stawidła):

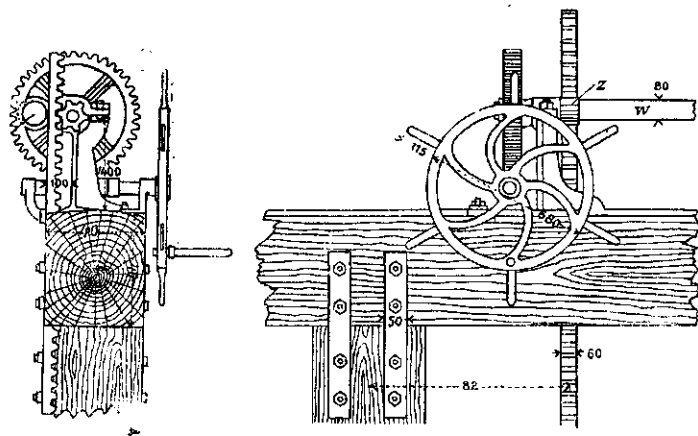
$$\frac{P}{Q} = \frac{r_2}{r_1 \cdot 0,92} \cdot \frac{h}{2 \pi r_3 \eta_s \cdot 0,75}$$

Jest to wyciąg stosowany przy małych stawidłach rowów melioracyjnych, umieszczony na kapturze.

Jeżeli $r_1 = 0,29 \text{ m}$, $r_2 = 0,08 \text{ m}$, $r_3 = 0,15 \text{ m}$, $\eta_s = 0,4$, $\frac{h}{\pi d} = \frac{1}{10}$, czyli $h = \frac{d \pi}{10}$, $d = 0,05$,
natenczas $P = \frac{0,08}{0,29 \cdot 0,92} \cdot \frac{1 \cdot 0,05}{10 \cdot 2 \cdot 0,15 \cdot 0,4 \cdot 0,75} Q = 0,0165 Q$, czyli $\frac{P}{Q} = \frac{1}{60}$

Przy wyciągach ze śrubą nie potrzeba osobnych urządzeń powstrzymujących ruch wsteczny, gdyż śruba nie pozwala na samoczynny ruch wsteczny, jednak tylko wtedy, jeżeli $\alpha \leq \varphi$, to znaczy, jeżeli kąt wzniesienia gwintu jest mniejszy, lub równy kątowi tarcia.

Rys. 105. przedstawia część wyciągu z kołem korbowym, ślimakiem i pojedynczym przeniesieniem zapomocą kół zębatach. Na wale w osadzone są dwa koła zębata z zazębiające się z trzonkami zasuwy, przyciskany do nich zapomocą kółek k ; wyciąg osadzony jest na kapturze słupów.



Rys. 105.

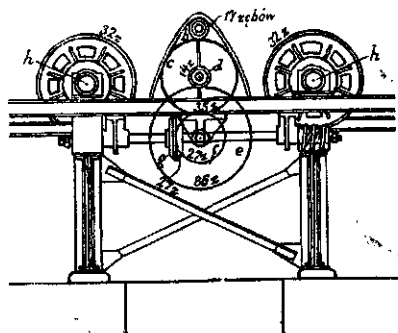
Chodziłoby jeszcze o oznaczenie chyżości podnoszenia się zasuwy, celem obliczenia jakiego czasu potrzeba, aby zasuwę podnieść od najniższego do najwyższego położenia (ponad $w. w.$), względnie jak długo trwać będzie otwarcie całego jazu. Chyżość podnoszenia zasuwy będzie równą chyżości podnoszenia się trzonków, czy łańcuchów, a ta równa się chyżości obwodowej ostatniego koła zazębiającego się z trzonkiem, względnie wału, na który się łańcuch nawija. Tę ostatnią chyżość v_1 obliczymy np. dla przypadku przedstawionego na rysunku 101. c) z równania:

$$v_4 = \frac{r_1}{R_4} \cdot \frac{r_3}{R_3} \cdot \frac{r_2}{R_2} \cdot \frac{r_1}{R_1} v_1,$$

w którym v_1 oznacza chyżość obwodową korby, około $0,8 m$.

Mamy tu zatem takie same stosunki promieni kół, jak przy stosunku siły do oporu, gdyż naturalnie zwiększenie stosunku przeniesienia siły, zmniejsza w tym samym stosunku chyżość obwodową, a zatem i chyżość podniesienia zasuwy. Zamiast jednak do obliczenia wprowadzać promienie kół, można obliczać według ilości zębów, gdyż chyżości obwodowe stoją w odwrotnym stosunku do ilości zębów kół zębatach.

Używając wyciągu ze ślimakiem, trzeba do powyższego iloczynu wprowadzić jeszcze czynnik $\frac{h}{d\pi} \cdot \frac{d}{r}$ -- $= \frac{h}{2r\pi}$, gdzie h oznacza skok śruby, a r promień koła zębatego, umieszczonego na tej samej osi co śruba.



Rys. 106.

Zasuwa pod Chèvres ma wyciąg następujący (rys. 106.);

Chyżość obwodowa korby v_1 wynosi $0,8 m$

ramię korby $a = 0,305 m$

koło b ma 17 zębów

„ c „ 85 „

„ d „ 14 „

„ e „ 86 „

„ f i g po 27 „ (koła kątowe)

„ zębata bębna 32 zęby

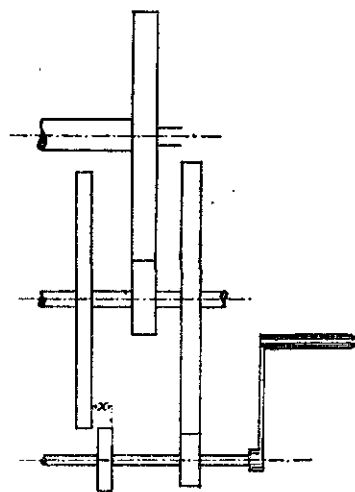
średnica bębna $0,965 m$

$$\frac{h}{r\pi} = \frac{1}{27} \quad (r \text{ promień koła } g)$$

$$v_0 = \frac{17 \times 14 \times 27}{85 \times 86 \times 32 \times 27} \cdot \frac{0,965}{2 \cdot 0,305} \cdot 0,80 = 0,00129 m/sec;$$

w ciągu godziny można zasuwę podnieść o niespełna $5 m^1$).

Celem zmiany chyżości (w razie jeżeli opór jest zmienny, lub jeżeli możemy w danym razie rozporządzać większą siłą), używa się przeniesienia z kołami zamienianymi, jak to wskazuje rys. 107. Wyciąg



Rys. 107.

¹⁾ Koehn j. w.

nastawiony jest na większy stosunek przeniesienia, przez przesunięcie wału korbowego o x , zazębiamy się koła o innych promieniach, uzyskujemy więc mniejszy stosunek przeniesienia, ale zato większą chyżość podnoszenia zasuw. Przesuwalne kółka zębate stosować można także i w innym celu, a mianowicie jeżeli chodzi o podnoszenie zasuw dzielonych, z których każda posiada osobną parę trzonek. Przez przesuwanie kółek w kierunku osi można tym samym wyciągiem podnosić jedną zasuwę po drugiej.

Opory ruchu. Przy zwykłych zasuwach mamy do czynienia z tarciami posuwistym, powierzchnie tarcia z powodu zanurzenia we wodzie stają się szorstkie, skutkiem czego opory wzrastają. Dalej zauważyć trzeba, że w chwili ruszenia zasuw opór tarcia jest około 1,5 razy większy. Przy podnoszeniu zasuw trzeba będzie pokonać opór, który składa się z ciężaru zasuw i tarcia, zatem

$$Q = C + fP,$$

gdzie C oznacza ciężar zasuw, f współczynnik tarcia, P siłę przyciskającą, to znaczy ciśnienie wody.

Współczynnik tarcia wynosi: przy posuwaniu się drzewa po kamieniu $f = 0,5$

„ „ „ „ „ drzewie „ 0,4

„ „ „ „ „ żelazie „ 0,35

„ „ „ „ „ żelaza „ 0,30.

Przykład. Wyciąg (rys. 108.) składający się z korby o $R = 0,40 m$,
ślimaka o $r = 0,05$ „
koła śrubowego o $R' = 0,36$ „
kółek zębatach stykających się z trzonkami zazębnionymi $r' = 0,04$ „
nachylenie gwintu śruby 1 : 10.

Stosunek przeniesienia będzie w przybliżeniu według Möllera:

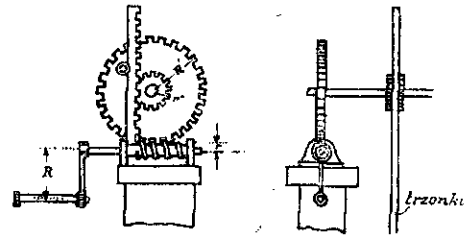
$$1 : \frac{0,40}{0,05} = 4 : \frac{0,36}{0,04} = 0,75, \text{ czyli } 1 : 216.$$

Zasuwa mająca ciężar $600 kg$, na którą woda wywiera ciśnienie $5700 kg$ przedstawia opór przy wyciąganiu $Q = 600 + 0,35 \cdot 5700 = 2585 kg$,
a przy ruszeniu uwzględniając opór 1,5 razy większy

$$Q' = 600 + 1,5 \cdot 0,35 \cdot 5700 = 3600 kg$$

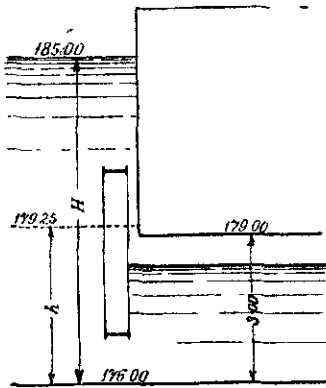
Wobec tego robotnik przy korbie pracować będzie siłą: $3600 : 216 = 17 kg$ w chwili ruszenia,
później zaś siłą $2585 : 216 = 12$ „

Trzonki zazębione narażone są na ciągnięcie, na każdy przypada siła $\frac{3600 kg}{2} = 1800 kg$.



Rys. 108.

Wyciąg zasuw kanału zakładu Jonage na Rodanie ¹⁾ przedstawia rys. 110. Zasuwa żelazna (rys. 109.) $5,39 m$ długa, $3,25 m$ wysoka, powierzchnia jej wynosi $17,51 m^2$. Do wyciągania służą dwa trzony śrubowe obracające się w stałych mutrach, muter tych jest kilka ponad sobą, w odstępach $2,55 m$ umieszczonych. Zasuwa posiada powierzchnie przesuwowe, wyłożone płytkami brązowymi.



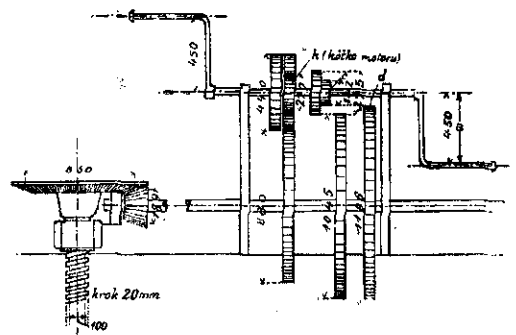
Rys. 109.

W najniekorzystniejszym położeniu, tj. przy zupełnym zamknięciu kanału, wynosi wysokość ciśnienia u spodu zasuw $9,50 m$
u wierzchu „ $6,25$ „

średnio $7,875 m$,
a parcie wody na zasuwę $W = 17,51 m^2 \cdot 7,875 m \cdot 1000 kg = 137,890 kg$.

Przyjęto więc współczynnik tarcia we wodzie $f = 0,2$,
zaś przy ruszeniu $2,5 f = 0,5$,
otrzymuje się opór tarcia przy ruszeniu $68,945 kg$,
a dodając do tego ciężar własny zasuw $8,500$ „

otrzymuje się sumaryczny opór podnoszenia w chwili ruszenia $77,445 kg$, a w czasie ruchu już tylko $36,078 kg$.



Rys. 110.

¹⁾ „Construction du Canal de Jonage“, René Chauvin, Paris 1902.

Wyciąg może być poruszany ręcznie (2 korby, 4 lub nawet 2 robotników), lub też motorem hydraulicznym (turbina). Na wale korbowym, oraz drugim wale poniżej osadzonym, widzimy dwie wielkości kół zębatach sprzęganych ze sobą, jedno przeznaczone do ruchu z małą chyżością podnoszenia (większy stosunek przeniesienia), drugie do ruchu z większą chyżością. Osobne kółko zębate k służy do przyłączenia motoru. Według wymiarów podanych na rysunku i przyjmując ząbkowanie kół przeznaczonych do większego przeniesienia (kółka c i d) otrzymuje się następujący stosunek siły do oporu:

$$\frac{P}{Q} = \frac{0,066 \cdot 0,0945 \cdot 0,05 \cdot 0,02}{0,45 \cdot 0,594 \cdot 0,425 \cdot 6,28 \cdot 0,3} \cdot \frac{1}{0,75 \cdot 0,75}$$
 przyczem 0,02 oznacza krok śruby, czynniki 0,3 dzielność śruby, 0,75 dzielność kół zębatach.

$$P = 0,000518 Q$$

dla $Q = 77.445$ (przy ruszeniu) $P = 40 \text{ kg}$ (4 robotników)

dla $Q = 36.078$ (w ruchu) $P = 18,7 \text{ kg}$ (2 robotników).

Chyżość podnoszenia zasuw w stosunku do chyżości korby będzie:

$$\frac{Vn}{V} = \frac{0,066 \cdot 0,0945 \cdot 0,02}{0,45 \cdot 0,594 \cdot 0,425 \cdot 2 \cdot 3,14} = 0,000175$$

Przyjmując chyżość obwodową korby 1 m na sekundę, otrzymuje się chyżość podnoszenia

$$Vn = 0,000175 \text{ m/sek, czyli } 0,63 \text{ m na godzinę.}$$

Kanał można zupełnie otworzyć, czyli zasuwę podnieść o 3 m, w ciągu 5-iu godzin.

Używając motoru hydraulicznego (turbiny), przy 60-iu obrotach na minutę, czas podnoszenia wynosi 1 godzinę 44 minut, przy 120-u obrotach 52 minuty

Jak widać z tego obliczenia można i przy dużych zasuwach pokonać tarcie posuwiste, jednak potrzebne są tu już więcej skomplikowane wyciągi, a czas podnoszenia jest stosunkowo znaczny. Wobec tego przy wielkich zasuwach zastępuje się tarcie posuwiste tarcie potoczystem, a zasuwę porusza się po kółkach. Szczegół takiej zasuw podany jest powyżej (rys. 98.).

Przy takich zasuwach (rys. 111.) siłę wyciągającą na łańcuchach lub trzonkach, trzeba sobie wyobrazić przeniesioną do osi wałka, a wtedy zachodzi związek:

$$P \cdot r = W(f + \mu a) + G,$$

gdzie P oznacza siłę wyciągającą, W parcie wody na zasuwę, r promień kółek, f współczynnik tarcia potoczystego, μ współczynnik tarcia czopowego, a promień czopa, zaś G ciężar zasuw. Z równania tego można obliczyć P , przyczem f dla materiału nowego wynosi około 0,055, μ dla łożysk brązowych i stalowych czopów około 0,10.

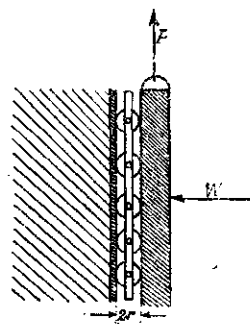
Do zasuw przytwierdza się cały szereg kółek ponad sobą umieszczonych, o odstępach malejących w dół, zależnie od wzrostu ciśnienia wody.

Zamiast takiego urządzenia używa się przy wielkich zasuwach żelaznych wałków nie przytwierdzonych do zasuw, lecz mających czopy osadzone w listewkach bocznych (rys. 112.), przy których zatem tarcie czopowe nie zależy od ciśnienia wody W .

Przy takich zasuwach opory będą mniejsze, gdyż zachodzi tu związek:

$$P \cdot 2r = f \cdot W + G, \text{ w którym litery mają znaczenie poprzednie.}$$

Konstrukcję tych zasuw opiszemy w dalszym ciągu przy jazach żelaznych.

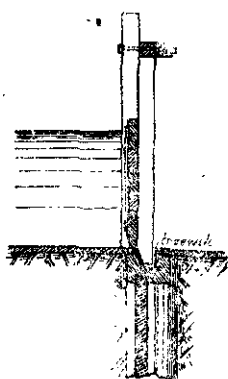


Rys. 112.

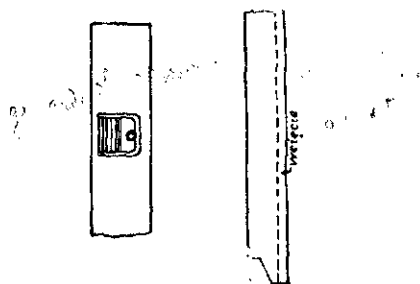
Jazy drewniane ze słupami (odrzwiami) ruchomymi.

W razie nadejścia wielkiej wody korzystnem będzie usunąć z profilu przepływu także i podpory pośrednie, czyli odrzwia. W takim razie nie można tych odrzwi podpierać zastrzałami opartymi o ruszt podłoża, lecz muszą się one u góry wspierać na moście drewnianym, u dołu zaś mieć wpusty w progu, lub też odpowiednie łożyska żelazne, do kaptura części stałej przytwierdzone.

W czasie wielkiej wody usuwa się najpierw zastawki, a potem wyciąga się i odrzwia na pomost (rysunek 113.). Möller proponuje celem łatwiejszego zakładania odrzwi w gniazda wykonanie na ich



Rys. 113.



Rys. 114.

tylnej powierzchni wgłębienia i spuszczenia ich po pręcie żelaznym, poprzednio w gniazdo kaptura włóŜnym (rysunek 114.).

2. Jazy ruchome żelazne.

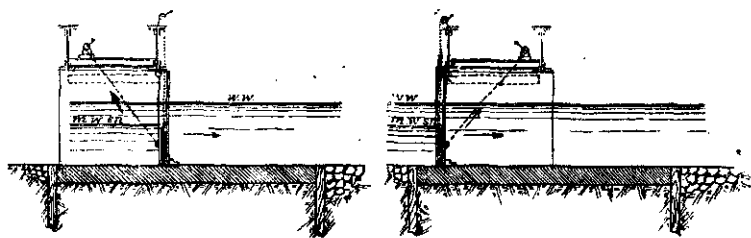
Podział. Jazy ruchome żelazne podzielić należy na następujące typy:

a) Jazy zasuwowe (zastawkowe), których elementami spiętrzającymi wodę są zasuw (zastawki, stawidła), lub też zasłony zwijane. Ciśnienie wody przenoszą zasuw na podpory pośrednie stałe lub ruchome, wykonane bądźto jako rz. odrzwia, czyli słupy, bądźto jako kozły żelazne, lub nareszcie jako filary murowane, betonowe, żelazno-betonowe, lub żelazne. Jazy, których zasuw opierają się o odrzwia, wymagają wykonania ponad jazem mostu, na którym są oparte, względnie zawieszone górne końce odrzwi; dolne końce opierają się o występ w części stałej jazu. Jeżeli, jak to się zazwyczaj wykonuje, odrzwia są ruchome, natenczas można je po podniesieniu zastawek obrócić zapomocą wyciągów i łańcuchów naokoło przegubów, przymocowanych do mostu, do położenia poziomego pod most, tak, że zupełnie wyjdą z profilu wielkiej wody.

Rozróżniamy konstrukcje o odrzwiach podnoszonych w stronę górnej wody, oraz o odrzwiach podnoszonych w stronę dolnej wody (rys. 115.).

Pierwsze urządzenie spotykamy w praktyce częściej, gdyż jest łatwiejsze do rozwiązania pod względem konstrukcyjnym, drugie rzadziej, jakkolwiek ma pewne zalety. W razie nagromadzenia się gałęzi itp. przedmiotów naniesionych przez wodę, ewentualnie lodu, trudno nieraz podnieść odrzwia w stronę górnej wody, natomiast podniesienie w stronę dolnej wody nie napotyka na przeszkody. Trudność konstrukcyjną stanowi tu jednak należyte rozwiązanie oparcia odrzwi u spodu; normalnie muszą odrzwia być oparte u spodu o łożyska, nie pozwalające na wyparcie ich w stronę dolnej wody, w razie jednak usuwania jazu z profilu musimy mieć możliwość obrócenia ich w stronę dolnej wody. Tę trudność pokonano w wielu wypadkach zupełnie zadowalniająco, jak to zobaczymy na szeregu przykładów podanych poniżej.

Wykonano także jazy z odrzwiami ruchomymi, opartymi o most, które posiadają jednak przeguby nie przytwierdzone u góry do mostu, lecz u spodu do części stałej jazu; odrzwia takie przewracają się w stronę dolnej wody, po usunięciu podpory u góry.



Rys. 115.

Wreszcie wykonano i takie jazy, przy których kładka stanowiąca podparcie odrzwi u góry, jest zapomocą przeciwcieżarów zrównoważona i może być podniesiona w górę. Taką konstrukcję wykonano w roku 1901 na Oise pod Oreil (rys. 116.) w celu kanalizacji rzeki¹⁾. Jaz o świetle otworów 31 m posiada stały most u góry umieszczony, złożony z dwu belek równoległych; wolna wysokość przejazdu od najwyższego stanu żeglugi licząc wynosi 4 m. Siedm metrów pod poziomem górnego mostu stałego znajduje się dolna kładka ruchoma, na której zawieszono są obracalnie odrzwia, opierające się u spodu o wyskok części stałej jazu. Na odrzwiach tych oparte są zastawki drewniane, toczące się na kółkach o łożyskach kulkowych.

Zastawki mają 1'066 m długości, 0'42 m wysokości i 4'7 cm grubości; ponad 6-ciu zastawkami o tych wymiarach znajduje się jeszcze siódma niższa. Kładka ruchoma składa się z dwu belek równoległych, połączonych belką poziomą 2'5 m szeroką, przenoszącą parcie poziome odrzwi na mury. Na pomoście kładki znajduje się tor, po którym jeżdżą wózki służące do transportu materiału. Kładka jest zawieszona na moście górnym zapomocą łańcuchów przechodzących przez bloki, a ciężar jest zrównoważony przeciwwagami. Odrzwia żelazne mają długości 4 m i są złożone z dwu ówek żelaznych, połączonych po dwie w ramy; ram takich jest w otworze 24. Jeżeli się chce jaz otworzyć, np. w razie wielkiej wody, usuwa się najpierw zastawki, następnie zapomocą żorawia posuwającego się po torze kładki podnosi się odrzwia do położenia poziomego, odłącza od przegubów, ładuje na wózki i wywozi do magazynu.

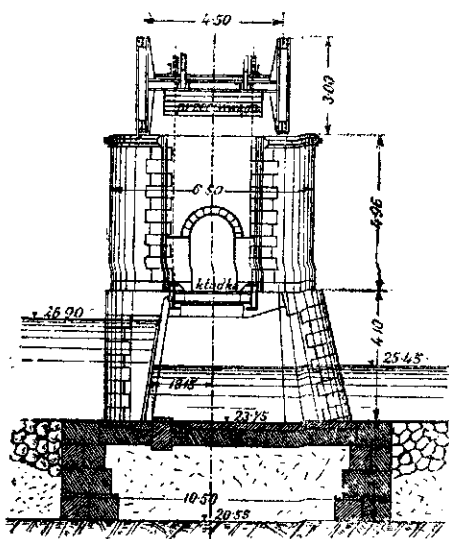
W przepuście sąsiednim o świetle 13'2 m wykonano konstrukcję inną, znacznie cięższą, do uruchomienia której służy osobna silna winda.

Podobny jaz wykonano w Czechach na Łabie pod Melnikiem²⁾ o świetle otworu 28 m. Odrzwia żelazne parami w ramy połączone zawieszono są u góry na moście, u dołu oparte o wyskok części stałej; między odrzwia wchodzi zasuw żelazny po 3 nad sobą umieszczone. Most podnosi się w górę wraz z odrzwiami i podniesionymi zasuwami o 6'44 m, tj. ponad wielką wodę, a następnie ramy odrzwiowe podnosi się do położenia poziomego. Podniesienie wyciągiem elektrycznym trwa 40 minut, wyciągiem ręcznym 2½ godziny.

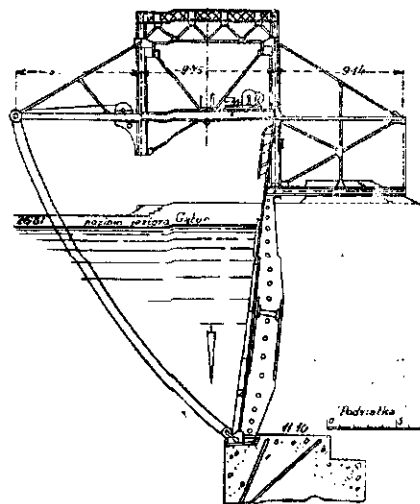
Osobny wreszcie system stanowią jazy zasuwowe, których zasuw oparte są o odrzwia zawieszono na moście obrotowym.

Taki jaz wykonano już dawniej w Ameryce

na kanale Sainte-Marie w celu zabezpieczenia kanału żeglugi przed wypłynięciem wody, w razie zburzenia bram służy komorowej. Obecnie wykonano takie jazy na kanale Panamskim w tym samym celu. Przy każdej ze śluz górnych, tak pod Gatun, jak pod Pedro Miguel i Miraflores, wykonano jazy złożone z ruchomych odrzwi, zawieszonych na jednym ramieniu mostu obrotowego, oraz ze zasuw opierających się na tych odrzwiach (rys. 117.). Most obrotowy posiada pionową oś obrotu, opartą na fundamencie przy ścianie bocznej śluzy komorowej i składa się z 2 belek wspornikowych pionowych o nierównych ramionach; ramię dłuższe dźwiga jaz, natomiast na końcu ramienia krótszego znajduje się przeciwwaga i maszynierja. Pas górny ramienia dłuższego belek mostowych jest poziomy, pas dolny ukośny. Na belkach pionowych zawieszona jest belka pozioma systemu Warrena, podzielona na 3 jarzma, na niej wiszą odrzwia podpierające zasuw.



Rys. 116.



Rys. 117.

¹⁾ De Mas „rivières canalisées“.

²⁾ „Wehranlage der Staustufe Nr. I an der Mittelbhe bei Melnik“. Allg. Bauzeitung 1913., jaz systemu Liebisch.

Odrzwia są połączone parami i mają przekrój skrzynkowy; wogóle jest 6 par odrzwi. Zasuwy wykonane są z blachy wypukłej i toczą się po kółkach; na całą wysokość zasłoniętą zasuwami (15,4 m) przypada 5 zasuw ponad sobą umieszczonych. Przeciwwaga składa się z kłoca betonowego, urządzenie maszynowe na tem ramieniu również współdziała tu swym ciężarem.

Cały jaz wraz z mostem obraca się zapomocą dwóch kół zębatach, poruszanych przez motory elektryczne, a zaczepiających o stały kwadrant zazębiony, osadzony na odpowiednim fundamencie. Motory poruszające koła zębata mają prąd zmienny trójfazowy 220 Volt i efekt 112 k. m. W razie zamknięcia kanału jazem, jaz i most będą unieruchomione zapomocą rygli umieszczonych w środku i na końcach belek¹⁾.

b) Jazy iglicowe (rys. 118.). Elementem spiętrzającym są tu tz. iglice; są to beleczki z drzewa *b* ustawione tuż obok siebie, oparte u dołu o wyskok w murze *w*, u góry o poziomą beleczkę *B*, opartą na kozłach żelaznych *K*, na których znajduje się pomost *p*. W czasie wyższych stanów iglice się wyjmują, kozły zaś kładzie na część stałą poprzecznie do osi rzeki. Największe spiętrzenie, jakie się jazem iglicowym da uzyskać, wynosi około 3 m, gdyż przy wyższych spiętrzeniach iglice wypadają za grube, a zatem za ciężkie.

Szczelność jazów iglicowych nie jest wielka, dlatego przy zakładach do wyzyskania siły wodnej, gdzie chodzi o oszczędność wody, nie są stosowne. Natomiast często stosuje się je przy kanalizacjach rzek. Przy większych spiętrzeniach daje się zamiast iglic zasuwę opartą na kozłach.

Jazy iglicowe i zasuwowe, przy których zasuwę oparte są na kozłach, nazwiemy jazami kozłowymi.

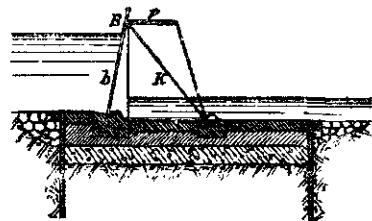
c) Jazy klapowe są to jazy składające się z poszczególnych tablic obok siebie ustawionych, obracalnych naokoło osi poziomych, lub pionowych. Położenie klap przy wyższych stanach wody następuje albo samoczynnie skutkiem parcia wody, albo ręcznie, lub zapomocą wind.

Jazy klapowe stosuje się tak przy zakładach o sile wodnej, jak i kanalizacjach rzek. Na rzekach o silnym ruchu rumowiska i przy nisko położonej części stałej nie powinny być stosowane, gdyż skutkiem zapiaszczenia źle funkcjonują, nadto nie należy ich stosować na rzekach o silnych pochodach lodów, gdyż łatwo ulegają zniszczeniu.

Wreszcie nowe typy jazów tworzą:

d) jazy walcowe i

e) jazy odcinkowe (segmentowe).



Rys. 118.

I. Jazy zasuwowe.

(Schützenwehr, barrage à vannes).

Jazy zasuwowe należą do najczęściej spotykanych urządzeń spiętrzających. Nadają się tak do małych, jak i dużych spiętrzeń, przytem równie dobrze zamykają małe, jak i wielkie otwory. Posiadają tę wielką zaletę, że są szczelne, co ma wielkie znaczenie przy jazach służących do wyzyskania siły wodnej, służach wpustowych etc. Przy kanalizacjach rzek, gdzie straty wody przez nieszczelność jazu nie mają tak wielkiego znaczenia, napotykamy częściej jazy iglicowe, które jednak praktyczne i wygodne są tylko przy spiętrzeniach mniejszych, nie przekraczających 2,5—3,0 m. Przy spiętrzeniu większem iglice wypadają zbyt długie i ciężkie, usuwanie ich jest zbyt uciążliwe. W takim razie muszą być i przy kanalizacjach rzek używane jazy innych typów, a więc naprzykład jazy zasuwowe.

Elementem spiętrzającym jest tu pionowa, lub lekko nachylona zasuw, oparta obustronnie albo o podpory stałe, a więc przyczółki, lub filary murowane, żelazne, żelazno-betonowe, wreszcie żelazne obetonowane, lub też o podpory ruchome. Jako podpory ruchome służyć mogą odrzwia ruchome, zawieszane u góry na moście lub kładce, a u dołu oparte o próg części stałej jazu i podnoszone w górę, lub

¹⁾ M. A. Dumas „Le Canal de Panama“ Ann. d. P. e. Ch. 1912., oraz artykuł autora Czasop. techn. lwowskie 1913.

też koźły żelazne, które w czasie wyższych stanów kładzie się na dno jazu. Ten ostatni rodzaj jazów zasuwowych opiszemy osobno przy omawianiu jazów koźlowych.

Większe zasuwę wykonuje się przeważnie z żelaza walcowanego; normalnie zasuwę składa się z żeber (rygli) poziomych, (kształtki, belki blaszane, lub kratowe), rozmieszczonych w odstępach zmniejszających się ku dołowi w ten sposób, aby parcia wody przypadające na poszczególne żebra były równe. Na żebrach tych spoczywa blacha opierająca, która przyjmuje parcie wody i przenosi na żebra; cały układ może być jeszcze żebrami pionowymi rozparty i usztywniony. Zamiast opierzenia z blachy walcowanej używa się także opierzenia z dyli drewnianych, zwłaszcza przy mniejszych rozmiarach zasuw.

Jaki system jazu zasuwowego w danym wypadku będzie stosowny, zależy to od warunków jakie dany jaz ma spełniać. Na rzekach górskich o gwałtownym charakterze wezbrań, przy których w krótkim czasie następuje znaczne podniesienie stanu wody, stosowniejsze są wielkie zasuwę, zamykające zatem wielkie otwory jazowe. Zasuwę takie, zwłaszcza jeżeli się używa wyciągów poruszanych motorami elektrycznymi, mogą być bardzo szybko usunięte z profilu przepływu wielkiej wody. Jeżeli natomiast w danym wypadku nie zachodzi potrzeba zbyt szybkiego usunięcia spiętrzenia, nadto przy spiętrzeniach niezbyt wysokich, używa się zasuw opartych o podpory pośrednie, a więc na przykład o odrzwia stałe, lub ruchome. Wtedy zasuwę otrzymują zwykle mniejszą długość, 1 — 2 m, wyjątkowo do 4 m. Jeżeli rzeka posiada silne pochody lodów, to użycie podpór pośrednich stałych (odrzwia stałe, czyli słupy, stałe koźły) jest wykluczone; w takim wypadku muszą być urządzone wielkie otwory wolne dla przeprowadzenia wody i lodów. Przy wykonanych konstrukcjach używano już zasuw jednolitych ponad 24 m długich, spiętrzających wodę ponad 8 m. Przy wielkich zasuwach musi być tarcie posuwiste zamienione na potoczyste, a zasuwę przytem należy uszczelniona. Pod względem celowości konstrukcji wybił się na pierwszy plan system zasuw Stoney'a, który w dalszym ciągu opiszemy. Zasuwę tego systemu mogą być używane nawet do bardzo wysokich spiętrzeń; dla jazu na Renie pod Laufenburgiem zaprojektowano zasuwę 17 m wysokie, w grobli Roosevelta (Arizona) znajdują się zasuwę Stoney'a pod ciśnieniem 78-u m.

Zasuwę, przy których tarcie posuwiste zamienione jest na potoczyste, podzielić należy na dwa rodzaje. Pierwszy rodzaj stanowią zasuwę toczące się po kółkach, których osie przytwierdzone są stałe do oprawy niszy zasuwę, lub do samej zasuwę. W tym wypadku parcie wody wywołuje prócz tarcia potoczystego, także tarcie czopowe. Większe zasuwę posuwają się po wałkach umieszczonych na obu końcach zasuwę i z nią niepołączonych. Wałki te złączone są w jeden system zapomocą ramy żelaznej, tworząc w ten sposób wózek ruchomy, posuwający się wraz z zasuwą. Obustronne wózki z wałków odbywają tylko połowę drogi zasuwę, albowiem zasuwę prócz ruchu wspólnego z wałkami odbywa jeszcze własny ruch po wałkach. Ten drugi rodzaj zasuwę ma tę korzyść, że nie występuje tu tarcie czopowe zależne od parcia wody, tylko tarcie potoczyste.

W pewnych wypadkach może się okazać korzystnem podzielenie zasuwę na części w kierunku pionowym (system Boulé), gdyż wtedy łatwiej pojedyncze mniejsze zasuwę podnosić. Takie zasuwę dzielone mogą być umieszczone między podporami w jednej płaszczyźnie, a wtedy można podnosić jedną po drugiej, lub też w różnych płaszczyznach, a wtedy mogą być podnoszone niezależnie od siebie.

Przy podnoszeniu wielkich zasuw trzeba pokonać przedewszystkiem ciężar zasuwę, który może być nieraz znaczny (kilkadziesiąt, a nawet kilkaset ton). Dlatego takie zasuwę odciąża się przeciwwagami. Schemat wielkiej zasuwę poruszanej po wózkach z wałków i odciążonej przeciwwagami podaje fig. 8. tabl. VII. Zasuwę zawieszona jest w środku ciężkości w punktach *A* zapomocą dwóch symetrycznych łańcuchów Galla; obydwie końce każdego łańcucha nawinięte są kilkakrotnie na wały *B* i *C*, a następnie dźwigają przeciwwagi *G*, odciążające zasuwę. Wózki wałków złączone ramą *R* odbywają połowę drogi zasuwę, mogą być zatem zawieszone w sposób uwidoczniiony na figurze. Łańcuch *l* opasuje kółko *r* przymocowane do wózka i jest przytwierdzone jednym końcem do zasuwę w punkcie *a*, drugim końcem do kładki w punkcie *b*. Naturalnie, że zamiast umieszczać na każdym końcu zasuwę dwie przeciwwagi, można dać tylko po jednej.

Podnoszenie wielkich zasuw odbywa się zapomocą łańcuchów Galla, lub lin drucianych, nawiniętych na wał wyciągu. Zwykłych łańcuchów używa się tylko przy mniejszych zasuwach i to tylko wtedy, jeżeli zasuwę jest dość ciężka, aby mogła zesunąć się na dół, w przeciwnym razie stosowniejsze są trzonki ząbione. Użycie łańcuchów Galla przy wielkich zasuwach jest najstosowniejsze, zapewnia bowiem jednostajne podnoszenie się zasuwę po obu stronach.

Jeżeli zaprojektujemy wielkość otworów jazowych, które mają być zasuwami zamknięte, przystąpić trzeba będzie do projektu samej zasuw. W pierwszym rzędzie trzeba przyjąć ilość żeber poziomych i oznaczyć ich rozstaw. Ilość żeber zależną będzie od wysokości i długości (rozpiętości poziomej) zasuw, nadto od wielkości największego spiętrzenia. Zauważyć trzeba przytem, że przy zasuwach o znacznem spiętrzeniu i dużej rozpiętości wypadają żebra dużych rozmiarów, nie można zatem przyjmować zbyt wielkiej ilości żeber, gdyż odstępy mogłyby wypaść zbyt małe, co utrudnia nitowanie. Prócz tego decydujący wpływ ma tu względ na oszczędność materiału. Otóż okazuje się, że im żeber będzie mniej, tem ilość materiału będzie mniejsza, a zatem i koszty mniejsze. Nowsze konstrukcje wielkich zasuw objawiają właśnie dążność do zmniejszenia ilości żeber, jak to zobaczymy w dalszym ciągu, przy opisie wykonanych konstrukcji. Przy zasuwach bardzo długich, a stosunkowo niskich, może się okazać praktycznem wykonanie tylko dwu żeber, a to u wierzchu i u spodu zasuw, oraz podparcie blachy opierającej zapomocą żeber pionowych, opartych u góry i u dołu na wspomnianych dwu żebrach poziomych (ramowych). Przy dużych zasuwach warto przerachować ciężary materiału dla kilku zaprojektowanych alternatyw.

Jeżeli przyjmiemy ilość żeber, to łatwo oznaczyć ich pionowe odstępy, odpowiadające powyżej postanowionemu warunkowi jednomiernego rozkładu parcia wody.

Na tablicy VII-ej fig. 14. przyjęto wysokość zasuw $H = 10\text{ m}$, oraz oznaczono odstępy żeber dla przyjętej ich liczby $n = 5$. Poziome rzędne paraboli wykreślonej po lewej stronie zasuw, oznaczają wielkość sumarycznego parcia wody od szczytu zasuw, aż do danego poziomu, licząc na 1 mb. długości zasuw. Każda więc pozioma rzędna paraboli oznacza $x = \gamma \frac{h^2}{2}$, a największa rzędna u spodu $\gamma \frac{H^2}{2}$, czyli

całkowite parcie na zasuwę $= 1 t \cdot \frac{10^2}{2} \cdot 1\text{ m} = 50\text{ ton}$. Przyjmując 5 żeber wypada na jedno żebro

$\frac{50}{5}\text{ ton} = 10\text{ ton}$. Dzieląc poziomą największą rzędna paraboli na 5 równych części i prowadząc od punktów podziału pionowe aż do przecięcia się z parabola, a od tych punktów przecięcia poziome, otrzymujemy pola przypadające na poszczególne żebra. W środkach tych pól przyjmujemy żebra i obliczamy je według momentu zgięcia, przypadającego na daną rozpiętość zasuw; części zasuw wystające ponad najwyższe i ponad najniższe żebro, można traktować jako wsporniki. Celem należytego przeniesienia ciśnienia żeber na łożyska, urządzało w nowszych konstrukcjach przegubowe połączenie żeber z łożyskami.

Zastosowanie obustronnych wózków złożonych z wałków, po których się zasuw porusza, nadto uszczelnienie według systemu Stoney'a, wymaga zaprojektowania urządzeń służących do ochrony tych części konstrukcyjnych. W czasie wielkiej wody, gdy zasuw są podniesione, powstaje w niszach dla łożysk silny prąd wody, oraz wiry, mogące uszkodzić wózki, po których poruszają się zasuw, zwłaszcza że wózki te połową swej długości wystają ponad zasuwę. W tym celu stosowano różne środki, a mianowicie osłony z żelaza lanego, lub kutego, przymocowane do murów filarów i przyczółków od górnej i dolnej strony zasuw (tabl. VIII. fig. 8. zakład Albula), rozszerzenie światła między filarami od strony dolnej, tj. poniżej łożysk zasuw, celem zmniejszenia chyżości i wirów, wreszcie urządzenia mechaniczne, wciągające samoczynnie wózki pod zasuwę, w chwili gdy zasuw dochodzi do górnego położenia¹⁾. Wózki są w takim razie zasłonięte zasuwą i zupełnie bezpieczne. Wreszcie proponowano także zastosowanie wózków złożonych z łańcucha wałków²⁾. Hilgard³⁾ podaje szkic konstrukcji przedstawiony na tabl. VII fig. 15—17. W niszy osłoniętej znacznie rozszerzoną przednią częścią filaru (fig. 17.) znajduje się łożysko zasuw z uszczelnieniem systemu Stoney'a, na którem toczą się wałki, połączone ze sobą ogniwami specjalnego łańcucha w sposób ciągły. W ten sposób przy wyciąganiu zasuw łańcuch wałków podnosi się równocześnie z zasuwą i pozostaje zakryty.

Do dalszych szczegółów konstrukcyjnych należy stosowane tu i ówdzie wykonanie osobnej ruchomej górnej części zasuw jako zasuw lub kłapy do przepuszczania lodu, tudzież użycie zasuw dzielonych, umieszczonych w różnych płaszczyznach. W takich wypadkach trzeba dbać nie tylko o uszczelnienie boczne, ale i o uszczelnienie poziome między poszczególnymi zasuwami. To uszczelnienie wykonuje się najczęściej zapomocą belek drewnianych, przymocowanych do górnej ramy zasuw dolnej, oraz do

¹⁾ A. Dumas: Le Canal de Panama, Annales des ponts et chaussées 1912 II.

²⁾ XI. Międzynarodowy kongres żeglugi w Petersburgu 1908. „Zakładanie jazów na rzekach“, referat inżyn. Cipolettiego.

³⁾ Handbuch der Ingenieurwissenschaften, Stauwerke 1912.

dolnej ramy zasuwę górnej, wspierających się przy zamknięciu na sobie, dalej zapomocą pasków skórzaných, wreszcie można to zrobić także w sposób przedstawiony na tablicy VII. fig. 18.

Ciężar własny zasuwę zależy wprawdzie głównie od jej wysokości i od długości (rozpiętości), ale wpływa tu w znacznej mierze także rodzaj konstrukcji, rozmieszczenie żeber, większa lub mniejsza pewność konstrukcji, dodatki w wymiarach z uwagi na zużycie i rdzewienie etc. Dlatego nie można podać dokładnego wzoru teoretycznego, z którego na podstawie głównych wymiarów zasuwę można by z góry oznaczyć ciężar własny. Hilgard podaje następujący wzór przybliżony na ciężar S jednego m^2 zasuwę w kg :

$$S = 10 \delta + \frac{1}{H} (220 + 56 H) + 5.2 L + \frac{1000}{L} + 2.5 H. L$$

We wzorze tym oznacza:

H wysokość zasuwę w metrach,

L rozpiętość między łożyskami,

n liczbę żeber poziomych,

δ grubość blachy opierającej,

H_s odstęp pionowy od najwyższego spiętrzonego zwierciadła, aż do poziomu w połowie wysokości zasuwę.

Przy zasuwach opartych na podporach pośrednich (odrzwiach) korzystnie będzie nieraz wykonać zasuwę wystające poza podpory, lub nawet oparte na kilku podporach; żebra takich zasuw będą belkami wystającymi lub ciągłymi, co wpływa korzystnie na zmniejszenie wymiarów. Przykład takiej konstrukcji widzimy na fig. 8. tabl. XVII.

A. Jazy z mostem górnym i podporami (odrzwiami) pośrednimi.

(*Brückenwehre, barrages au pont superieur*).

Jest to system bardzo rozpowszechniony, używany tak przy małych jak i wielkich jazach. Myśl skombinowania jazu z mostem jest już bardzo dawna, jednak pierwszy urzeczywistnił ją inżynier francuski Tavernier, który w roku 1872 podał projekt jazu skombinowanego z mostem dla Rodanu; elementem spiętrzającym miały być tu jednak iglice. W latach 1874—5 wykonano taki jaz w Pretzien pod Magdeburgiem, na bocznym ramieniu Łaby, a w roku 1885 wielki jaz pod Poses na dolnej Sekwanie. Konstrukcję tych jazów przedstawimy w dalszym ciągu.

Elementami takiego jazu są podpory pośrednie, czyli odrzwia, oraz część spiętrzająca, tj. zasuwę, lub zasłony zwijane.

Odrzwia mogą być ruchome, albo stałe, ten drugi rodzaj przy jazach żelaznych rzadko stosowany, gdyż zazwyczaj wykonujemy konstrukcję ruchomą zupełnie z profilu wielkiej wody usuwalną. Wyjątkowo na rzekach o niezbyt silnej wielkiej wodzie wykonano odrzwia stałe, jak np. w jazu na Sprewie pod Charlottenburgiem (rys. 119.).

Cały profil jazowy podzielony tu jest na 4 otwory po 10.50 m światła, oddzielone przyczółkami i filarami murowanymi, piąty otwór stanowi przepust dla tratw. Odrzwia składają się z dźwigarów **I**, do których po stronie górnej przymocowano dźwigary **II**; o żebra tych ostatnich opierają się zastawki. Każdy z czterech otworów jazu podzielony jest zapomocą czterech odrzwi na pięć części po 2 metry światła. U spodu są odrzwia przytwierdzone do łożysk żelaznych, osadzonych w płycie fundamentowej. Na filarach osadzony jest pomost żelazny z pokładem drewnianym; odrzwia przytwierdzone są u góry do poprzecznicy blaszanej typu **III**. Po wyciągnięciu zasuwę do góry zapomocą wyciągu **W**, można ją obrócić do położenia poziomego zapomocą windy **K**, poruszającej się na szynach. Ponieważ zasuwę położone po stronie przyczółków lub filarów oparte są o występy muru, zatem celem umożliwienia obrotu zasuwę musiano wykonać wcięcie **C** w murach. Jak widać z rysunku zasuwę składa się z dwu części, połączonych zawiasami; część dolna po podniesieniu zasuwę zwisa na dół.

Jak już poprzednio powiedziano, zwyczajny sposób wykonania jest taki, że odrzwia zawieszone są górnym końcem na moście (rys. 120.), a u spodu opierają się tylko o próg, można je więc podnieść w górę pod most, aż do położenia poziomego, przyczem obracają się naokoło górnego przegubu. Parcie wody przenosi się zapomocą zastawki m n . Odrzwia oblicza się z uwagi na stan wody spiętrzonej aż

do wierzchu zastawek, stan dolnej wody można pominąć. Przyjmijmy na razie odrzwia pionowe. Parcie wody $P = \frac{1}{2} \gamma b h^2$, gdzie b oznacza odstęp odrzwi od osi do osi.

Biorąc momenty sił ze względu na punkt B otrzymamy górne oddziaływanie O_1 z równania momentów:

$$O_1 \cdot l = \frac{1}{2} \gamma b h^2 \cdot \frac{h}{3} = \frac{1}{6} \gamma b h^3$$

$$O_1 = \frac{\gamma b h^3}{6l}$$

Moment zgięcia w dowolnym punkcie w głębokości z pod spiętrzonem zwierciadłem będzie:

$$Mz = O_1 (l - h + z) - \frac{1}{2} \gamma b z^2 \cdot \frac{z}{3}$$

$$Mz = \frac{\gamma b h^3}{6l} (l - h + z) - \frac{1}{6} \gamma b z^3$$

Największy moment będzie w miejscu, gdzie $\frac{dMz}{dz} = 0$, czyli gdzie siła poprzeczna $O_1 - \frac{1}{2} \gamma b z^2 = 0$

$$\frac{\gamma b h^3}{6l} - \frac{1}{2} \gamma b z^2 = 0 \text{ skąd}$$

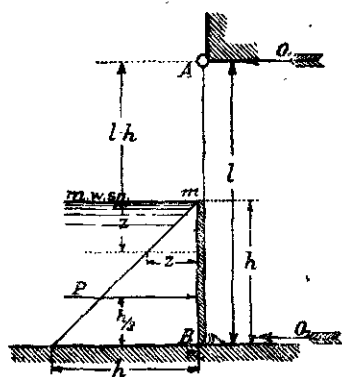
$$z = \sqrt{\frac{h^3}{3l}}; \text{ wstawiając tę wartość}$$

w równanie otrzymuje się:

$$M_{max} = \frac{\gamma b h^3}{6l} \left(l - h + \sqrt{\frac{h^3}{3l}} \right) - \frac{1}{6} \gamma b \left(\frac{h^3}{3l} \right)^{\frac{3}{2}} \text{ skąd}$$

$$M_{max} = \frac{\gamma b h^3}{6l} \left\{ l - h + \sqrt{\frac{h^3}{3l}} - \frac{1}{\sqrt{l}} \left(\frac{h}{3} \right)^{\frac{3}{2}} \right\}$$

Korzystnie jest jednak przyjąć odrzwia trochę pochylone, wtedy już własnym ciężarem są przyciskane do progów, względnie do dolnych łożysk.



Rys. 120.

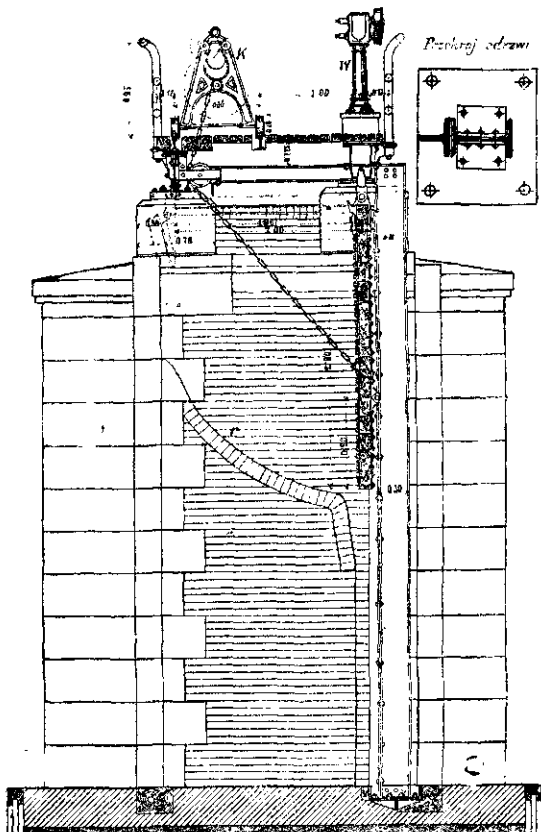
W takim razie, przyjmując również w celu uogólnienia zadania pewien stan dolnej wody, obliczymy największy moment zgięcia w sposób następujący: (rysunek 121.).

Parcie wody od małej wody spiętrzonej, tj. od górnej krawędzi zastawek, aż do dolnej wody, przedstawia się jako trójkąt mno , poniżej jako prostokąt $nopr$, odrzwia są nachylone do pionu pod kątem α .

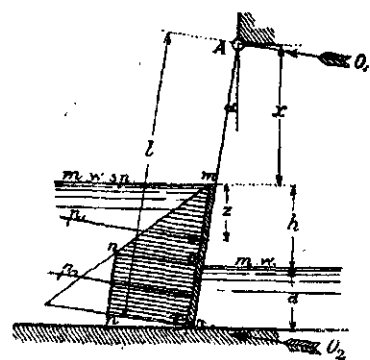
Oddziaływanie znajdziemy jak poprzednio, biorąc momenty sił ze względu na punkt B .

$$O_1 l = \frac{1}{2} \gamma b \frac{h}{\cos \alpha} \cdot \frac{h \cdot \left(\frac{h}{3} + a \right)}{\cos \alpha} + \gamma b h \cdot \frac{a}{\cos \alpha} \cdot \frac{a}{2 \cos \alpha}$$

$$O_1 = \frac{\gamma b h}{2 \cos^2 \alpha} \left\{ h \left(\frac{h}{3} + a \right) + a^2 \right\}$$



Rys. 119.



Rys. 121.

Moment zgięcia w głębokości z pod spiętrzonem zwierciadłem będzie:

$$M_z = \frac{O_1 (x + z)}{\cos \alpha} - \frac{1}{2} \gamma b \frac{z^2}{\cos \alpha} \cdot \frac{z}{3 \cos \alpha}$$

$$M_z = \frac{O_1 (x + z)}{\cos \alpha} - \frac{1}{6} \gamma b \frac{z^3}{\cos^2 \alpha}$$

Maximalny moment będzie w miejscu, gdzie $\frac{dM_z}{dz} = 0$, czyli gdzie siła poprzeczna będzie równa 0, zatem:

$$O_1 - \frac{1}{2} \gamma b \frac{z^2}{\cos \alpha} = 0, \text{ skąd } z = \sqrt{\frac{2 O_1 \cos \alpha}{\gamma b}}, \text{ a moment maksymalny}$$

$$M_{max} = \frac{O_1 \left(x + \sqrt{\frac{2 O_1 \cos \alpha}{\gamma b}} \right)}{\cos \alpha} - \frac{1}{6} \frac{\gamma b}{\cos^2 \alpha} \left(\frac{2 O_1 \cos \alpha}{\gamma b} \right)^{3/2}$$

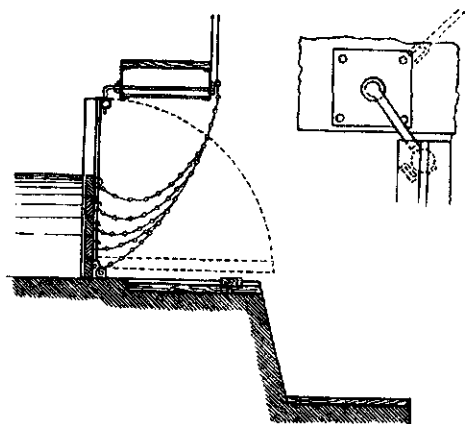
Jeżeliby wypadło, że moment maksymalny jest w punkcie poniżej dolnej wody położonym, natenczas trzeba by jeszcze w równaniu na siłę poprzeczną uwzględnić ciśnienie dolnej wody.

Mając największy moment, obliczamy przekrój poprzeczny odrzwi według znanego wzoru $vJ = Me$.

Jeżeli chodzi o małe spiętrzenie i stosunkowo krótkie odrzwia, to dajemy im przekrój na całej długości stały, w razie gdy siły działające i długości odrzwi są znaczne, dajemy przekroje zmienne, (np. przekrój skrzynkowy o zmiennej wysokości), dostosowane do wielkości momentu zgięcia w każdym punkcie.

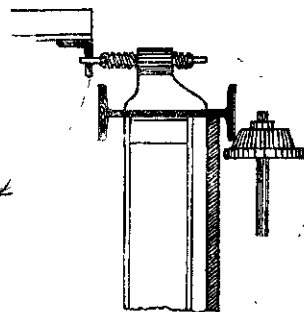
Sposób zawieszania odrzwi u góry na moście, oraz oparcia u dołu o część stałą jazu, objaśniony będzie szczegółowo w dalszym ciągu na szeregu wybitnych przykładów, tu zauważa się tylko, że są one zawieszone u góry na przegubach, przytwierdzonych u spodu mostu do belki głównej, poprzecznicy, lub też osobnego wspornika. Zamiast przegubów krótkich, można u spodu mostu umieścić okrągły pręt żelazny, przebiegający wzdłuż całego mostu i na nim zawiesić odrzwia. U spodu opierają się odrzwia o wyskok części stałej jazu, przechodzący nieprzerwanie na całej długości, lub też o osobne łożyska, wystające zatem tylko w tem miejscu ponad koronę części stałej, gdzie potrzeba odrzwia podeprzeć. Ten drugi sposób wykonania jest odpowiedniejszy z uwagi na odpływ wielkiej wody, gdyż unikamy niepotrzebnego podniesienia części stałej.

Wyjątkowo, przy małych urządzeniach, wykonano i takie konstrukcje, gdzie odrzwia są u góry oparte o most, a przeguby mają u dołu na części stałej. Jest to system Kletta, zwany także w Niemczech jazem Rheinharda (rys. 122.). Na odrzwiach są tu oparte dyle, stanowiące ścianę spiętrzającą; każdy dyl można wyjmować osobno, zapomocą przymocowanych doń haków.



Rys. 122.

Jeżeli jednak chodzi o nagłe otwarcie jazu, natenczas usuwa się górne podparcie odrzwi, a odrzwia się przewracają. Dyle spływają, jednak zapomocą przymocowanych do nich łańcuchów można je wyciągnąć na pomost. Górne łożysko stanowi kula obracalna około osi osadzonej na moście. Jeżeli zapomocą klucza obrócimy oś wraz z kulą, to słup odrzwiowy traci podparcie górne i przewraca się. Zamiast takiego podparcia wykonano na rzece ba-
deńskiej Wutach urządzenie przed-



Rys. 123.

stawione na rys. 123. Jest to śruba w murze stałej, przytwierdzonej do mostu, obracalna zapomocą klucza, której czop dolny wchodzi w otwór kątówki przymocowanej do odrzwi.

Tego rodzaju konstrukcje, z przegubem odrzwi u spodu, możliwe naturalnie są tylko przy małych urządzeniach i spiętrzeniach, powiedzmy do 1-go metra.

Co do konstrukcji mostu, to zależy ona od rozpiętości, a więc od odstępu filarów — przy małych rozpiętościach wypadnie dać belki blaszane, przy dużych belki kratowe równoległe. Na moście umieści się wyciągi potrzebne do podnoszenia zasuw, oraz wyciągi do podnoszenia odrzwi; celem uzyskania potrzebnego miejsca musi mieć most odpowiednią szerokość, względnie trzeba będzie wykonać wsporniki, a na nich oprzeć pomost pomocniczy. Wyjątkowo wykonano dwa pomosty obok siebie, jak na przykład na jazie pod Poses.

Zawieszenie. Odrzwia umieszcza się albo w węzłach belek głównych, albo między węzłami; pierwszy sposób jest pod względem statycznym odpowiedniejszy, gdyż ciśnienie górnych końców odrzwi przenosi się wprost na węzły belek głównych, jednak i drugi sposób stosowany jest także, gdyż w pewnych wypadkach konstrukcja jest ułatwiona. Co do podnoszenia odrzwi zauważa się jeszcze, że podnosi się je albo pojedynczo, alboważ łączy zapomocą poprzeczek w ramy złożone z 2, 3, a nawet 4 odrzwi i całą ramę od razu podnosi.

Zasuwy podnosi się zazwyczaj tak wysoko w górę, aż wyjdą z odrzwi; można je wtedy zawiesić na belkach głównych, albo wiszą na wyciągach, albo wreszcie, jeżeli mają małe wymiary, można je wyciągnąć aż na pomost. Jeżeli belki główne są wysokie, to do zawieszenia zastawek jest dość miejsca, jeżeli zaś są niskie, natenczas daje się podwyższenie stanowiące ramę żelazną i na niej umieszcza wyciągi, lub krążki, przez które przechodzą liny wyciągowe, lub łańcuchy. Zamiast tego, wykonano także jazy, przy których zastawki podnosi się w górę odrzwi, a następnie obraca razem z odrzwiami do położenia poziomego pod most.

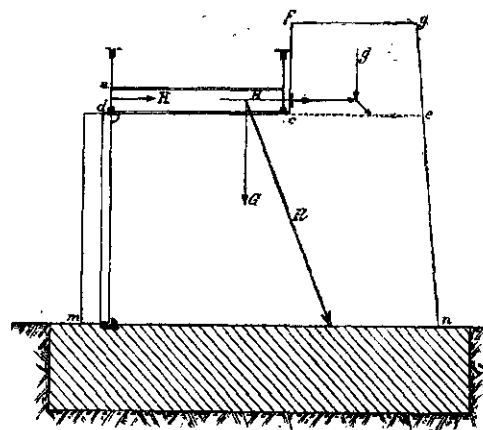
Każda zasuwa może mieć osobny wyciąg, lub też wyciąga się ją zapomocą windy umieszczonej na wózku, poruszającym się po torze; często istnieją dwa tory, jeden dla wyciągu zastawek, drugi dla wyciągu odrzwi, względnie ram odrzwiowych.

Ciśnienie wywarte za pośrednictwem odrzwi na most może go przesunąć, jeżeli jest większe jak opór przeciw przesunięciu, zależny od ciężaru mostu.

Nadto powstają w konstrukcji mostowej dodatkowe natężenia, które trzeba uwzględnić przy obliczeniu mostu, tudzież natężenia we filarach (rys. 124.).

Zasadniczo parcie poziome H przenosi się na belkę poziomą, stanowiącą zarazem dolny tężnik mostu; jej częściami składowymi są pasy dolne belek głównych, poprzecznicę i krzyżulce przekątne. Tę belkę należy obliczyć na siły poziome, przeniesione przez odrzwia, oraz na parcie wiatru na most.

Co do zniesienia siły poziomej H starającej się most przesunąć, to istnieją tu różne sposoby. Zwykle przedłuża się filary poza most i nadmurowuje (część $c e f g$, rys. 124.), a połowę parcia poziomego wywartego na most przenosi się zapomocą pionowych łożysk z każdej strony na filar. Żądamy naturalnie, aby wypadkowa z ciężaru nadbudowy g i parcia poziomego H pozostała w obrębie jądra szwu $c—e$, a tak samo, aby wypadkowa z ciężaru całego filaru i parcia H pozostała w obrębie jądra szwu $m—n$. Inny sposób polega na zakotwieniu muru do muru filaru zapomocą kotew przytwierdzonych do belki głównej, lub osobnych silnych dźwigarów poprzecznych na końcu mostów umieszczonych; kotwy te kończą się tarczą w głębi murów przyczółków i filarów. W niektórych wypadkach mamy oba sposoby łącznie zastosowane. Szczególną uwagę trzeba zwrócić przy przeniesieniu parcia poziomego na most, a z mostu na mur, na umożliwienie dilatacji i to nie tylko w kierunku podłużnym, ale także przy wielkich konstrukcjach w kierunku poprzecznym; urządzenia te poznamy na szeregu przykładów.



Rys. 124.

Jaz pod Poses, stanowiący jeden ze stopni kanalizacji Sekwany poniżej Paryża (tabl. IV. fig. 1. i 2. i rys. 125.), posiada 7 otworów; dwa lewe stanowią przepust dla statków i mają światło po 32'48 m, reszta otworów po 30'16 m. Rzędna spiętrzonego zw. leży 5 m ponad progiem. Otwory są przedzielone filarami mającymi 4 m grubości, a 23'19 m długości, na których spoczywa podwójny most żelazny, złożony z 3 belek równoległych. Most jest tak założony, że w przepuście dla statków przy wyciągniętej konstrukcji ruchomej jest ponad najwyższym stanem żeglugi przestrzeń wolna 5'25 m wysoka. Jak

poprzednio wspomniano, są tu właściwie dwa mosty obok siebie, będziemy je nazywać mostem dolnym, lub górnym, zależnie od położenia po stronie górnej, lub dolnej wody.

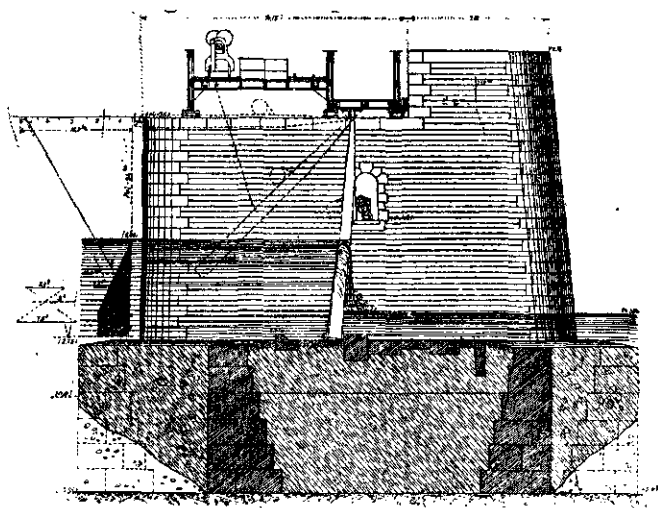
Do spodu konstrukcji pomostu mostu dolnego przytwierdzone są wały poziome, równoległe do osi mostu. Na tych wałach zawieszone są obrotowo odrzwia ruchome 11,615 m długie, połączone ze sobą po cztery zapomocą kątówek i tworzące w ten sposób ramy, jako szkielet jazu ruchomego. Na tych ramach wspierają się zasłony zwijane, podobne do stor okiennych, które tworzą element spiętrzający. Celem usunięcia spiętrzenia zwija się zasłony w górę i obraca ramy odrzwiowe naokoło ich przegubów do położenia poziomego pod most; cała zatem konstrukcja ruchoma znajdzie się nad wodą i może być obejrzana i naprawiona.

Most dolny służy więc do zawieszenia odrzwi, prócz tego przenosi on siłę poziomą, pochodzącą od parcia wody, a przeniesioną przez górne końce odrzwi na filary mostowe, drugi od strony górnej wody służy do poruszania ram odrzwiowych; obydwie mosty tworzą właściwie jeden most z dwoma pomostami, w różnych poziomach założonymi. Takie połączenie obu mostów ma tę korzyść, że zwiększa się opór przeciw przesunięciu; szerokości pomostów i ich poziomy wynikły z dążności do uwygodnienia poruszania części składowych jazu. Pomost górny (manipulacyjny) posiada naprzeciw każdej ramy otwory poziome $1,50 \times 2,50$ m, przez które można zasłony zwinięte wyjąć na pomost do naprawy, ewentualnie założyć na ramy.

Wszystkie 3 belki posiadają kratę równoległą z przekątniami i słupami pionowymi, o odstępach węzłów 2'32 m, odpowiadających szerokości elementów ruchomych jazu. Otworom jazowym o świetle 32'48 m i 30'16 m odpowiada 14, względnie 13 elementów. Szerokość pomostu dolnego wynosi 3,50 m, między belkami głównymi znajduje się belka kratowa pozioma, przenosząca ciśnienie odrzwi na mury filarów, względnie przyczółków, zapomocą pionowych łożysk. Szerokość pomostu górnego (7,55 m) dostosowano do warunku, aby kierunek łańcuchów ciągnących ramy nie był zbyt stromy.

Łańcuchy są zawieszone w punkcie leżącym 90 cm pod wodą spiętrzoną, a kąt ich odchylenia od pionowej na początku podnoszenia wynosi 33° . Łożyska belek głównych, oraz łożyska boczne przenoszące ciśnienie, posiadają wałki umożliwiające dilatację. Na moście górnym są dwa tory, jeden do ruchu windy podnoszącej ramy, drugi do ruchu żórawia, służącego do podnoszenia i kładzenia zasłon na ramy. Na moście dolnym jest trzeci tor, po którym poruszać się może osobna winda, służąca do podnoszenia odrzwi w kierunku pionowym, o czym później. Wszystkie trzy tory mają szerokość 80 cm od osi do osi szyn.

Nachylenie ram odrzwiowych wynosi 15:1, skutkiem czego opierają się o dolne podpory składową własnego ciężaru. Wykonane są jako belki blaszane, złożone ze ścianki i kątówek o typie , wysokość belek aż do wy-



Rys. 125.

sokości 2'50 m ponad poziom wody spiętrzonej wynosi 0,700 m, poczem przekrój się zwęża, a przy końcu wysokość jego wynosi 0,25 m. Odrzwia są osadzone symetrycznie po dwa na tejsamej poziomej osi obrotu, wykonanej z żelaza okrągłego $90^m/m$ średnicy i mają wspólny pręt poprzeczny do przymocowania łańcucha, zapomocą którego się je obraca w górę (żel. okrągłe $50^m/m$). Każda grupa z dwóch odrzwi ma 91 cm szerokości; a odstęp od sąsiedniej grupy wynosi 25 cm. Cztery odrzwia, czyli dwie grupy połączone są razem w jedną ramę w czterech miejscach kątówkami, nadto trzema prętami okrągłymi $65^m/m$ średnicy, służącymi także do przyczepiania ruchomej kładki, której cel podany będzie w dalszym ciągu. Każda rama ma więc u góry dwa pręty stanowiące osie obrotu i dwa łańcuchy do podnoszenia. Osie obrotu opierają się końcami na wspornikach założonych pod pomostem mostu dolnego, prócz tego zaś wiszą na pionowych ścięgnach, przechodzących przez poprzecznicę i u góry na nich zawieszonych. Zapomocą osobnego urządzenia można regulować pozycję odrzwi, tak w kierunku pionowym, jak i poziomym.

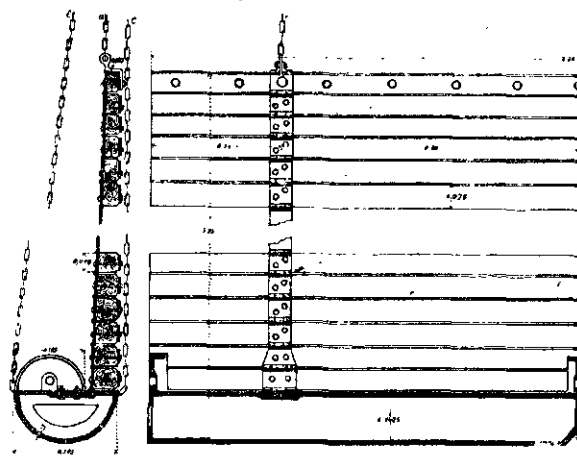
Po stronie dolnej ram, 1 metr nad poziomem spiętrzzonej wody, znajduje się przy jednej z poprzeczek łączących odrzvia kładka, służąca do obsługi zasłon zwijanych. Składa się ona z elementów 1'16 m długich, złożonych z ramy żelaznej , na której spoczywa pomost i tor o odstępnie szyn 0,55 m, po którym porusza się winda służąca do poruszania zasłon. Rama podstawowa kładki jest złączona górnym krajem ze swą grupą odrzwi zapomocą dwu zawiasów. Po obróceniu odrzwi do położenia poziomego można kładkę obrócić tak, że znajdzie się pod odrzwiami i wystaje popod nie tylko 0,25 m, oraz zawiesić na poprzeczce odrzwi. Aby można przejść przez wszystkie otwory jazu, wykonano we filarach otwory odpowiednio wysokie; w tych otworach pozostawia się windę do podnoszenia zasłon w razie podnoszenia części ruchomej jazu.

Zasłony zwijane systemu Caméré (Rollvorhänge, rideaux articulées), stanowiące tu element spiętrzający, użyte były najpierw przy jazach koźlowych na Sekwanie (jaz pod Port-Ville), a pomysł powstał w ten sposób, że starano się jazy iglicowe uszczelniać, dając na iglicach płótno maczane w smole, później przymocowywano do niego listewki, a wreszcie skonstruowano zasłony zwijane, składające się z poziomych beleczek drewnianych tuż ponad sobą umieszczonych, oraz z dwu linii zawiasów po stronie górnej wody umieszczonych, łączących beleczki przegubowo ze sobą (rys. 126.); przekrój beleczek dostosowany jest do ciśnienia wody. Z początku wykonywano je z drzewa jodłowego, potem ze specjalnej sosny, mającej przy równym ciężarze większą wytrzymałość. Belecza najniższa ma zawiasy przymocowane do trzewika z żelaza lanego, który przy zwijaniu stanowi środek zwoju, a przy spuszczeniu skutkiem swego ciężaru odwija zasłonę, aż spocznie na części stałej jazu. Zawiasy są z brązu, sworznie ze stali lanej.

Zasłony zwijane jazu pod Poses (rys. 126.) mają szerokość 2'28 m, a ponieważ szerokość ram wynosi 2'07 m, zatem wystają poza ramy, zasłaniając przestrzeń wolną między ramami. Między sąsiednimi zasłonami pozostaje 4-o centymetrowa wolna przestrzeń, konieczna, aby zasłony przy zwijaniu i spuszczeniu o siebie nie zaczepiały; celem uniknięcia strat wody możnaby tę szparę zamknąć drewnianą iglicą, jednak przy jazie pod Poses ta strata wody niema znaczenia. Beleczy składające zasłonę mają stałą wysokość 78^m/_m, najwyższa 100^m/_m. W przepuszczeniu dla statków jest w każdej zasłonie 65 beleczek, a łączna wysokość zasłony wynosi 5,22 m ponad poziom trzewika. Między poszczególnymi beleczkami pozostawiono szpary 2^m/_m, celem umożliwienia zwijania; szpary te wkrótce się zamulają. Najwyższa belecza ma grubości 4 cm, najniższa 9 cm; największe natężenie nie przekracza 60 kg/cm².

Do podnoszenia ram służą obecnie w Poses 3 windy, mianowicie winda ręczna poruszana przez dwóch ludzi, o udźwigu 5000 kg, dalej winda parowa, wreszcie winda elektryczna. Najpierw podnosi się zasłony zapomocą windy poruszającej się po kładce ruchomej i przymocowuje je do ramy, a następnie spuszcza się z mostu górnego łańcuchy od windy do podnoszenia odrzwi, a jazowy znajdujący się na kładce ruchomej przyciąga je i przymocowuje do ramy, poczem się ją podnosi i w położeniu poziomym przytwierdza do pomostu zapomocą łańcucha własnego, a łańcuch od windy się odłącza od ramy i winda może się przesunąć do sąsiedniej ramy. Zamykanie jazu odbywa się w porządku odwrotnym. Podnoszenie ramy windą ręczną trwa 30 minut, spuszczenie 10 minut 50 sek., przy windzie parowej czasy te wynoszą 13 m 50 s, względnie 9 m 50 s, przy windzie elektrycznej trwa to jeszcze krócej.

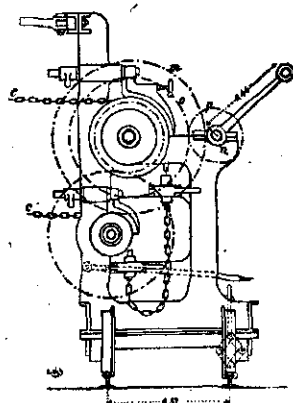
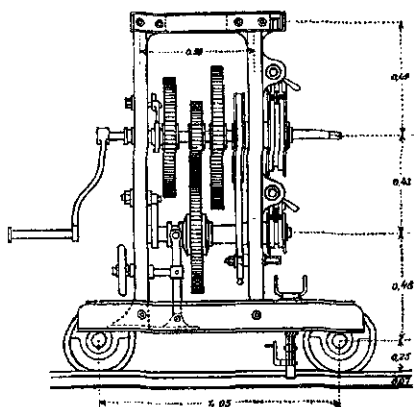
W razie nagromadzenia się po stronie górnej jazu przedmiotów pływających, lub kry, mógłby zająć wypadek, że podniesienie odrzwi w stronę górnej wody byłoby niemożliwe. Jednak konstrukcja jazu dozwala na podniesienie ram także w stronę dolnej wody, a to w następujący sposób. Jak wiadomo z powyższego osie obrotu odrzwi nie są u góry stale utwierdzone, lecz położenie ich końców może być zmieniane w kierunku pionowym, zapomocą czterech żelaznych cięgli. Można więc osie te wraz z łożyskami



Rys. 126.

tak podnieść, że wyjdą ponad próg, a ciśnienie wody wypchnie je w stronę dolnej wody; wtedy można przepuścić przedmioty przeszkadzające podniesieniu odrzwi w górę. Zapomocą osobnej windy, poruszającej się po torze pomostu dolnego, można odrzwia zupełnie podnieść na pomost celem naprawy¹⁾.

Każda zasłona wisi na dwóch łańcuchach *a* (rys. 126.) zawieszonych na pomoście, długość ich można regulować. Osobny łańcuch bez końca *c* opasuje zasłonę oraz trzewik, przechodząc spodem między jego żebrami; u góry przeprowadzony on jest przez dwa koła windy różnicowej (rys. 127.). Górne koło ciągnie łańcuch, a dolne wypuszcza równocześnie część długości przyciągniętej przez górne, chodzi bowiem o zapobiegnięcie zbytniemu ściśnięciu zasłon.

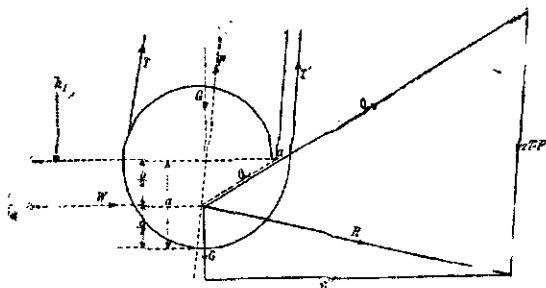


Rys. 127.

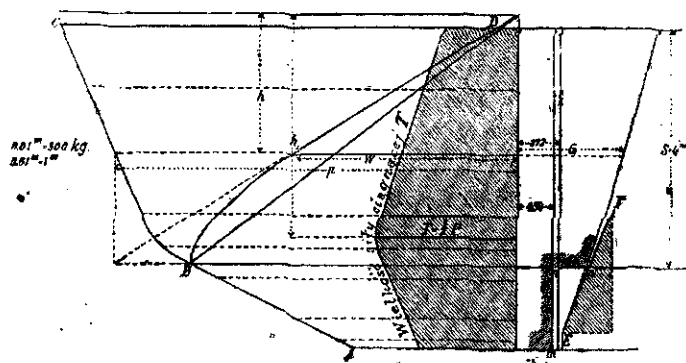
Opór jaki przy podnoszeniu zasłon trzeba pokonać zależy od ciężaru zwoju, oraz od ciśnienia wody. Jeżeli będziemy ciągnąć za łańcuch *c* zapomocą windy, zasłona będzie się od spodu zwinąć, tworząc coraz to grubszy walek, przyczem opór podnoszenia pochodzący od ciężaru zwoju wzrasta, a opór pochodzący od ciśnienia wody stale maleje. Prof. Rychter przeprowadził obliczenie tego oporu w sposób następujący²⁾.

Na początku podnoszenia ciśnienie wody działa tylko na trzewik o wysokości $0,14\text{ m}$, długości $2,32\text{ m}$, składowa pozioma tego ciśnienia równa się $0,14 \times 2,32\text{ ton}$; później grubość zwinętego waleka rośnie i trzeba w każdym miejscu pokonać składową poziomą ciśnienia wody, działającą na poziomy pasek zwoju, od punktu zetknięcia się zwoju z odrzwiami, aż do spodu zwoju. To ciśnienie poziome W przyjmujemy w środku wysokości tego paska (rys. 128.). Celem oznaczenia wysokości tego paska, względnie wielkości ciśnień W dla rozmaitych położań, narysowano zwoj w podziałce $\frac{1}{10}$, odmierzono wysokość paska, pomnożono przez długość $2,32$, oraz wielkość ciśnienia wody (które wynosi poniżej dolnej wody 4 m), i naniesiono w odpowiednim poziomie. W ten sposób powstała krzywa ciśnienia wody $A-B-C$ (rys. 129.) dla stałego ciśnienia 4 m , a następnie powyżej dolnej wody, wobec ciągle malejącego ciśnienia aż do zera, zredukowano ją mnożąc rzędne p przez $\frac{h}{S} - \frac{h}{4}$; powyżej dolnej wody wielkość ciśnienia przedstawia gałąź $B-D$.

Po prawej stronie rysunku przedstawiono linię wzrostu ciężaru zwoju; gdy zasłona jest spuszczana podnosi się tylko trzewik ważący 272 kg , pod wodą jednak tylko 234 kg . Ciężar zwoju wzrasta według krzywej, wagę 1 m^3 przyjęto równą 1 t , pod wodą dolną można zatem ciężar zwinętej zasłony pominąć.



Rys. 128.



Rys. 129.

¹⁾ De Mas „Rivières canalisées“ Paris 1903.

²⁾ Józef Rychter „Die neuen Schifffahrtsanlagen zwischen Paris und Havre“. Allg. Bauzeit. 1886, patrz także „Annales des travaux publics“ 1883.

Na rysunku 129. przedstawiają rzędne G ciężar zwoju w dowolnej wysokości.

Mając ciśnienie wody i ciężary oznacza się wypadkową R (rys. 128.), która wytwarza ciągnięcia $T = T'$ w łańcuchu, oraz Q w zawiasie przy a . Możemy przyjąć $T = T'$ i równe połowie siły, jaka wypada z rozkładu sił. W ten sposób nakreślano na rys. 139. krzywą wielkości T dla całej wysokości podnoszenia zasłony. Jak widać, największy opór jest tuż ponad stanem dolnej wody ($T = 1100 \text{ kg}$).

Na rys. 125. przedstawione jest obliczenie graficzne ciśnienia poziomego, przeniesionego przez odrzwia. Na 1 metr bieżący mostu wynosi ono $2 t$.

Fundament jazu ma $8 m$ głębokości, jaz spoczywa na zbitej skale. Użyto tu dwójakiej metody fundacji; w części jazu wybagrowano materiał ruchomy aż do skały, otoczono całą przestrzeń blokami z betonu wykonanymi podwodnie, a następnie po wypompowaniu wody wypełniono środek betonem na sucho. Celem przyspieszenia budowy wykonano część jazu metodą pneumatyczną, choć robota ta wypadła drożej.

Powiedzieliśmy poprzednio, że jazy z mostem górnym i odrzwiami ruchomymi są również chętnie używane także i przy mniejszych urządzeniach; takie jazy są powszechne przy zakładach o sile wodnej, oraz urządzeniach meljoracyjnych. Poniżej podajemy przykłady takich konstrukcji.

Jaz na Rudawie w Balicach pod Krakowem¹⁾ (fig. 3—6 tabl. IV.) posiada konstrukcją żelazną ruchomą, część stałą, przyczółki i filary betonowe. Światło jazu obliczono przy spiętrzeniu $W. W.$ $0,23 m$ na $18 m$ i podzielono je na 3 przęsła po $6 m$. Każde przęsło podzielone jest zapomną ramy żelaznej, złożonej z dwu odrzwi na trzy części, zamykane stawidłami $2,1 \times 2,0 m$. Stawidła skrajne opierają się z jednej strony na słupie odrzwiowym, z drugiej na dźwigarach osadzonych stale w niszach murów. Wyciąganie stawideł odbywa się zapomną kół zębatach i windy, obracających jeden wał wspólny dla trzech stawideł; na nim są osadzone sprzęgła i koła zazębione, luźno na wale osadzone, na które nawija się łańcuch (rys. 5. i 6.). Odrzwia podnosi się zapomną osobnej windy, tegosamego typu co dla stawideł, do położenia poziomego pod pomostem.

Obsługa jazu polega na tem, że jazowy musi podnosić zasuwy w miarę przyboru wody. W razie gdyby przy zupełnem podniesieniu zasuwy woda dosięgła ich dolnej krawędzi musi jazowy podciągnąć je wraz z odrzwiami pod pomost i w ten sposób otworzyć jaz dla przepływu wody.

Ciężar konstrukcji żelaznej całego jazu bez urządzeń mechanicznych wynosi około 15 ton .

W lewem skrzydle jazu umieszczono służę wpustową kanału roboczego, zaś w prawem służę nawadniającą. Figury 1. i 2. tablicy VII. podają zdjęcie fotograficzne tego jazu.

Na tablicy IV. fig. 7—9. podany jest jaz zasługujący na uwagę z powodu ładnego rozwiązania kwestji rozdziału wody.

Jaz na potoku Macosze w Osieku (pow. Bialski)²⁾ ma za zadanie z wody normalnej potoku $1,09 m^3/sec$ część jej w ilości $0,370 m^3/sec$ doprowadzić do młynówki tj. grojeckiej. Ponieważ równocześnie w miejscu jazu kończy się kanał odpływowy od turbiny elektrowni w Osieku, przeto przewidziano możność doprowadzenia wody wypływającej z kanału fabrycznego do młynówki. Wykonano więc komorę rozdzielczą (fig. 7.), w której umieszczono wylot kanału fabrycznego i służę wpustową do młynówki grojeckiej. Komora rozdzielcza łączy się z korytem potoku otworem sklepionym $2,09 \times 1,30$, zamykanym dwiema zastawkami. O ile przeto woda dopływa potokiem, natenczas część jej w ilości $0,72 m^3/sec$ przelewa się przez jaz, zaś $0,37 m^3/sec$ wpływa do komory i przez służę wpustową dostaje się do młynówki grojeckiej. W wypadku, gdy pracuje turbina w elektrowni osieckiej, dopływa kanałem roboczym do komory rozdzielczej około $2,00 m^3/sec$, z czego część wpływa do młynówki grojeckiej, reszta wypływa z komory do koryta potoku i przelewa się przez jaz. Jaz przelewowy wykonano jako jaz stały, o koronie $9 m$ długiej; wysokość jego wynosi $0,80 m$, a ponieważ koryto w tem miejscu ma stopień $1 m$ wysoki, zatem całkowita wysokość wynosi $1,80 m$.

Z uwagi na zmienne objętości przepływu reguluje się wysokość korony jazu zapomną kątówki ruchomej, zawieszzonej na ramionach żelaznych, które umożliwiają podniesienie lub zniżenie kątówki. W ten sposób można koronę jazu podnieść o 8 cm .

Celem ułatwienia czyszczenia koryta potoku przed jazem, umieszczono w jазie służę gruntową $1 \times 0,975 m$. Służę tę zamyka zasuwa pozioma, poruszająca się na kółkach, między dwiema szynami. Wyciąg złożony z dwóch kół stożkowych i dwóch trzpieni, umieszczony na wysokości murów korony, umożliwia otwieranie zasuwy również w czasie większych wód potoku (fig. 9.).

Z komory rozdzielczej wykonano kanał boczny $1,2 \times 1,2 m$ aż do punktu poniżej jazu położonego, który odprowadza nadmiar wody i służy do czyszczenia komory; kanał ten zamknięty jest zasuwą żelazną. Koszta budowy wykonanej w r. 1916. wyniosły 30000 k . Widok tego jazu podany jest także na tablicy XVII. fig. 3.

¹⁾ Projektował inż. S. Przybylski, wykonał inż. M. Nawrocki z kraj. Biura meljoracyjnego, konstrukcję żelazną wykonała firma L. Zieleniewski T. A.

²⁾ Projektował i wykonał inż. K. Maćkowski z ramienia kraj. Biura meljoracyjnego.

Jaz na Wełtawie pod Mirzowicami (tabl. V.). Jaz wykonany w celu kanalizacji rzeki składa się z 3 otworów, dwa boczne wykonane są jako jazy iglicowe, otwór zaś środkowy, stanowiący przepust dla statków, o progu 0·5 m niżej założonym, jako jaz zastawkowy z odrzwiami ruchomymi. Spiętrzenie wody wynosi 3·9 m, przeto w przepuszczeniu dla statków nie można było dać jazu iglicowego, gdyż iglice wypadłyby około 5·5 m długie, a za tem za ciężkie.

Jaz połączono z mostem drogowym, który w tem miejscu i tak miał być wykonany; konstrukcja mostu dostosowana jest tu do potrzeb jazu. Cały most ma długości 266·6 m i posiada jedno światło 57·6 m, 3 światła po 60 m i jedno 15·10 m. Część środkową mostu, na której zawieszone są odrzwia jazu, wykonano jako belkę wspornikową (fig. 1, 2, 3. tabl. I.). W punktach *A* i *B* (fig. 1.) zawieszone są przegubowo na wspornikach belki boczne, każda 48 m długa. Belka wspornikowa *A—B* ma długości 90 m, a same wsporniki po 14·5 m. Taki system wynikał z potrzeby uzyskania jaknajwiększych ciśnień na filarach środkowych, a to w celu ułatwienia zakotwienia mostu, narażonego na przesunięcie w kierunku poziomym.

Belki główne mostu wykonano jako kratę równoległą, u dołu i u góry silnie usztywnioną (fig. 3.). Krata jest prostokątna dwukrotna, a to w celu uzyskania małego odstępu węzłów. Odstęp węzłów wynosi 2·26 m, dostosowano go do odstępu odrzwi ruchomych, które tylko we węzłach miały być zawieszone. Tężniki poziome mostu tworzą wraz z pasami dolnymi belek i poprzecznicami silną kratę poziomą, przeciwdziałającą odkształceniu mostu w kierunku poziomym pod działaniem parcia wody, przeniesionego przez odrzwia i parcie wiatru (fig. 2.). Szczególnie silnie wykonano narożniki belek głównych. Całość mostu przedstawia się jako układ przestrzenny kratowy, obciążony siłami pionowymi i poziomymi, jakkolwiek w obliczeniu przyjęto, że parcie poziome wody przenosi się tylko na poziomą kratę u dołu.

Po stronie dolnej wody wykonano w przedłużeniu każdej poprzecznicy wsporniki (fig. 2. i 3.), do których przegubowo przytwierdzone są odrzwia. Niweletę mostu ustalono kładąc za warunek, aby odrzwia podniesione w górę, wzniesione były o 60 cm ponad *W W* z r. 1845.

Przeniesienie sił poziomych na filar uskutecznił w ten sposób, że na filarach umieszczono dźwigary kratowe (fig. 7. i 8., na fig. 7. dźwigar ten jest przeważnie wykreskowany); końce ich obciążone są łożyskami mostu (*l* i *p* fig. 7.), na które przenosi się cały ciężar konstrukcji. Parcie poziome jazu, przeniesione za pośrednictwem odrzwi na most, przenoszą skrajne poprzecznice przeszła w punktach *A* (fig. 7. i 8.) na poziomą belkę powyższego dźwigaru, wchodzącą tu w środek poprzecznicy o przekroju skrzynkowym. Przeniesienie parcia odbywa się zapomocą łożyska pionowego (*A*) z trzema wałkami. Skutkiem obciążenia wspomnianych dźwigarów podporowych ciężarem konstrukcji mostu, powstaje tak wielkie tarcie, że nie może być mowy o przesunięciu tego dźwigaru w kierunku poziomym. Dla większej jednak pewności włączono i ciężar filarów do współdziałania i zakotwiono most w głąb filarów, jak to przedstawiają figury 7. i 9.

Różnorodność obciążenia i deformacji wymagała specjalnej konstrukcji łożysk, któraby umożliwiała ruch w każdym kierunku. Myślano początkowo o łożyskach kulowych, złożonych z sześciu kul o średnicy 200^m/_m. Wyłoniła się jednak tu trudność, że niełatwo było wykonać 6 kul o ściśle tej samej średnicy. Dlatego zastosowano przy każdym łożysku tylko jedną powierzchnię kulistą, względnie kalotę o średnicy 750^m/_m; średnica wklęsłej powierzchni jej nakrywy wynosiła 900^m/_m. Średnica kaloty (fig. 10—13., oraz 15.) dostosowaną jest do ogromnego ciężaru pionowego, przypadającego na jedno łożysko, a wynoszącego 600 ton. Jako materiału użyto stali tyglowej, o natężeniu przy granicy proporcjonalności 5000 kg/cm², a przy granicy wytrzymałości 9000 kg/cm².

Największe natężenie w środku powierzchni styku, obliczone według formuły Stribecka (Ztschr. des Ver. deutscher Ing. 1901.)

$$\sigma_0 = 0.388 \sqrt[3]{P E^2 \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)^2} \quad \left\{ \begin{array}{l} P = 600.000 \text{ kg} \\ E = 2.100.000 \text{ kg/cm}_2 \\ r_1 = 75 \text{ cm} \\ r_2 = 90 \text{ "} \end{array} \right.$$

$$\sigma = 9139 \text{ kg/cm}^2$$

¹⁾ Allgem. Bauzeitung 1904, str. 131. Weingärtner „Die kombinierte Stauwehr- und Strassenbrücke“.

²⁾ Klir „Die Bauten der Kommission für die Kanalisierung des Moldau- und Elbeflusses in Böhmen“. Praga 1908.

Średnica kołowej powierzchni styku wynosi

$$a = 1.11 \sqrt{\frac{P}{E} \cdot \frac{1}{\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}}} = 5.6 \text{ cm}, \text{ a jej powierzchnia } F = 98.5 \text{ cm}^2$$

Średnie natężenie $\sigma = \frac{P}{F} = 6090 \text{ kg/cm}^2$, zgniecenie czopa $d = 0.4 \text{ m/m}$.

Odrzwia ruchome wykonane są jako słupy nitowane z żelaza walcowanego. Długość odrzwi wynosi 10.44 m. W każdym węźle zawieszone są 2 słupy, z których każdy łączy się ze słupem zawieszonym w węźle sąsiednim. W ten sposób istnieje 25 par odrzwi ze sobą połączonych. Szparę między dwoma słupami tego samego węzła zamyka się żelazną iglicą. Każda para odrzwi połączonych ryglami poprzecznymi (fig. 4. i 5.) tworzy ramę sztywną, zawieszoną u góry na wspólnym wale poziomym. Wał ten przymocowany jest znowu do osobnej ramy, włożonej luźnie we wsporniki w ten sposób, że rama ta może się podnieść ku górze. Łożyska ramy trzymającej wał poziomy spoczywają zapomocą silnych stożkowych sprężyn na wspornikach mostu; takie zawieszenie odrzwi zabezpiecza je przeciw wsparciu o część stałą jazu w razie znaczniejszego ugięcia mostu.

Zasuwy (fig. 5., 13. i 14.) mają wysokość 5.3 m, szerokość 1.84 m i składają się każda z 4 płyt wypukłych, ze sobą znitowanych i wzmocnionych ramą i żebrami, tak, że stanowią jedną całość. Z uwagi na znaczne ciśnienie wody przypadające na jedną zasuwę (15.000 kg), poruszane są po obustronnych wałkach złączonych ramą we wózki, które odbywają połowę drogi zasuw. Doświadczenie wykonane z zasuwą okazało, że cały opór tarcia potoczystego wynosi przy jednej zasuwie tylko 227 kg¹⁾. Zasuwy i odrzwia podnosi się w górę zapomocą łańcuchów nawijanych na wał wind elektrycznych (fig. 3. i 5.), poruszających się po torach umieszczonych wewnątrz mostu i na wspornikach; w razie potrzeby można użyć także wyciągów ręcznie poruszanych.

Usuwanie jazu odbywa się nader szybko; podniesienie wszystkich 25-iu zasuw trwa przy użyciu 2 wind elektrycznych 30 minut, przy wyciągu ręcznym 4½ godziny, natomiast podniesienie 25-iu par odrzwi przy użyciu 2 wind elektrycznych 45 minut, przy ruchu ręcznym 10 godzin.

Fotografję jazu podaje fig. 9. tabl. XVII.

Jaz w Dołobowie na Dniestrze (tabl. VI. fig. 1—12.) służy do spiętrzania wyższych wód Dniestru i Strwiąża i wprowadzania wody na bagna tamtejsze celem namulania (kolmatacji). Dla oszczędności w budowie obliczono światło jazu (24 m) tylko na przepływ zwykłych wielkich wód, przyjmując, że największe wielkie wody będą jaz opływać prawą stroną. Jaz posiada konstrukcję żelazną, zastawki opierają się na odrzwiach zawieszonych na moście. Wysokość wody na zastawkach wynosi przy normalnem spiętrzeniu potrzebnem do kolmatacji 4,95 m, największa zaś głębokość wody na jazu 6,57 m. Przyczółki wykonano z betonu, część stałą i podłoże z kamienia na ławie betonowej. Jako fundację zastosowano ruszt palowy (pale dębowe 8—10 m długie) i ruszt leżący z podłogą. Na podłodze spoczywa ława betonowa 2—2,5 m gruba. Całość otoczono ścianą szczelną 8 m głęboką, 20 cm grubą, prócz tego zabito trzy ściany poprzeczne pod progiem i podłożem. Przyczółki wykonano bez opierzeń, ubijając beton między blokami betonowymi, układanymi zapomocą ręcznego żórawia, co wpłynęło na zmniejszenie kosztów.

Most, na którym zawieszono jaz, obliczony został jako most kratowy drogowy II. klasy o odległości podpór 28 m, szerokości pomostu 6 m (fig. 1.). Światło jazu wynoszące 24 m podzielono na 12 pól po 2 m; każdemu polu odpowiada para odrzwi zbudowana jako rama sztywna (fig. 1. i 2.) 8,935 m wysoka, z 2-a zastawkami umieszczonymi jedna nad drugą, o łącznej wysokości 4,95 m. Każda zastawka ma osobne prowadzenie, tak że dolna podnosząc się nakrywa górną (fig. 1. i 8.). Celem zmniejszenia tarcia osadzono zastawki na wózkach z wałków, których odstęp zwiększa się ku górze (fig. 1., 8., 9.). Szczegół oparcia odrzwi u spodu podaje fig. 11., rozmieszczenia tężników poziomych fig. 7. Poziome parcie wody przeniesiono z mostu na przyczółki zapomocą kotwy poziomej i łożyska pionowego (fig. 5. i 6.), oraz wmurowanych w beton dźwigarów.

¹⁾ Jak stwierdza Hilgard tarcie potoczyste przy urządzeniu nowem, jest w stosunku do tarcia jakie się okaże po dłuższym ruchu bardzo małe. Rdzewienie, zanieczyszczenie, nierówna średnia wałków, nierównoległość tychże, zwiększają znacznie opór tarcia potoczystego, dlatego wyciągi należy obliczać na znacznie większe siły, jak z rachunku wypadają.

W celu uruchomienia zastawek i odrzwi umieszczono na szczycie każdej ramy i 6,92 m poniżej po jednym kółku. Łańcuch stalowy przyczepiony do górnej krawędzi dolnej zastawki, przeprowadzony jest w dalszym ciągu przez kółko szczytowe, potem przez kółko dolne, a wreszcie przez kółko umieszczone pod pokładem mostu, gdzie zakłada się go na koło łańcuchowe wyciągu poruszanego po torze. Ciągnięcie wywołane przez wyciąg podnosi najpierw dolną zastawkę, która po nakryciu górnej podchwytuje ją swą dolną krawędzią. W dalszym ciągu odbywają drogę obie razem, gdy zaś spód ich wznieś się ponad zwierciadło spiętrzanej wody, dalszy ruch zastawek w górę nie jest możliwy i działanie windy przenosi się wprost na dolne kółko, stanowiące teraz punkt zaczepienia siły i podnosi odrzwia wraz z zastawkami do położenia poziomego pod most. Tu zaskakują za ramy odrzwi samoczynnie haki, trzymające je odtąd w położeniu poziomym, tak, że można łańcuch windy odjąć. W czasie podnoszenia chwytywany jest łańcuch za przesunięciem się każdego ogniwa przez odpowiednie zapadki. Do wyciągu włączony jest ślimak, koniec łańcucha spada wolno, chowając się do skrzyń blaszanych pod pomostem. Doświadczenie okazało dobre działanie tego urządzenia, zamiast zwykłego łańcucha byłby tu jednak odpowiedniejszy łańcuch Galla. Początkowo zastosowano tu wyciąg ręczny, zastąpiono go jednak wkrótce wyciągiem motorowym (benzynowym) w celu skrócenia czasu podnoszenia. Przy dobrym wyćwiczeniu obsługi trzeba obecnie 1^h 20^m do otwarcia jazu. Przestrzenie wolne między sąsiednimi odrzwiami zamknięto kabłąkami ze sprężystej blachy stalowej, jednostronnie po stronie górnej odrzwi przymocowanymi. Próg zbudowano z granitu śląskiego (bloki 1,4 × 1 × 0,9 m) i ubezpieczono go kątówką z żelaza lanego; odrzwia opierają się o niego za pośrednictwem belki dębowej. Koszta wykonania wyniosły 280.000 koron¹⁾.

Jak widać z opisu jaz wzorowany jest na konstrukcji jazu w Mirzowicach, oryginalny i bardzo jest tu system podnoszenia zastawek i odrzwi.

Wszystkie przedstawione dotychczas jazy miały odrzwia ruchome podnoszone w stronę górnej wody, teraz opisujemy szereg konstrukcji o odrzwiach podnoszonych w stronę dolnej wody, przedstawionych na tabl. VI., fig. 13—26.

Jaz pod Bocholt w Westfalji²⁾ przedstawia oryginalne urządzenie odrzwi ruchomych, podnoszonych w stronę dolnej wody. Inżynier projektujący wyszedł tu z następujących założeń:

1) Odrzwia ruchome mają mieć możność ruchu tak w stronę dolnej jak i górnej wody, 2) ustalenie odrzwi w położeniu poziomym ma się odbywać zapomocą mechanizmu prostego, działającego pewnie, 3) kilka odrzwi należy łączyć w ramę, którą będzie można zaryglować, tj. ustalić w położeniu pionowym z jednego miejsca.

Całe urządzenie przedstawione jest schematycznie na fig. 18.; odrzwia stanowią dźwignię dwuramienną z osią obrotu w punkcie *A*, osadzoną na dolnym pasie belki kratowej. Zapomocą wyciągu *W*, umieszczonego na pasie górnym, a składającego się z korby, dwóch kół stożkowych i koła łańcuchowego (fig. 19.), można przez obrót korby w jedną lub drugą stronę ciągnąć łańcuchem albo za dolne, albo za górne ramię odrzwi i przez to odrzwia podnosić w stronę dolnej lub górnej wody. Łańcuch o ogniwach kalibrowanych 13^m/m przechodzi przez zęby koła łańcuchowego i zabezpieczony jest przeciw wypadnięciu zapomocą odpowiedniego strzemienia, a następnie przez dwa kółka przymocowane do mostu; końce jego przymocowane są do górnego i dolnego ramienia odrzwi. Część łańcucha, za którą się ciągnie jest napięta, druga zwisa swobodnie.

Ustalenie odrzwi w położeniu pionowym odbywa się zapomocą odpowiednio skonstruowanego rygla i łożyska osadzonego na części stałej jazu. Cały jaz posiada światło 15,8 m i podzielony jest zapomocą 9-iu odrzwi ruchomych na 10 pól, zamykanych zastawkami żelaznymi. Po trzy odrzwia z każdego boku połączone są w jedną ramę, trzy środkowe podnoszone są każde oddzielnie. Urządzenie do zaryglowania ramy przedstawiają fig. 19., 20. i 21. Z tyłu poza słupem odrzwiowym znajduje się rygiel składający się z cięgła, zaopatrzonego u spodu rozszerzoną łopatką. Otóż łożysko jest tak wykonane (fig. 21.), że odrzwie może wygodnie przejść w stronę dolnej wody przez jego część środkową między bocznymi żebrami gdy rygiel jest podniesiony do góry, natomiast jeżeli rygiel spuścimy na dół, łopatką

¹⁾ Projekt jazu wykonało krajowe Biuro meljoracyjne, konstrukcję żelazną firma L. Zieleniewski T. A., a projekt jej oraz wyciągu opracował inżynier tej firmy J. Chudoba, Kierownikiem budowy z ramienia kraj. Biura meljoracyjnego był inż. G. Müldner

²⁾ „Stauschleuse in der Bochoiter Aa in Bocholt“, Zeitschrift für Bauwesen 1898.

jego oprze się o wystające nasady łożyska (fig. 20. i 21.) i obrót odrzwi w stronę dolnej wody nie jest możliwy, czyli odrzwia są zaryglowane.

Uruchomienie rygla odbywa się w sposób na fig. 19. wskazany; jakkolwiek wszystkie trzy odrzwia ramy mają swe osobne rygle, to jednak uruchomienie ich odbywa się z jednego miejsca, tj. tylko przy ryglu środkowym. Zapomocą korby obraca się śrubę poziomą, osadzoną na środku słupa odrzwiowego, a ruchoma mutra, której boczne nasady wchodzą w otwory górnego ramienia dźwigni, przesuwa się w kierunku poziomym i w ten sposób obraca dźwignię, a zatem podnosi lub opuszcza rygiel. Celem umieszczenia śruby i mutry przerwano u góry blachę stojącą słupa odrzwiowego i zamiast niej dano dwie blachy równoległe, przymocowane do kątówek; między temi blachami porusza się mutra. Przymusowy ruch drugich dwóch rygli wykonano w ten sposób, że na osi obrotu odrzwi osadzone są naprzeciw każdego słupa odrzwiowego nasady, wchodzące w koluchowate rozszerzenie cięgła, gdy zatem zapomocą korby podnosimy rygiel środkowy, dwa inne muszą za nim postępować.

Środkowe odrzwia podnoszone pojedynczo mają urządzenie do podnoszenia rygla prostsze; zamiast śruby z korbą jest tu dźwignia jednoramienna osadzona jednym końcem obrotowo na odrzwiu, na drugi jej koniec zakłada się dźwignia podnoszony lub spuszczały ręcznie. W środku dźwigni zawieszony jest cięgł rygla, który w ten sposób może być podnoszony, lub spuszczały.

Przy małych urządzeniach mechanizm do uruchomienia rygli można jeszcze uprościć, a mianowicie można do nich przymocować łańcuchy, zawieszone u góry na belce lub poręczy mostu i zapomocą nich rygle podnosić i spuszczać.

Co do innych szczegółów dodaje się jeszcze, że odrzwia oparte są w środku między węzłami belki kratowej; zastawki żelazne uwidocznione na fig. 20. (wys. 2,20, szer. 1,48 m) podnosi się zapomocą jednego trzonka ząbionego, a wobec tego wyciągi zastawek umieszczone również na pasie górnym belki znajdują się między wyciągami słupów odrzwiowych. Zastawki wyciąga się tak wysoko, że nakrywają belkę główną i w tem położeniu wychodzą z odrzwi, których górne ramię posiada obcięte żebra od strony dolnej wody.

Zastosowana tu zasada ustalenia odrzwi zapomocą rygla przesuwalnego w kierunku pionowym, zdaje się być zdrową, a urządzenie jest proste i nie może zawodzić.

Jaz na Muldzie pod Bitterfeld (tabl. VI. fig. 13—17.)¹⁾. Konstrukcja ta okazuje dążność do podnoszenia jednoczesnego całych wielkich ram odrzwiowych.

Każdy otwór jazowy podzielony jest zapomocą 6-iu słupów odrzwiowych (dwa z nich przy filarach), ustawionych w odstępach co 2,246 m na pięć partii zamkniętych zastawkami 2,13 m wysokimi. Zastawki fig. 13. i 14. składają się z blachy usztywnionej żebrami i toczą się po 4 kółkach biegnących we wnękach odrzwi; uszczelnienie boczne uzyskano zapomocą ruchomych listewek drewnianych, przyciskanych ciśnieniem wody. Aby łatwiej było zastawki podnieść ścięto ich boczne krawędzie skośnie, tak że zastawki mają kształt klinowy. Wyciąga się je zapomocą dwóch łańcuchów (fig. 14.) i wyciągu ze ślimakiem (fig. 15. i 16.), przyczem każdy łańcuch nawija się na osobny bęben; każda zastawka ma swój osobny wyciąg.

Odrzwia o przekroju  kończą się około 2 cm ponad progiem i mogą swobodnie balansować. U góry zawieszono je na przegubie osadzonym na pasie dolnym belki głównej, są jednak w górę przedłużone, tak że składają się z dwu ramion. U góry są wszystkie odrzwia jednego otworu ze sobą połączone zapomocą poziomej belki , na której spoczywają zarazem wyciągi zastawek, u spodu zaś zapomocą kątówki, oraz zapomocą opasek ujmujących oś obrotu przyrządu do zaryglowania odrzwi; w ten sposób wszystkie odrzwia jednego otworu tworzą sztywną ramę.

Kładka do obsługi jazu ma 2 m szerokości i składa się z 2 dźwigarów o rozpiętości 11,9 m; dźwigar po stronie dolnej ma tylko 0,5 m wysokości, gdyż jest mało obciążony; celem zabezpieczenia mostu i ściany spiętrzającej przeciw przewróceniu, zakotwiono go wraz z jego łożyskami do filarów. Dźwigar po stronie górnej ma 1,30 m wysokości i wykonany jest jako belka kratowa.

Całą ramę obraca się zapomocą windy ustawionej około środka belki głównej — winda porusza dwa wały poziome (figura 13.) ząbniące się z dwoma kwadrantami, złączonymi ze słupami odrzwio-

¹⁾ Schnapp und Karstanjen „Anlage von Wehren in Flüssen“, XI. kongres żegluga, Petersburg 1908. Obszerny opis podaje także Ludin „die Wasserkräfte“, Berlin 1913.

wymi drugim i piątym; w słupach tych wykonano przez środek pionowe szpary, w które włożone są kwadranty.

Każdy słup odrzwiowy ma u dołu łożysko, które ma po obu bokach od strony górnej wody wystające wysoki. Ponad łożyskiem (fig. 13.) znajduje poziomy wał, osadzony na słupach odrzwiowych, przebiegający na całej długości. Wał ten posiada po bokach odrzwi silne opaski, zaopatrzone również wyskokiem w kształcie zęba, zahaczającego się z wyskokami łożysk; w ten sposób skutecznie jest zamknięcie odrzwi. Obrót wału dolnego, celem zahaczenia lub odhaczenia odrzwi, uskutecznia się zapomocą silnej dźwigni, połączonej u spodu z opaskami wału obu środkowych odrzwi, a poruszanej zapomocą trzonków, umieszczonych poza temi odrzwiami. Trzonki te mają u góry również dźwignię, poruszaną zapomocą dwu korb (fig. 13. i 14.), których wspólny wał oparty jest na stojakach ponad obydwoima odrzwiami. Tu u góry następuje drugie zaryglowanie odrzwi, a mianowicie przez to, że w położeniu zamkniętem odrzwi wyskok na piaście korby opiera się o odpowiedni wyskok stojaka. Jeżeli się chce odrzwia otworzyć, natenczas obraca się wał korbowy wstecz, aż przejdzie poza punkt martwy — wtedy trzon porusza się własnym ciężarem w dół, dźwignia u spodu odrzwi również opada i odrzwie zostaje zaryglowane. Do obrotu wału służy drążek zakładany we wgłębienie wału, przyczem odpowiedni czop wchodzi w otwór wału.

Otwieranie jazu odbywa się w ten sposób, że dozorca wyciąga najpierw w górę zastawki i ewentualnie zaraz załącza windę do podnoszenia odrzwi, a po odryglowaniu ich obraca je w górę, lub też najpierw odryglowuje odrzwia, skutkiem czego cała ściana spiętrzająca prawie pół drogi w dół robi sama, (gdyż jej punkt ciężkości leży nie tylko trochę poniżej osi, ale także z przodu), a następnie dopiero załącza windę i obraca ścianę do położenia poziomego. Gdyby nie było czasu na podniesienie zastawek, to można je zostawić u dołu i odrzwia odryglować, a woda wypchnie je w dół. Aby zastawki mogły się przesunąć przez boczne wysoki łożysk, wykonano w nich u spodu małe klapki. Gdy ściana zostanie w dalszym ciągu obrócona do położenia poziomego, można położyć na odrzwiach parę desek i zastawki z odrzwi wyjąć.

Urządzenie to funkcjonuje dobrze, — zdarzają się tylko przeszkody przy ustaleniu odrzwi, jeżeli woda naniesie żwiru na część stałą. Dalej zbyt wąskie kółka, po których się toczą zastawki, wyżłabiają w dźwigarach odrzwiowych głębokie rynny — należy zatem pamiętać, aby przez danie dźwigaru o szerokiej stopie, umożliwić zastosowanie szerokich kółek, względnie wałków.

Zauważyć jednak trzeba, że opisany tu system ustępuje co do prostoty konstrukcji systemowi poprzedniemu, wymaga bardzo dokładnego wykonania i starannej obsługi; niewątpliwie jednak sposób zaryglowania tu zastosowany wzorowany był na jednym z najdawniejszych jazów odrzwiowych, jacie pod Pretzien, który w dalszym ciągu opiszemy.

Podobny jaz jak pod Bitterfeld wykonano również na Wezerze pod Döverden.

Jaz na Łabie pod Pretzien ¹⁾ tabl. VII. fig. 22–26.). Część stała jest tu 162,8 m długa, 7,5 m szeroka, 3,8 m wysoka — cały jaz podzielony jest zapomocą przyczółków i 8-iu filarów na 9 pól po 12,55 m światła. Część ruchoma (fig. 22.) składa się z odrzwi, zawieszonych na moście złożonym z dwóch dźwigarów o wysokości 0,86 m i odstępem 2,30 m. Celem zabezpieczenia mostu przeciw przesunięciu skutkiem ciśnienia wody spiętrzonej, połączono ze sobą płyty łożyskowe obu dźwigarów, oraz zakotwiono je do filarów, nadto celem uzyskania większego obciążenia nadmurowano filary aż do dolnej krawędzi belek pomostowych. Po stronie górnej tej kładki znajduje się druga kładka drewniana — przerwa między niemi służy do wkładania i wyjmowania zasuw. Na dwu szynach, umieszczonych na obu mostach, porusza się winda służąca do podnoszenia odrzwi i zasuw, na drugim torze zaś umieszczonym na kładce górnej poruszają się wózki do odwożenia zasuw.

W każdym otworze jest 8 odrzwi ruchomych dzielących otwór na 9 pól, odrzwia składają się z dwóch  ze sobą znitowanych i połączonych blachą. Zastawki (4 ponad sobą) o długości 1,31 m i wysokości 0,837 m wykonane są z blachy wypukłej 6^m/_m, wzmocnionej na ramie obwodowej blachą płaską. Wyciąga się je każdą z osobna zapomocą linek drucianych, zawieszonych u góry na moście. Odrzwia obracają się około przegubów u góry na moście osadzonych, ustalenie u spodu następuje zapomocą zaryglowania, jak to wskazują fig. 24–26. Każdy słup odrzwiowy ma dźwignię obracalną około trzpienia, osadzonego na nim u spodu (fig. 24.), którą przez nawijanie łańcucha (fig. 23.) podnosi

¹⁾ Zeitschrift für Bauwesen, 1884.

się w górę, a skutkiem tego pręt poprzeczny (fig. 26.) wychodzi z oparcia na obustronnych wyskokach łożyska Słup odrzwiowy mający szerokość mniejszą jak oddalenie obu bocznych żeber łożyska (fig. 25.), może przez nie swobodnie przejść w stronę dolnej wody. Przez dalsze nawijanie łańcucha na winde, podnosi się odrzwia do położenia poziomego. Zamykanie odrzwi odbywa się przez odwijanie łańcucha z windy, przez co odrzwia przyjmują położenie prawie pionowe — jednak ponieważ prąd wody pochyla je trochę w dół, trzeba zapomocą łańcucha umieszczonego po stronie górnej ściągnąć je w stronę górnej wody. Wtedy pręt poziomy wpada we wgłębienie łożyska i odrzwie jest zaryglowane.

Zamykanie jazu trwa 8 godzin, prawie tensam czas jest również potrzebny do otwarcia jazu.

Jaz ten stanowi wybitny przykład konstrukcji ruchomej podnoszonej w stronę dolnej wody; stosunkowo długi czas potrzebny na otwarcie jazu kwalifikuje go do użycia na rzekach nizinnych, o wolniejszym postępie fali wezbrania.

Podany szereg przykładów wyjaśnia dostatecznie szczegóły konstrukcyjne jazów z odrzwiami ruchomymi, przegląd ten zakończymy podaniem paru uwag dotyczących się projektowania takich jazów.

Przedewszystkiem zauważyć trzeba, że zasadniczo należy przyjmować odstęp odrzwi niezbyt wielki, aby zastawki nie wypadły zbyt ciężkie, niewygodne do podnoszenia, a odrzwia zbyt silne. Odstęp ten nie przekracza normalnie 2 m, a czasem spada znacznie niżej. Zastawki zazwyczaj wyjmują się z odrzwi na pomost w czasie otwierania jazu — wtedy odrzwia są jednolite — jeżeli zaś zastawki pozostają w odrzwiach (Mirzowice), wtedy każde odrzwie musi być dwudzielne, a szparę zamyka się iglicą. Wyjątek w tym kierunku stanowią urządzenia jak w Bitterfeld, gdzie można całą ścianę spiętrzającą, tj. ramy wraz z zastawkami, podnieść w górę.

Łączenie odrzwi w ramy po 2 lub 3 razem jest korzystne, gdyż usztywnia odrzwia i utrzymuje je w normalnym odstepie.

B. Jazy z zasuwami między filarami żelaznymi, lub żelazno-betonowymi (tabl. VII.).

1. Jaz na Aarze pod Wangen w Szwajcarji¹⁾ (fig. 1—8. tabl. VII.). Zakład wodny służy do uruchomienia centrali elektrycznej o 9000 k. m.

Jaz składa się (fig. 1.) z dwóch otworów o progu wysoko położonym (fig. 2.) po 37·24 m światła, upustu gruntowego 23,6 m długiego, o progu nisko (na rzędnej 417,73) położonym, oraz przepustu dla tratw 15 m szerokiego. Według warunków koncesji spiętrzenie najwyższej wielkiej wody (1600 m³/sek) może wynosić 0,50 m i z tego warunku obliczono rozmiary otworów jazowych; część wielkiej wody odprowadza się prócz tego przez upust płuczący kanału. Część stała jazu składa się z grzbietu betonowego, pokrytego ciosami granitowymi (fig. 2.), spoczywającego na ławie betonowej 1,5 m grubej. Zakończenie części stałej po stronie górnej stanowi betonowy mur żebrowy 3,0 m szeroki, a 4 m wysoki, którego górna powierzchnia schodzi się z dnem rzeki, po stronie dolnej zaś znajduje się podłoże betonowe 18 m długie, zakończone również silnym murem żebrowym. Ponieważ grunt stanowi miążki piasek, przeto fundowano cały jaz na palach 0,3 m grubych i wykonano cztery ściany szczelne, dwie zewnętrzne żelazne, dwie wewnętrzne zaś drewniane. Filary przedziałowe wykonane są z betonu z okładką granitową i mają grubość 2,5 m. Część stała upustu gruntowego ma 2 m grubości i składa się z warstwy ciosów granitowych 0,6 m i ławy betonowej 1,40 m grubej.

Na filarach i przyczółkach spoczywa most żelazny kratowy o dwu belkach równoległych (fig. 2. i 5.), służący do obsługi zasuw. Na części stałej opierają się zasuwki żelazne, stanowiące ruchomą część jazu, — w części o progu wysoko położonym mamy zasuwki pojedyncze, w upuście gruntowym po dwie zasuwki ponad sobą umieszczone. Boczne oparcie zasuw stanowią stałe kozły żelazne zabetonowane w części stałej jazu, odległe od siebie o 4,68 m od osi do osi licząc. Wysokość łączna obu zasuw w upuście gruntowym wynosi 3,80 m, wysokość zasuw pojedynczych w części jazu o wysokim progu 2,15 m; przekroje zasuw przedstawiają fig. 7. i 8. Również zasuwki dzielone w kierunku pionowym posiada służa wpustowa kanału roboczego (fig. 6.), dwie dolne tablice stanowią ruchome zasuwki, trzecia

¹⁾ Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure 1906, str. 713.

górną jest stała i stanowi tylko zamknięcie od góry. Kozły pokryto na ścianach bocznych dylami, celem ułatwienia przejścia przedmiotów płynących.

Każda zasuwą zaopatrzoną jest dwoma trzonkami zazębionymi służącymi do wyciągania; w upuszczeniu gruntowym ciągnie się najpierw zasuwę dolną, potem dolna zabiera ze sobą górną, zapomocą odpowiedniego wysokości. Wyciągi (fig. 3.) składają się z wału korbowego W'' , przenoszącego ruch zapomocą pary kół stożkowych D na koło ślimakowe C , a z tego na dwa ślimaki, z których zapomocą dwóch kół zębatach B przenosi się ruch na małe kółka zazębione, poruszające sztaby zazębione zasuw. Wał korbowy W'' można uruchomić ręcznie korbą, lub zapomocą 10-konnego motoru elektrycznego na wózku (fig. 4.), poruszającym się na torze T (fig. 3.). Ruch motoru przenosi się zapomocą kół zębatach K_1, K_2, K_3, K_4 na oś W' (fig. 5.), którą można połączyć wprost z czworograniastą głową wału korbowego W'' .

2. Jaz na Izarze pod Monachium (fig. 9—11.)¹⁾ składa się z jazu stałego i jazu ruchomego, który służy jako upust dla wielkiej wody, oraz do odprowadzenia żwiru i podzielony jest na 4 otwory, 3 po 6,5, a jeden o 10 m światła; ten ostatni przedstawiony jest na fig. 9—11.

Filary przedziałowe są żelazne obetonowane, o grubości wynoszącej tylko 30 cm, zajmują zatem tylko małą część profilu i wyglądają bardzo ładnie; stężenia całego zeskładu dokonuje kładka żelazno-betonowa, łącząca filary u góry, na której umieszczone są wyciągi poruszane ręcznie, lub zapomocą motoru elektrycznego na wózku, podobnie jak w przypadku poprzednim. Próg jazu ruchomego jest z betonu i zapuszczony aż do skały. Zasuw są dzielone, dwie ponad sobą o łącznej wysokości 2,20 m, każda wyciągana zapomocą osobnej pary trzonków zazębionych; podnosić je można tak wysoko, aż dolna krawędź znajdzie się w wysokości 1 m ponad zwierciadłem wielkiej wody²⁾.

3. Filar jazu na Limmacie koło Höng w Szwajcarii przedstawia fig. 12. Jest to konstrukcja żelazna, wykonana z kształtek i blach, miejsca próżne wypełnione są betonem. Konstrukcja możliwie smukła, ale ustępuje z pewnością co do sztywności i stałości poprzedniej. Uszczelnienie zasuw, jak to widać z figury, wykonane jest zapomocą dwu blach poruszających się razem z zasuwami, a ślizgających się po blachach przytwierdzonych do ścianki filaru.

C. Jazy z zasuwami między filarami murowanymi.

1. Jaz na rzece Albuli w Szwajcarii, w kantonie Graubünden, poniżej Tiefenkastel³⁾ (tabl. VIII. fig. 1—12.). Jaz ten wykonany w latach 1907—1909 służy do wyzyskania siły wodnej, w celu uzyskania energii elektrycznej do oświetlenia miasta Zurychu. Rzeką Albulą posiada przy jazu 916 km² dorzecza; wielka woda wynosi 300—400 m³/sek.

Jaz ten jest jazem ruchomym zasuwowym systemu Stoneya, o 3 otworach, dwóch po 8 m światła i jednym o świetle 15 m (fig. 1.). Obydwa otwory o mniejszym świetle są właściwie upustami gruntowymi, o progu położonym na rzędnej 811,00, tj. 1,5—2 m ponad dawnym dnem Albuli. Maximalne spiętrzenie sięga do rzędnej 825; spiętrzona woda jest w otworach o mniejszym świetle u góry zamknięta murami żelazno-betonowymi, u dołu (w upustach) zasuwami Stoneya (fig. 6.). Otwór o świetle 15-metrowym posiada próg wysoko położony, na rzędnej 820 i stanowi właściwie przelew służący do regulowania stanu wody, zamykany zasuwą 5 m wysoką. Otwory zaprojektowano w ten sposób, aby największa objętość $W. W.$ mogła przejść zupełnie bezpiecznie przez oba otwory po 8 m światła, bez współudziału światła największego. Nadto w lecie, przy stanach silniejszych, zasuwą w dużym otworze jest zawsze otwarta, a gdyby w razie wielkiej wody nie zdołano na czas otworzyć zasuw upustów gruntowych, cała wielka woda przejść może przez duży otwór przy spiętrzeniu nieszkodliwym, dochodzącym do rzędnej 825,4.

Łożysko Albuli złożone jest z grubego żwiru i dużych bloków kamiennych, zbita skała znajduje się dopiero w głębokości 1,5—7 m. Z powodu trudności wbijania pali i wykonania grodz zdecydowano się na fundację pneumatyczną. Użyto 11 caissonów (niektóre widoczne na fig. 1.), przestrzenie między nimi wypełniono betonem rzuconym podwodnie. Cały fundament podzielono na 2 partje zapomocą tamy;

¹⁾ Bosch „Die Wasserkraftanlage im Süden der Stadt München“, Berlin 1910.

²⁾ Fotografia według Hilgarda „Bewegliche Wehre“ Handb. der Ing.-Wissensch. podana jest na tabl. XVII. fig. 2.

³⁾ H. Peter i H. Wagner: Bericht über die Erstellung des Albulawerkes. Zurych 1911.

w czasie robót w jednej partii służyła druga do odprowadzenia wody. Po zapuszczeniu murów okalających metodą pneumatyczną i po wymurowaniu przerw między nimi betonem, można było wykonać resztę fundamentu na sucho, przy pompowaniu wody.

Poniżej upustów gruntowych (otwory o świetle po 8 m), znajduje się podłoże murowane, złożone z 4 stopni po 7,5 m długości (fig. 2. i 6.), z których 2 górne pokryte są pokładem z belek drewnianych (fig. 6.). Z dużego otworu spływa woda z rzędnej 820 m na rzędną 808 m po stopniach 1,5 wysokich, a 2 m szerokich (fig. 2. i 11.), po lewej stronie jazu znajdują się dwa wloty sztolni z kratami i osadnikiem; progi wlotów leżą o 1 m wyżej jak progi upustów gruntowych.

Do zamknięcia otworów jazowych służą zasuw systemu Stoneya z żelaza zlewnego; zasuwę tę o rozmiarach 15×5 m oraz 8×9 m przedstawiono schematycznie na fig. 1. i 2., dalsze zaś figury przedstawiają zasuwę 8×9 m w szczegółach. Na tabl. VII. podano fotografię jazu według powyższej publikacji.

Każda z zasuw składa się z żeber (rygli) poziomych, blachy opierającej od strony górnej wody i usztywnień pionowych (fig. 3., 4. i 6.). Zasuwa w dużym otworze jest niska i posiada 4 żebra, zasuwę upustów mają po 11 żeber. Podział taki uznać trzeba jako stosunkowo bardzo gęsty, wobec tego nie-ekonomiczny. Uszczelnienie od spodu stanowi belka drewniana, przytwierdzona do zasuw, a oparta na progu żelaznym lanym, uszczelnienie górne zasuw upustów stanowią 2 belki drewniane przytwierdzone jedna do zasuw, a druga do muru zamykającego (fig. 5.). Na filarach i przyczółkach spoczywa kładka, na której umieszczone są wyciągi zasuw (fig. 6.). Zasuwa zawieszona jest na czterech linach drucianych o średnicy $32^m/m$ i jest zrównoważona częściowo zapomocą ciężarów przeciwważących z betonu. Zasuwę obliczono na jednostronne parcie wody przy największym spiętrzeniu.

Parcie wody na zasuwę 15×5 m wynosi $P = 15 \times \frac{5^2}{2} = 187,5$ t, z tego przypada na 3 dolne żebra po 54 t, na górne żebro 26 t. W obliczeniu przyjęto według normalji szwajcarskich natężenie dopuszczalne dla żelaza zlewnego $\tau = 800$ kg/cm², dla prętów narażonych na wyboczenie obliczano τ według formuły $\tau = 800 - 3 \frac{l}{i}$ kg/cm² (l długość, i ramię bezwładności). Przy zasuwach 8×9 m parcie wody wynosi 684 ton.

Celem zmniejszenia do minimum oporów tarcia przy podnoszeniu i spuszczeniu zasuw zastosowano system Stoneya, przy którym tarcie posuwiste zamienionę jest na potoczyste. Zasuwa toczy się po wałkach umieszczonych po obu jej bokach (fig. 4., 8. i 12.). Wałki rozłożone są w odstępach rosnących ku górze w miarę malejącego ciśnienia wody i ujęte obustronnie wspólnymi przykładkami, w których trzpienie wałków mogą się swobodnie obracać; wałki obracają się natomiast razem z trzpieniami i toczą jak wózki po łożyskach lanych osadzonych w niszy murów (fig. 8.). Taksamo zasuw toczy się po wałkach za pośrednictwem lanego łożyska B (fig. 8 i 12.), przytwierdzonego do niej zapomocą śrub. Celem ochrony wózków z wałków, które po podniesieniu zasuw są w dolnej części zupełnie odkryte, wykonano od strony górnej i dolnej wody urządzenia ochronne, a mianowicie dano po stronie górnej kątowniki, po stronie dolnej blachy z żebrami, przytwierdzone do muru zapomocą śrub i kotew.

Uszczelnienie boczne wykonane jest zapomocą pręta żelaznego pionowego, o średnicy 6 cm, wchodzącego między kątownik ochronny oraz kształtkę r , przytwierdzoną do blachy opierającej zasuwę (fig. 8.). Ciśnienie wody działające na ten pręt, wciska go w kąt ostry między powyższymi częściami konstrukcyjnymi, skutkiem czego następuje dokładne uszczelnienie zasuw.

Żebra połączone są z łożyskami przegubowo, w sposób przedstawiony na figurach 12., 10., 9. i 8. Do łożysk przytwierdzono katowe przykładki C (fig. 10. i 11., na fig. 8. przykładka ta jest odjęta), w których osadzone są obrotowo trzpienie o średnicy $100^m/m$, stanowiące przeguby dla żeber. Takie przegubowe podparcie zapewnia należyte przeniesienie ciśnienia na łożyska, a w dalszym ciągu na mury i jest potrzebne z uwagi na to, że żebra muszą się skutkiem parcia wody choć nieznacznie wygiąć.

Obliczenie wielkości tarcia potocznego przeprowadzono w następujący sposób:

$$R_1 \cdot d = P \cdot f + P f_1$$

W równaniu tem oznacza R_1 siłę potrzebną do pokonania tarcia potocznego,

d średnicę wałków = 16 cm,

P parcie wody na zasuwę (187,5 t, względnie przy upustach 684 t),

f współczynnik tarcia potocznego zasuw po wałkach = 0,05,

f_1 " " " " wałków po łożysku = 0,05,

Dla zasuw $15 \times 5 m$, $R_1 = 1180 kg$

„ „ $8 \times 9 m$, $R_2 = 3400 „$

Prócz tego występuje tarcie posuwiste pionowego pręta uszczelniającego o średnicy $6 cm$ i długości $500 cm$, względnie $900 cm$, wykonanego z żelaza kutego (fig. 12 a.).

Ciśnienie wody na pręt $S = \frac{5^2}{2} \times 0,048 = 600 kg$

„ pręta na listwę uszczelniającą $P_1 = 500 kg$

Tarcie posuwiste 2 prętów uszczelniających po obu bokach zasuw, przyjmując współczynnik tarcia posuwistego $0,45$:

$$R_2 = 2 \times 0,45 \times 500 = 450 kg$$

$$\text{Dla zasuw } 8 \times 9 m, P_2 = 6000 kg$$

Ciśnienie jednostkowe pręta uszczelniającego wzdłuż powierzchni zetknięcia wypada dla zasuw

$$15 \times 5 m \text{ według formuły Hertza } \sigma = \frac{3}{4} \sqrt{\frac{P E}{\pi l r}} = \frac{3}{4} \sqrt{\frac{550 \times 750,000}{3,14 \times 500 \times 3}} = 222 kg/cm^2.$$

Wyciągi są w ten sposób skonstruowane, że może być użyty popęd ręczny, lub elektryczny. Przy popędzie ręcznym siłą 2 robotników (nacisk na korbę $10 - 11 kg$), obraca się zapomocą przeniesienia przez szereg kół ząbionych wał główny poziomy, ułożony w kierunku długości kładki, z tego zaś przenosi się siłę zapomocą 2 kół stożkowych na wał poziomy, leżący w kierunku prostopadłym. Wał ten posiada na obu końcach śruby bez końca, zaczepiające od spodu o koła zębate osadzone na bębnach, na które nawijają się liny druciane (fig. 6.). Chyżość podnoszenia zasuw wynosi przy popędzie ręcznym $0,8 m$ na godzinę, używając motoru elektrycznego o $5 HP$ $0,205 m$ na minutę.

Ciężary jakie mają być podnoszone (z pominięciem oporów tarcia podanych powyżej) wynoszą:

Zasuwa $15 \times 5 m$. Ciężar zasuw $31,18 t$, połowa ciężaru obu wózków $1,21 t$, belki drewniane $1,60 t$, razem $34 t$; przeciwwaga $26 ton$.

Zasuwa 8×9 . Ciężar zasuw $42,76 t$, połowa ciężaru wózków $3 t$, belki drewniane $0,6 t$, razem $46,4 t$; przeciwwaga $40 ton$.

Filary obliczono na parcie wody, przyjmując spiętrzenie aż do rzędnej $826,00$ (fig. 11.).

2. Jaz zasuwowy na kanale Panamskim, zamykający przelew zbiornika pod Gatun¹⁾. Grobla ziemna pod Gatun przegradzająca łożysko rzeki Chagres wytwarza olbrzymi zbiornik służący do gromadzenia wody w czasie wysokich stanów, w celu zasilania kanału. Największy odpływ rzeki wynoszący około $3000 m^3$, odprowadzony jest przelewem o rzucie poziomym kolistym, złożonym z jazu stałego, oraz umieszczonych nad nim 14-u zasuw żelaznych, poruszających się między filarami (tabl. VIII. fig. 13—19.).

Główne wymiary zasuw podane są na fig. 13., długość wynosi $14,18 m$, wysokość $5,79 m$. Zasuwa składa się z 4 żeber poziomych, wykonanych jako belki blaszane, blachy opierającej od strony górnej wody, dwu belek blaszanych pionowych stanowiących ramę boczną, oraz usztywnień pionowych i skośnych. Łożyska i uszczelnienie zasuw wykonano według systemu Stoneya, jednak inaczej jak w poprzednim przykładzie (fig. 15. i 16.). Mamy tu również dwa wózki z wałków, po których toczy się zasuw, prócz tego zaś wałek boczny, toczący się po szynie kolejowej wpuszczonej w mur (fig. 16.). Uszczelnienie uskutecznia pionowa sztaba przymocowana do sprężyny, chroniona wygiętą listwą D przyśrubowaną do zasuw (fig. 16.). Spiętrzona woda wywierając ciśnienie na sprężynę i sztabę, przypiera ją szczelnie do płyty lanej B .

Oparcie zasuw u spodu przedstawia figura 17.; w łożysko lane przyśrubowane do części stałej jazu, wpuszczona jest płytka z miękiego metalu i o tę płytkę opiera się dolna krawędź zasuw.

Żebra poziome zasuw nie opierają się na łożyskach bezpośrednio, lecz zapomocą skrajnych pionowych belek ramowych. Jak widać z figury 15-ej ułożenie jest przegubowe, pozwalające na wygięcie zasuw w kierunku poziomym.

¹⁾ Dumas: Le Canal de Panama. Annales des ponts et chaussées, Paryż 1912. Cz. II.

²⁾ Patrz autora „Kanał Panamski“, Czasopismo techniczne, Lwów 1913.

Każda zasuwa zawieszona jest na 2 łańcuchach (fig. 19. i 18.), przechodzących u góry przez bloki stałe, osadzone na kładce. Po przejściu przez bloki łańcuchy te zwisają do dwóch szybów pionowych, umieszczonych we filarach i w części stałej jazu. Tu wiszą na łańcuchach trzonki żelazne, dźwigające na końcach przeciwwagi *P*, kierowane przy podnoszeniu i spuszczeniu zapomocą szyn *G*.

Podnoszenie i spuszczenie zasuwy odbywa się w ten sposób, że silnik elektryczny, ustawiony w tunelu wykonanym w części stałej jazu, obraca wał *b*, oraz śrubę bez końca, stykającą się z kołem zębatym, osadzonem na obwodzie mutry *M*. Poprzednio wspomniany trzonek wiszący na łańcuchu, posiada na obwodzie gwinty i przechodzi przez środek mutry *M*. Przy ruchu obrotowym mutry muszą trzonki postępować w górę lub w dół, co powoduje zamykanie, lub otwieranie się zasuwy.

3. Jaz na Aarze w Beznau w Szwajcarji¹⁾ (tabl. IX. fig. 1—8.) jest jazem zasuwowym systemu Stoney'a i składa się z 7-u otworów po 15 m światła (fig. 1. i 2.). Cały jaz osadzony jest na skale, część stała wykonana z betonu, a próg o który opierają się zasuwy wykonany jest z płyt żelaznych lanych, powyżej których osadzono kamienie przyciosane (fig. 4.), Filary wykonano również z betonu i pokryto kamieniem przyciosanym. Na przyczółkach i filarach spoczywa most służbowy (fig. 1. i 3.), na którego pasie górnym umieszczone są wyciągi zasuwy. Zasuwy mają 6,30 m wysokości i składają się z 7-u belek kratowych poziomych, opierzonych od strony górnej blachą. U spodu uszczelniono zasuwy zapomocą belek dębowych przymocowanych do zasuw, opierających się przy zamknięciu o wspomniany powyżej próg z żelaza lanego (fig. 4. i 7.). Uszczelnienie boczne wykonano zapomocą okrągłych prętów stalowych (fig. 6.). Zasuwy przenoszą ciśnienie wody na podpory zapomocą obustronnych wózków z wałkami (fig. 6. i 8.), które opisują połowę drogi zasuwy i zawieszono je w sposób na fig. 8. uwidoczniony. Wałki przenoszą ciśnienie na podpory za pośrednictwem torów z żelaza lanego.

Każda zasuwa wisi na dwóch łańcuchach Galla, każdy łańcuch zaś posiada dwa ramiona, na których wiszą przeciwwagi. Każda zasuwa ma więc 4 koła łańcuchowe i 4 przeciwwagi. Na osiach kół łańcuchowych osadzone są koła zębate ślimakowe z pierścieniami brązowymi, poruszane przez ślimaki stalowe, połączone ze sobą systemem wałów i kół zębatych. W osi zasuwy, po stronie górnej mostu służbowego, znajduje się mechanizm popędowy tak urządzony, że zasuwy można podnieść albo ręcznie (2 ludzi), lub zapomocą 8-o konnego motoru elektrycznego. Przewidziano również uzyskanie siły zapomocą turbiny, w razie gdyby prąd elektryczny został przerwany. W prawym przyczółku wykonano przejście dla ryb 2 m szerokie, tu również umieszczono stację transformatorów, zasilającą motory do wyciągania zasuw i urządzenie do oświetlenia jazu.

4. Jaz na Renie pod Augst-Wyhlen²⁾, ukończony w r. 1912. po 4^{1/2} rocznej budowie, przedstawia fig. 9—18. tabl. IX. Przed wykonaniem projektu szczegółowego zbadano zapomocą licznych wierceń rodzaj pokładów i zdecydowano się wykonać fundację na zbitym wapieniu muszlowym, tworzącym potężne pokłady, a znajdujące się pod cienką warstwą słabego dolomitu. Jaz ten służy do wyzyskania naturalnego spadku między Rheinfelden a Augst-Wyhlen, w celu uzyskania siły i jest jazem zasuwowym o konstrukcji Stoney'a nieco zmodyfikowanej. Wodę spiętrza się stale na wysokość 263,50, przyczem wielkość spiętrzenia zależy od stanu wody; przy małej wodzie wynosi 8,4 m, przy średniej 6,6 m, a przy zwykłej dorocznej wielkiej wodzie jeszcze 4,5 m. Uzyskana siła wodna wynosi średnio 30.000 k. m. i rozdziela się po połowie na dwa zakłady silnicowe, szwajcarski i badeński. Spiętrzenie sięga wstecz na 6,5 km aż do Rheinfelden. Między tą miejscowością a Augst-Wyhlen są brzegi 10—15 m wysokie, tak, że można było to znaczne spiętrzenie zastosować.

Wszystkie filary, lewy przyczółek, oraz progi (część stała), fundowano pneumatycznie, tylko prawy przyczółek fundowano w otwartym wykopie, pompując wodę.

Cały jaz ma między przyczółkami 212,80 m długości, 9 filarów dzieli go na 10 pól po 17,5 m światła. Wszystkie progi założone są w tejsamej wysokości na poziomie 254,5 równo z dnem rzeki; podłoże założone jest niżej, w różnej wysokości, zależnie od położenia zwieżłej skały (fig. 14.). Do komunikacji wzdłuż jazu służy most żelazno-betonowy 6 m szeroki (fig. 14.), a na koronie filarów umieszczono

¹⁾ Schweizerische Bauzeitung 1907. Nr. 5. „Elektrizitätswerk Beznau an der Aare“.

²⁾ „Die Wasserkraftanlage Augst-Wyhlen“, Dipl. Ing. Huntziker-Habich, odbitka z Schweizerische Bauzeitung, 1913. Fotografie tego jazu, podane na tablicy XVII., fig. 6., 7., 10. również wzięte z tej publikacji.

żelazną kładkę, służącą do obsługi zasuw (fig. 17. i 18.). Część ruchomą jazu stanowią zasuwy żelazne 9 m wysokie.

Filary wykonano z betonu (1 : 3 : 6) i wyłożono ciosami, względnie kamieniem przyciosanym; celem zakotwienia różnych partii muru ze sobą włożono we filary poczynając od progu pionowe szyny kolejowe i poziome pręty okrągłe 30^m/m średnicy (fig. 9. i 14.). Kesony filarów mają rzut poziomy 21,70 × 5,50 m i wykonano je z betonu, na istniejących lub usypanych wysepkach. Wysokość filarów jest różna, zależnie od głębokości fundowania i dochodzi do 35,80 m.

Część stałą jazu, czyli progi jazowe, wykonano również z betonu (1 : 3 : 6) i pokryto ciosami granitowymi, zakotwiając je w głąb muru. Przekrój ciosów na górnym i dolnym końcu filaru rozszerza się ku górze, aby opierały się przeciw wyrwaniu przez ssące działanie odpływu.

Fundament każdego filaru wykonano w dwóch okresach. Najpierw zapuszczono dwa kesony widoczne na fig. 14., (są to duże kesony na całą długość filaru), na których wykonano mur z odpowiednim pokryciem ciosami granitowymi, a następnie wykonano środek już nie pneumatycznie, lecz w zwykły sposób na sucho, otaczając miejsce między kesonami grodzami i pompując wodę. Kesony progowe (poprzeczne) (fig. 14.), mają 15,3 m długości i 5 m (górne), względnie 4 m (dolne) szerokości. Między nimi a kesonami filarów zostawiono wolną przestrzeń 45 cm szeroką. Kesony wykonano przeważnie z żelaza, w małej tylko części z betonu uzbrojonego.

Na moście żelazno-betonowym przebiegającym wzdłuż jazu, znajduje się tor dla żorawia, służącego do zakładania belek żelaznych we wpusty filarów, celem zamknięcia otworów po stronie dolnej; belki te leżą zwykle na głowicach filarów po stronie dolnej wody. Kładka służbowa spoczywająca na wierzchu filarów wykonana jest z 2 belek kratowych 2,62 m wysokich, o rozstawie 4 m, pomost znajduje się u góry i rozszerzony jest zapomocą wsporników na 8,05 m. Kładka ma po stronie obu przyczółków wspornikowe przedłużenia po 6,90 m długości, po których może się wysunąć w stronę ładunku żoraw, podnoszący i transportujący części konstrukcyjne żelazne, windy, narzędzia, etc.

Zasuwy. Zapomocą zasuw o teoretycznej rozpiętości 18,7 m i 9 m wysokości reguluje się stan wody, aby zwierciadło spiętrzone było stale na rzędnej 263,50. Przy niskim stanie wody, z wyjątkiem przepływu przeplawek dla ryb, cała objętość wody idzie do obu zakładów silnicowych, a zasuwy są wtedy zupełnie przymknięte. Górna część czterech zasuw jest ruchoma, tworząc t.z. klapę lodową 15,82 m długą, a 2,46 m wysoką (fig. 10.); klapę tę można położyć celem przepuszczenia przedmiotów spławionych przez wodę, jak kra, drzewo itp., prócz tego zaś w celu regulowania stanu wody. Normalnie klapa jest postawiona i unieruchomiona zapomocą dwóch rygli (fig. 10. i 15.), przyciśniętych śrubami do swych bocznych kierownic, aby się nie wysunęły; poruszanie tych śrub i rygli odbywa się od ręki. Obracanie klapy odbywa się zapomocą 7-u trzpieni obrotowych o łożyskach osadzonych na zasuwie; klapa położona spoczywa na górnej poziomej płaszczyźnie dźwigaru głównego zasuw (fig. 10.). Uszczelnienie boczne klapy wykonane jest zapomocą zwykłego wysoku z listwą brązową, uszczelnienie dolne zapomocą sprężystej blachy przymocowanej u góry do zasuw i przyciskanej ciśnieniem wody do dolnej zaokrąglonej powierzchni klapy.

Zasuwa sama zbudowana jest na zasadzie użycia małej ilości żeber (rygli) poziomych i posiada tylko dwa główne dźwigary poziome kratowe, o teoretycznej wysokości poziomej 2400^m/m i pionowym odstępem 3300^m/m (fig. 10.), oraz 7 pionowych dźwigarów poprzecznych, z których 5 środkowych ma jednakowy profil i wysokość 2400^m/m, natomiast dwa skrajne, odpowiednio do zmniejszonej wysokości obu żeber poziomych, wysokość profilu tylko 1200^m/m. Między dźwigarami pionowymi znajduje się szereg drugorzędnych dźwigarów (zeber) poziomych, o różnym przekroju; najniższy z nich  dźwiga dębowy próg uszczelniający od spodu, drugi między głównymi dźwigarami poziomymi , a wreszcie w zasuwach bez klapy lodowej, ponad górną główną belką poziomą są jeszcze trzy dźwigary poziome (figura 11.), a w zasuwach z klapą (fig. 10.) tylko jeden, stanowiący górne ograniczenie zasuw. Na tych drugorzędnych dźwigarach poziomych opierają się kształtki  przebiegające pionowo, na których wreszcie spoczywają blachy opierające, u góry 7^m/m, u dołu 11^m/m grube, łączone na zakład i uszczelnione dłutem. Obydwa dźwigary główne przenoszą ciśnienie wody na dwa skrajne dźwigary pionowe (fig. 11.) 832^m/m wysokie, a za ich pośrednictwem na łożysko kołyskowe pionowe ze stali lanej, przechodzące wzdłuż całej wysokości i leżące na wózku z wałków. Wałki toczą się po torze osadzonym na murze w niszy filarów. Łożysko kołyskowe ma 5,16 m długości, 420^m/m szerokości i 75^m/m grubości

i połączone jest łącznie ze skrajnymi dźwigarami zapomocą śrub z głową wpuszczoną (fig. 13.). Wzdłuż końcowego pionowego dźwigaru biegnie płyta stalowa $210 \times 15 \text{ m}$ z nim znitowana i przenosi ciśnienie bezpośrednio na walcową powierzchnię łożyska o strzałce 10 m i długości cięciwy 230 m , a płaska (dolna) powierzchnia łożyska opiera się obustronnie na 22 wałkach (fig. 11.) połączonych we wózki. Każdy wózek wisi swobodnie na dwóch kółkach, umieszczonych w jego górnej części, kółka te opasują liny druciane, których jeden koniec przymocowany jest do zasuw, a drugi do kładki służbowej.

Wałki są ze stali lanej, mają średnicę 220 m i szerokość taką jak łożyska, tj. 420 m ; osie ich mają średnicę 46 m i osadzone są w ramie z kształtek  i . Przy obliczeniu wałków przyjęto zasadę, że ciśnienie wody przenosi się z każdej strony tylko na 5 wałków. Tor wałków składa się z 4 kształtek  $142/85 \text{ m}$, osadzonych na płycie zakotwionej do muru.

Uszczelnienie boczne nie różni się zasadniczo od uszczelnienia typu Stoney'a, jednak wykonanie jest do pewnego stopnia odrębne. Jak wskazuje fig. 13. są to dwie kształtki , jedna przymocowana do muru filaru na górnej ścianie niszy, druga zaś do zasuw, a między nimi jest beleczka dębowa, odbywająca ruch razem z zasuwą, którą ciśnienie wody przyciska do kształtki  przymocowanej do ściany, skutkiem czego uzyskuje się szczelność.

Ciężar zasuw z klapą lodową wynosi 93 t, a zasuw bez kłapy lodowej 84 ton.

Wyciągi do podnoszenia zasuw i klap lodowych mogą być poruszane elektrycznie, lub ręcznie. Przy podnoszeniu zasuw trzeba pokonać ich ciężar, ciężar łańcuchów i lin druczanych, obustronnych wózków z wałkami, tarcie potoczyste wałków i posuwiste beleczek uszczelniających, dalej przy zasuwach z klapami lodowymi ciężar wody nad zasuwą, gdy kłapa jest złożona. Prócz tego uwzględnić trzeba opory nieprzewidziane, powstające skutkiem zalodzenia, zażwirowania, lub zapiaszczenia kłapy, zaciśnięcia się kawałków drzewa etc. Na wszystkie te dodatkowe opory, które trudno oznaczyć, przyjęto dla całej zasuw 32 tony. Skutkiem tego istnieją tu 3 typy wind: a) dla zasuw z klapą lodową, b) dla zasuw bez kłapy i c) dla kłapy lodowej, a ciężary, względnie opory, które trzeba pokonać, wynoszą np. dla przypadku a):

ciężar zasuw	81,0 t
„ kłapy	12,0 „
części drewniane	2,2 „
uzbrojenie zasuw	3,6 „
łańcuchy i liny druciane	12,0 „
$\frac{1}{2}$ ciężaru wózka wałków	4,3 „
tarcie potoczyste	4,0 „
„ posuwiste uszczelnienia	8,0 „
ciężar wody nad klapą złożoną	65,5 „
opory przypadkowe	32,4 „
razem	225,0 ton

Sumaryczny opór podnoszenia dla b) i c) wynosił 148 t, względnie 36 t. Zasuw wyciąga się tak wysoko, aby dolne krawędzie były $1,50 \text{ m}$ ponad spiętrzoną wodą, wynika z tego całkowita wysokość podnoszenia $10,40 \text{ m}$; co do chyżości podnoszenia żądano, aby przy użyciu wyciągu ręcznego chyżość ta wynosiła $0,5 \text{ m}$ na godzinę.

Każda zasuw wisi na 4 łańcuchach Galla, przy zasuwach z klapą mają one podział 140 m i wytrzymałość 225 ton (4-o krotna pewność), przy zasuwach bez kłapy podział 130 m i wytrzymałość 185 ton (5-o krotna pewność). W pierwszym wypadku pewność jest mniejsza, gdyż podnoszenie wody nad zasuwą jest tylko wyjątkowe. Cztery łańcuchy są przymocowane parami do poprzecznej belki dźwigniowej, której oś obrotu osadzona jest u góry końcowego dźwigaru pionowego zasuw; przez to uzyskuje się równe obciążenie obu łańcuchów.

Podnoszenie zasuw z klapami odbywa się zapomocą wyciągów ustawionych na kładce służbowej (rys. 130.). Na wał $W_1 - W_2$, umieszczony w środku nad zasuwą i obracany zapomocą motoru elektrycznego lub ręcznie, przenosi się siłę przy popędzie elektrycznym za pośrednictwem szeregu kół zębatych, przy popędzie ręcznym zapomocą poziomego koła sprychowego o długości sprych $1,5 \text{ m}$. Na obu końcach każdego wału osadzone są ślimaki, biegnące w kąpeli oliwnej i wprawiające w ruch dwa odrębne wyciągi

obok siebie ustawione, z których każdy ciągnie jeden łańcuch. Ze ślimaka o średnicy $94\frac{m}{m}$ i o kroku $50,8\frac{m}{m}$, przenosi się ruch na koło zębate o średnicy $582\frac{m}{m}$, wprawiając w ruch bęben ząbiony o średnicy $224\frac{m}{m}$. Dalsze pary kół zębatach przenoszące ruch, a osadzone na tych samych osiach,

widoczne z rysunku, mają średnice kół działowych 1184 i $338\frac{m}{m}$, oraz 2600 i $541\frac{m}{m}$. To ostatnie stanowi bęben łańcucha Galla, osadzony na osi stałowej $250\frac{m}{m}$, obracalnej w łożyskach brązowych (fig. 7. tabl. XVII.).

Silniki elektryczne wszystkich klap są jednakowe, każdy o sile 56 k. m. , zastosowane do trójpędu o 500 Volt i 50-u okresów. Przy 960 obrotach silnika na minutę chyżość podnoszenia zasuwy wynosi $0,525\text{ m}$ na minutę, czyli całą wysokość podnoszenia można pokonać w 20-u minutach. Przy wyciągu ręcznym siła potrzebna na obu kołach

sprychowych wynosi 128 kg — potrzeba zatem łącznie 8-iu ludzi, z których każdy pracuje z siłą 16-u kg . Chyżość podnoszenia wynosi przy wyciągu ręcznym $0,55\text{ m}$ na godzinę, czyli całkowite podniesienie zasuwy trwa około 18-u godzin.

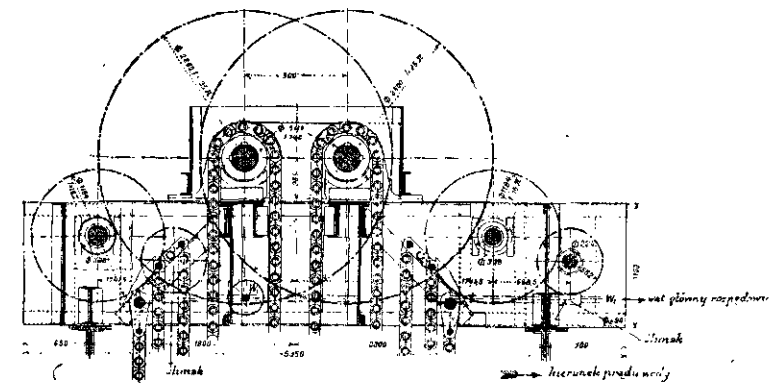
Do poruszania klap lodowych służą osobne wyciągi i 10-o konne silniki elektryczne (jak również i popęd ręczny), ciągnące za liny druciane, które przechodzą w dalszym ciągu w łańcuchy Galla, przytwierdzone do trzpieni obrotowych, umieszczonych u góry końcowych dźwigarów tych klap.

Zamknięcie belkowe od strony górnej. Filary posiadają wpusty do zamknięcia otworów jazowych poziomymi belkami, aby można było powstrzymać dopływ wody do zasuwy i przeprowadzić ich naprawę. Zamknięcie górne miało jednak przy wykonaniu tego jazu jeszcze specjalne znaczenie; mianowicie w końcowym stadium budowy chodziło o szybkie otwarcie ruchu w obu zakładach silnicowych, a ponieważ zasuwa i windy jednego otworu nie były jeszcze gotowe, zastąpiło to zamknięcie właściwy jaz i przez to wyrównano 4-o miesięczne opóźnienie w budowie.

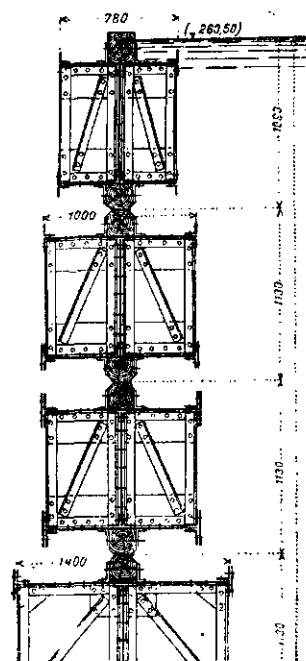
Cały otwór zamyka 8 belek żelaznych o przekroju  (rys. 131.), złożonym z dwu belek blaszanych i ścianki pionowej, przenoszącej na nie ciśnienie wody. U spodu i u góry każdej belki żelaznej przymocowane są progi drewniane służące do uszczelnienia; na każdym z nich są jeszcze smołowane sznury. Jak widać z rysunku, jest szerokość belek różna, jednak ku obu końcom belki się zwężają i szerokość wszystkich jest tu jednakowa. Belki poruszają się we wpustach pionowych i opierają o ścianę niszy zapomocą dwu wałków z każdej strony, po których się toczą (rys. 132.). Uszczelnienie boczne wykonano zapomocą pionowych rurek Mannesmanna $150\frac{m}{m}$ średnicy. Ciężar belek wynosi $11\text{--}18$ ton, wszystkie ośm ważą 100 ton.

Do przenoszenia belek wzdłuż jazu, oraz spuszczenia, służy żóraw transportowy wiszący, przesuwalny na szynach górnych, osadzonych na wspornikach kładki służbowej; posiada on motor 15-o konny do podnoszenia belek i 7-o

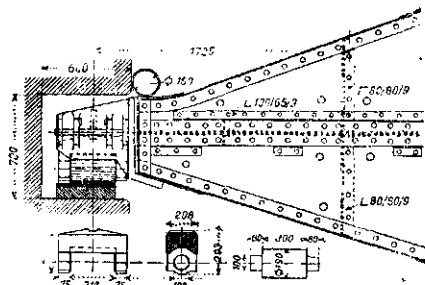
konny do jazdy. Doświadczenie okazało jednak, że nie można zakładać belek w otwór pojedynczo, wobec czego obmyślano urządzenie do zakładania wszystkich belek nad sobą umieszczonych i ze sobą połączonych



Rys. 130.



Rys. 131.



Rys. 132.

równocześnie. Belki mają w tym celu ucha zachodzące na siebie; przez przetknięcie trzpieni przez ich otwory można belki ze sobą połączyć. Do spuszczenia całego zamknięcia służą odpowiednie windy, oparte na wyskokach filarów; założenie ściany w jednym otworze trwa 2 dni. Wyjmowanie belek nie sprawia trudności, gdyż odbywa się przy spuszczonych zasuwach, gdy nie ma ciśnienia wody na belki.

W roku 1912. ukończono tę budowę, która kosztowała 5 milionów franków. Pierwsze spiętrzenie wody musiano przeprowadzić powoli, aby tylko stopniowo zalewać obszar powyżej położony, oraz aby nie odciągnąć całej wody zakładom poniżej położonym. Zupelne spiętrzenie wody aż do rzędnej 263,5 postanowiono osiągnąć w dniach 14-tu i tak je przeprowadzić, aby stale zatrzymywać tę samą objętość wody. Jeżeli linia $a-b$ (rys. 133.) oznacza jaz, linia $b-c$ profil podłużny zwierciadła niespiętrzonego, a linia $a-c$ zwierciadło spiętrzone (przyjęte dla uproszczenia poziomo), czyli odpowiednie napełnienie zbiornika retencyjnego wytworzonego przez jaz, natenczas zachodzą następujące związki:

$Y_n - Y_{n-1} = \frac{2F}{X_n + X_{n-1}}$, w czym F oznacza powierzchnię między dwoma poziomami.

$$X_n : X_{n-1} = Y_n : Y_{n-1} ; X_{n-1} = \frac{X_n Y_{n-1}}{Y_n}$$

$Y_n - Y_{n-1} = \frac{2F Y_n}{(Y_n + Y_{n-1}) X_n}$, czyli $Y_n^2 - Y_{n-1}^2 = 2F \cdot \frac{Y_n}{X_n}$, a ponieważ $\frac{Y_n}{X_n} = i$ (spadek jednostkowy zwierciadła),

$$\text{zatem } Y_{n-1} = \sqrt{Y_n^2 - 2Fi}$$

W równaniu tem znane jest $Y_n = 6,70$ m, oraz $i = 0,000957$, zaś F dobrano tak, aby w dwunastu dniach roboczych zbiornik się napełnił.

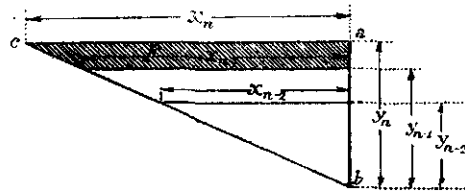
$$F = \frac{X_n Y_n}{2 \cdot 12} = \frac{Y_n^2}{24i} = 1960 \text{ m}^2.$$

Aby otrzymać objętość jaką w ciągu dnia ma być wypełniona, trzeba tę powierzchnię F pomnożyć przez średnią szerokość łożyska, w tym wypadku $b = 200$.

Objętość sekundowa jaką trzeba było zatrzymać (licząc przez 10 godzin dziennie) wynosi:

$$Q = \frac{F \cdot b}{10 \cdot 60 \cdot 60} = 10,9 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Według tych danych ułożono program spiętrzania wody.



Rys. 133.

II. Jazy kozłowe.

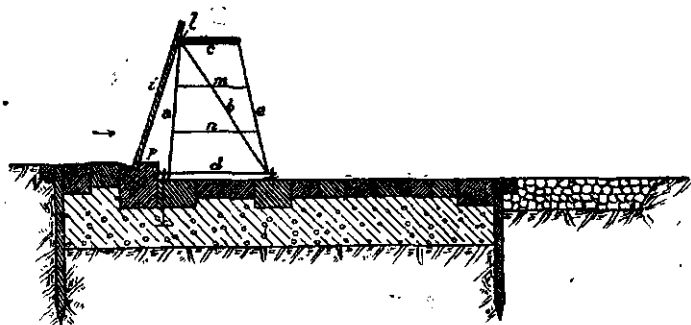
(Bockwehre, barrages à fermettes).

(Tablice IX. i X.).

Nazwą tą obejmuje się jazy iglicowe (Nadelwehr, barrage mobile à aiguilles), oraz jazy zastawkowe, przy których zastawki oparte są na kozłach (Bock, fermette).

a) Jazy iglicowe.

Pierwszy taki jaz wykonał inż. francuski Poirée na rzece Yonnie pod Basseville w r. 1834. Od tego czasu pomysł ten rozpowszechnił się i dziś jazy tego systemu są chętnie stosowane, szczególnie przy kanalizacjach rzek w celach żeglugi. Naturalnie, że w ciągu czasu konstrukcja doznała różnych ulepszeń, jednak zasada pozostała ta sama. Polega ona na użyciu podpór żelaznych w małych odstępach rozstawionych, tzn. kozłów Poirégo (rys. 134.), składających się z prętów żelaznych a i b , stanowiących właściwy kozieł, górnej beleczki c na której spoczywa pomost, podpory e , oraz osi obrotu d , osadzonej obrotowo w łożyskach utwierdzonych na części stałej jazu, a wreszcie poprzeczek m i n usztywniających pręty w płaszczyźnie kozła. Kozły są między sobą połączone poziomymi beleczkami l , przechodzącymi od kozła do kozła. Otóż te



Rys. 134.

beleccki poziome stanowią górną podporę dla rz. iglic *i*, tj. wąskich beleccek drewnianych obok siebie ciasno ustawionych, stanowiących element spiętrzający. Dolną podporę iglic stanowi wyskok w części stałej jazu. Mamy tu zatem coś odwrotnego do zasłon zwiżanych, które składały się jak wiadomo z wąskich poziomych beleccek ponad sobą ułożonych, tu mamy także beleccki, jednak stromo obok siebie ustawione i nie połączone ze sobą, lecz w razie usuwania spiętrzenia każda musi być osobno wyjęta. Jeżeli wyobrazimy sobie iglice usunięte, pomost zdjęty z kozłów, a wreszcie odjęte górne podpory iglic, tj. beleccki *l*, natenczas zrozumianem jest, że każdy kozieł można obrócić około osi *d* do położenia poziomego, czyli położyć go na część stałą jazu. Ponieważ odstęp kozłów jest niewielki (najczęściej 1,25 m) i mniejszy od wysokości kozłów, zatem kozły kładąc się (poprzecznie do kierunku biegu wody) na część stałą jazu, nakrywają się częściowo. Wzniesienie progu ponad poziom dalszej partji części stałej, wynoszące 40—60-u cm, ma na celu ochronę położonych kozłów przed uderzeniem przedmiotów płynących. Wogóle część stała składa się z ławy betonowej między ścianami szczelnymi, na koronie jej osadzone są ciosy. Najważniejsze z nich są te, na których spoczywają łożyska osi obrotu kozła, jeden zaś z nich oznaczony na rys. literą *p*, który możemy nazwać podpieraczem, posiada znaczne rozmiary i służy do podparcia iglic u spodu.

Iglice. Początkowo, przy pierwszych jazach, używano we Francji iglic o małych wymiarach, np. iglice jazu pod Epineau miały 2,75 m długości, 0,07 m szerokości i 0,04 m grubości, ważyły tylko 6 kg; następnie używano tylko wyłącznie iglic kwadratowych o przekroju $0,08 \times 0,08$ m, które nieraz musiały wytrzymywać znacznie większe natężenie jak natężenie dopuszczalne dla drzewa, później dopiero dla dużych spiętrzeń zaczęto stosować przekroje prostokątne, o znacznym wymiarze w kierunku ruchu wody, a mniejszej szerokości. Chodzi tu o to, aby iglica nie była zbyt ciężka, robotnik bowiem musi nią manipulować, podnosić ją i kłaść na wózki, na których odwozi się iglice do magazynu. Iglica wobec tego nie powinna ważyć więcej, jak 30 do trzydziestukilku kg. Proponowano różne sposoby zmniejszenia ciężaru, a mianowicie użycie iglic wykonanych z deseczek, w środku pustych, lub o przekroju **I**, dalej z pustych rurek żelaznych, prócz tego użycie trzeciej podpory dla iglicy około miejsca największego momentu, a wreszcie wykonanie jazu o dwóch piętrach iglic, jednak te wszystkie pomysły okazały się niepraktyczne i nie utrzymały się w praktyce. Z drugiej strony pamiętać trzeba o tem, że iglica nie może być zbyt wielka, ani ciężka, gdyż manipulacja przy ich zakładaniu i wyjmowaniu jest robotą ciężką, a nawet niebezpieczną. Robotnik zakładający iglicę wstawia ją pionowo do wody, opierając dolny koniec o część stałą jazu powyżej wyskoku, a górny koniec zbliża następnie do beleccki podpierającej. Ciśnienie wody na iglicę pokonuje tarcie dolnego końca o dno i przesuwą go aż do wyskoku. Przytem może zająć jednak wypadek, że albo dolny koniec zbyt silnie oparł się u spodu i nie może się zesunąć ku wyskokowi, lub też, jeżeli iglica za mało została zagłębiona może wypaść z wyskoku, a robotnik trzymający iglicę może być wyrzucony w stronę dolnej lub górnej wody.

Wymiary oblicza się z uwagi na ciśnienie wody, uważając iglicę jako belkę w dwu punktach podpartą. Obliczenie przeprowadza się zupełnie taksamo, jak to podano powyżej przy obliczaniu przekroju odrzwi ruchomych.

Największe wymiary iglic w praktyce stosowanych wynoszą na przykład: jazy na Marnie przekrój $0,125 \times 0,125$ m, długość 5,10 m (4,40 m między progiem i podporą górną), ciężar 45 kg, przy kanalizacji Węławy i Łaby grubość nie przekracza 14 cm, jako długość maksymalną uważano przedtem 4,6 m, według jednak najnowszych doświadczeń zmniejszono ją na 4,3 m; podobne długości iglic mamy w przepustach dla statków skanalizowanej Odry.

Należałoby postawić pytanie, jakie spiętrzenie da się uzyskać jazem iglicowym? Zależy to od głębokości dolnej wody ponad progiem. Np. Tolman¹⁾ podaje dla jazu we Wranianach na Węławie:

długość iglicy	4,60 m
odjawszy od tego długość iglicy ponad spiętrzoną wodą	0,65 m
wysokość wyskoku progu	0,10 „
głębokość wody na progu	0,91 „
wreszcie z uwagi na ukośne postawienie (nachylenie 5 : 1)	0,14 „
razem	1,81 m
pozostaje spiętrzenie	2,79 m

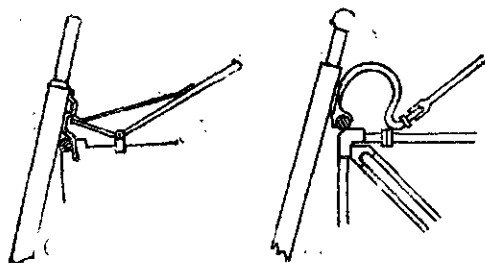
¹⁾ „Stavba vodnich cest“, Praga 1911.

Możemy więc powiedzieć, że jazy iglicowe stosuje się do spiętrzeń nie przekraczających 3 m. W jazu na Łabie w Litomierzyczach iglice mają 4,35 m długości, głębokość wody na progu wynosi 1,70 m, spiętrzenie $4,35 - (0,10 + 1,70 + 0,65 + 0,15) = 1,75$ m.

Opisane powyżej trudności przy wkładaniu i wyciąganiu iglic skłoniły inżynierów do obmyślenia ulepszeń w ich budowie. Takie ulepszenie wprowadził inżynier francuski Guillemain pierwszy raz na

Loirze pod Roanne, zaopatrując iglicę u góry okuciem żelaznym stanowiącym uchwyt, oraz z tyłu (po stronie dolnej wody), okuciem zgiętym w kształcie haczyka (rys. 135.). Od tego czasu system ten się rozpowszechnił, gdyż rzeczywiście posiada on wielkie zalety, ułatwia w wysokim stopniu manipulację. Robotnik zapomocą dźwigni (drąga) opartej krótszym końcem o wysoki okucia c (rys. 135, 136.) podnosi iglicę w górę, tak aby wyszła z wysoku progu, a następnie ją puszcza, wtedy iglica zawisa zapomocą haka na beleczce podpierającej; w ten sposób zawiesza się jedną iglicę za drugą, a następnie można je po kolei wyjmować. Jeżeli iglice są zanadto ściśnięte, natenczas używa się kabłąka oraz drąga i najpierw jedną z iglic wypycha. Rysunki 136. i 137. wyjaśniają tę manipulację.

Na rysunku 135. a—d przedstawione są typy iglic, pierwszy według systemu Guil-

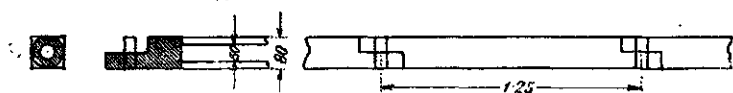


Rys. 136.

Rys. 137.

lemaina, drugi zmodyfikowany z uchwytem z boku w kształcie rękojeści szabli, trzeci, ostatni typ na Łabie stosowany, wreszcie czwarty typ systemu Kummera, o którym później będzie mowa. Iglica musi mieć naturalnie w kierunku długości jazu stałą szerokość, w kierunku poprzecznym natomiast ścina się ją od góry celem zmniejszenia ciężaru. Celem otrzymania jaknajmniejszych wymiarów, a zatem zmniejszenia ciężaru, przyjmuje się natężenie dopuszczalne na złamanie znaczne, powiedzmy do 120 kg/cm^2 .

Iglice wykonuje się z drzew szpilkowych, zwykle ze świerku lub jodły. Nie jest odpowiedni wycinanie ich z cienkich drzewek, lepiej wycinać 2 lub 4 z grubszego pnia.

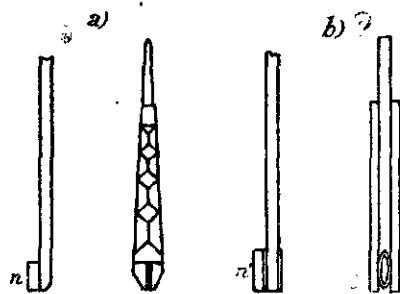


Rys. 138.

Mannesmanna, tylko przy końcach pełna, zakładana na czopy osadzone na kozłach (rysunek 138.).

Na końcach są belczki te do połowy wycięte i posiadają otwory na czop; sąsiednie belczki zachodzą na zakładkę.

Uszczelnienie jazu. Przy jazach wykonanych w celu kanalizacji rzeki nieuszczelnienie jazu ma mniejsze znaczenie jak przy zakładach o sile wodnej, zwłaszcza na rzekach większych, mających znaczniejsze odpływy. Natomiast na rzekach skanalizowanych mniejszych, zwłaszcza przy bardzo niskich stanach, trzeba nieraz jaz uszczelniać. Wykonują to przez zamocowanie wody powyżej jazu gliną, piaskiem, dalej zapomocą siana lub roślin wodnych, popiołu, wreszcie szpilek sosnowych lub jodłowych, najważniejszą rzeczą jest jednak należyte ściśnięcie iglic. W tym celu po założeniu iglic wkłada się w szparę pozostałą między nimi przyrząd podany na rys. 139. a lub b., pierwszy z nasadą prostokątną, drugi z nasadą soczewkową. Przez poruszanie drągiem na boki rozpycha się iglice i w otwór w ten

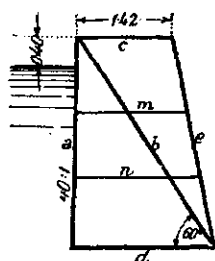


Rys. 139.

sposób rozszerzony wkłada się iglicę o specjalnej grubości, węższą lub szerszą od normalnej. We Francji stosowano z dobrym skutkiem uszczelnienie zapomocą płótna nieprzemakalnego rozpostartego na iglicach, do którego przymocowane były poziome listwy drewniane.

Kozły służą do podparcia iglic u góry i przyjmują ciśnienie wody przeniesione przez ich górne końce, za pośrednictwem beleczek poziomych idących od kozła do kozła. Wielkość tego ciśnienia zależy od odstępów kozłów, który normalnie wynosi 1,25 m (od 1 — 1,30 m), niewiele tylko jazów wykonano o odstępach większych, o czym w dalszym ciągu pomówimy.

Kozły wykonuje się z żelaza kutego o pełnych prętach prostokątnych i połączeniach spajanych, tylko przy większych wymiarach robi się je z żelaza walcowanego, z blachami węzłowymi na połączeniach. Pierwsze są lepsze, gdyż mniej ulegają rdzewieniu, natomiast połączenia węzłowe mają słabsze. Na tablicy X. podano przekrój jazu kanalizacji Odry na Śląsku górnym, na rysunku podane są wymiary poszczególnych prętów kozła, przy kanalizacji Wełtawy i Łaby użyto kozłów o następujących wymiarach (rys. 140.):



Rys. 140.

Wysokość kozła	3,39 m do 4,44 m
pręt a	35/50 m/m „ 45/60 m/m
„ e	30/40 „ „ 40/55 „
zastrzał b	w środku na końcu 60/60 „ „ 80/85 „ 50/50 „ „ 70/70 „
beleczka pomostowa c	φ 50 m/m
oś dolna d	φ 60 „
poprzeczki m i n	50/15 „
ciężar kozła	352 do 633 kg,

Głębokość progu pod normalną wodą 0—1,5 m.

Przy wykonanych kanalizacjach przyjmowano próg przepustu dla statków przynajmniej 0,5 m niżej od progu innych otworów, a około 0,6—0,8 m pod najniższym stanem wody. Wobec tego kozły w przepustach dla statków będą wyższe i silniejsze jak w innych otworach.

Co do obliczenia zauważa się, że kozły Poirée'go oblicza się dla dwóch założeń a) przy pełnym spiętrzeniu wody jak na figurze 4-ej tablicy X. i nieobciążonym pomoście, oraz b) przy pomoście obciążonym i niespiętrzonej wodzie. W pierwszym wypadku największe siły powstaną w prętach I. i II., a mianowicie w pierwszym ciążeniu, w drugim ciśnieniu; wielkość tych sił otrzymamy, rozkładając górne oddziaływanie iglic B na kierunki I. i II., jak to wskazuje plan sił na figurze 4-ej. Pręt II. należy obliczyć na wyboczenie. Pręt I. może jednak wymagać większych wymiarów, jeżeli go obliczymy dla wypadku b), wtedy bowiem przyjmuje połowę obciążenia pomostu jako siłę cisnącą i narażony jest na wyboczenie. Taksamo pręt IV. oblicza się dla przypadku b), gdyż w punkcie x przenosi się połowa obciążenia pionowego pomostu (patrz plan sił fig. 4.). Pręt III. oblicza się jako belkę w dwu punktach podpartą, jednostajnie obciążoną ciężarem pomostu, ludzi i narzędzi (blok ruchomy poniżej opisany). Wreszcie pręt dolny V. (oś obrotu) narażony jest na skręcenie, wielkość momentu trudno jednak ściśle oznaczyć, zamiast tego obliczyć można pręt ten na momenty zgięcia wywołane 1) siłą cisnącą I. (spiętrzenie usunięte, pomost obciążony), lub 2) siłą ciągnącą I. (spiętrzenie istnieje, pomost nieobciążony). Linje momentów przedstawione są na fig. 4. tabl. X. pod 1 i 2. Łożyisko górne posiada kotwę obliczoną na największą siłę ciągnącą, łożysko dolne jest ciśnione, nie potrzebuje zakotwienia, jest tylko zapomocą śrub wpuszczonych w mur zabezpieczone przeciw przesunięciu. Jest zrozumiałem, że punkty przecięcia prętów powinny leżeć możliwie blisko punktów podparcia osi, aby momenty były jaknajmniejsze.

Co do obu poprzeczek służących do stężenia kozła i usztywnienia prętów zauważa się, że należy je tak rozmieścić, aby przy kładzeniu kozłów poprzeczki się nie nakrywały, gdyż wtedy warstwa leżących kozłów byłaby grubsza, a próg zakrywający ją musiałby być wyższy. Przy projektowaniu kozłów należy je sobie narysować w położeniu leżącym. Zauważa się jeszcze, że zazwyczaj nie można wyzyskać natężenia dopuszczalnego, a wykonane konstrukcje okazują skutkiem uwzględnienia rdzewienia, oraz przypadkowych uderzeń, natężenia nie większe jak 250—400 kg.

Łożyiska służą do osadzenia osi obrotu kozła i wykonywano je w ciągu czasu rozmaicie. Oś obrotu posiada dwa czopy 10—15 cm długości, 40—95 m/m średnicy. Każde z obu łożysk posiada otwór

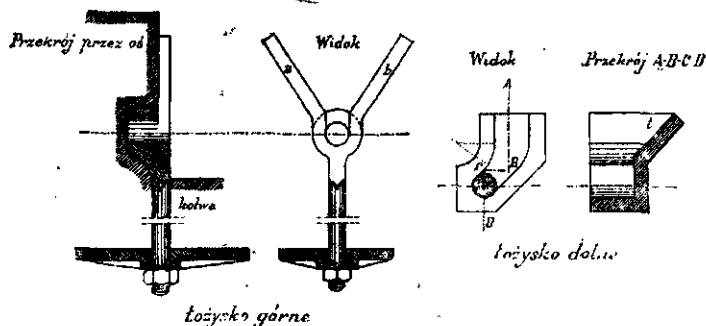
zaokrąglony do włożenia czopa, górne jest u spodu wysoku progu osadzone i zakotwione, oraz od góry zamknięte (łożysko ciągnięte), dolne jest od góry otwarte (łożysko ciśnione) i może być żelaznym lub drewnianym klinem, przechodzącym u góry przez jego żebra, ponad czopem zamknięte. Klin ten ma zapobiedz przypadkowemu wyskoczeniu czopa, nie jest jednak konieczny.

Typ łożysk użytych przy kanalizacji Mozelli i Mozy francuskiej przedstawia rysunek 141.

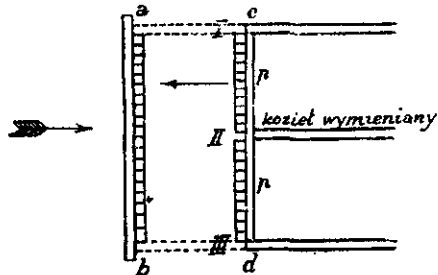
Łożysko górne jest o 1 cm szersze od czopa i posiada u góry widełki $a-b$ celem skierowania czopa do otworu, u spodu kotwę z tarczą i mutrą wmurowaną w część stałą jazu, łożysko dolne jest od góry zupełnie otwarte, posiada tylną ścianę t skośną celem wprowadzania dolnego czopa. Jak to wskazuje rysunek łożyska dolnego, otwór łożyskowy skręcony jest w bok, a ten kształt ma utrudnić przypadkowe wyskoczenie czopa.

Typ łożyska stosowany chętnie w nowszych kanalizacjach, jak np. Odry, Wełtawy, Łaby i i. przedstawiają fig. 2. i 3. tablicy X.

Jak widać łożysko górne tworzy przed otworem na czop małą równię pochyłą, otoczoną dwoma rozchylonymi skrzydłami, zbieżącymi się w stronę otworu czopowego. Czop przedni kozła wprowadza się w łożysko przednie (górne) w ten sposób, że się go zwraca w stronę górnej wody, stawia na tej równi pochyłej, a następnie posuwa w stronę górnej wody, aż wpadnie w swe zagłębienie. Jak widać z rysunku zakotwienie jest tu inaczej wykonane jak przy łożysku poprzednim; kotwa obejmuje tu czop osi wysunięty w stronę górną łożyska. Łożysko dolne posiada z tyłu część wzniesioną, na której kładzie się czop dolny w chwili, zanim jeszcze czop górny wsunięto w jego łożysko. Z boku posiada łożysko obustronne policzki, przez które przechodzi klin zabezpieczający czop od góry przeciw wyskoczeniu. Łożysko to jest trzema śrubami uchwycone do muru.



Rys. 141.

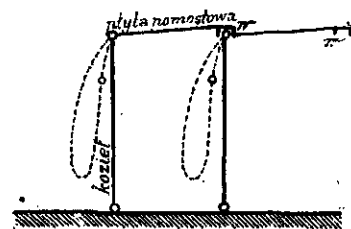


Rys. 142.

Zakładanie kozłów przy budowie jazu między grodzami, gdy woda jest wypompowana nie przedstawia trudności, zachodzi jednak nieraz potrzeba wymiany uszkodzonego kozła, przy utrzymaniu spiętrzenia wody. Operację tę można wykonać w ten sposób (rys. 142.), że o kozły sąsiadujące z kozłem uszkodzonym, który ma być wymieniony, opiera się poziomo kawałki belek drewnianych (I. i III.), a następnie o nie belkę żelazną $a-b$, o przekroju $\square$. W dalszym ciągu po kolei odchyła się iglice od belek podpierających p, p , i przywiązuje do belki $a-b$. W ten sposób uwalnia się beleczki p od ciśnienia, można je zatem odjąć, a przez to kozieł zostaje odciążony. Jeżeli teraz zatkamy przyływ wody z boku ($a-c$ i $b-d$)

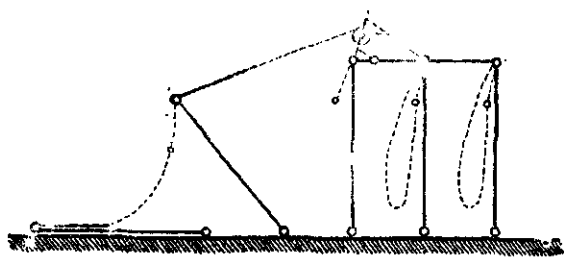
dylami, to można będzie uszkodzony kozieł wyjąć, a nowy założyć.

Pomost. Dawniejsze jazy miały pomost z dyli leżących na kozłach, przy nowszych konstrukcjach wykonany jest pomost z blachy żelaznej około $6-8^m/m$ grubej, o powierzchni szorstkiej, nasiekanej i to w ten sposób, że każdy kozieł posiada płytę pomostową z jego górną poziomą beleczką stałe złączoną i obracalną na dwóch zawiasach około tej beleczki (fig. 1. tabl. X., oraz rys. 143.). Każda płyta posiada na wolnym końcu widełki w , które zahacza za beleczkę poziomą sąsiedniego kozła, trafiając w odpowiednie wycięcia jego płyty. Prócz tego do wolnego końca każdej płyty przytwierdzony jest łańcuch, który tu nazwiemy długim, około 6 m mierzący, który służy do kładzenia kozłów; łańcuch ten przy postawionym jazu zawieszony jest na łańcuchu krótkim (60 cm), przytwierdzonym do górnej poziomej beleczki kozła, stanowiącej oś obrotu sąsiedniej płyty. Wysokość pomostu nad spiętrzoną wodą wynosi przy wykonanych jazach 20–50 cm, zazwyczaj jednak 40–50 cm; zbyt mała różnica poziomów jest nieodpowiednia, gdyż kładka w razie szybkiego wzrostu stanu wody może zostać zalana, z drugiej zaś strony większe wzniesienie pomostu powiększa koszt jazu, gdyż kozły muszą być wyższe, a iglice dłuższe.



Rys. 143.

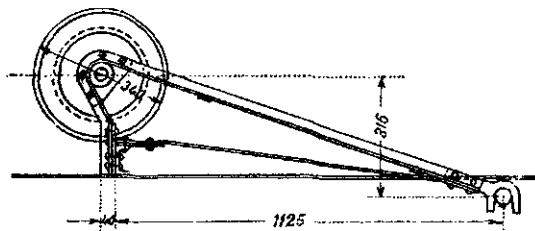
Jeżeli się chce położyć cały jaz, natenczas najpierw wyjmuje się iglice i odnosi na miejsce składu, następnie odejmuje beleczki poziome podpierające iglice i łączące kozły, a wreszcie przystępuje



Rys. 144.

do kładzenia kozłów. Dawniej odbywało się to w ten sposób, że na kozle najbliższym kozła kładzionego, stawiało się windę (rys. 144.), na której wale nawinięty był łańcuch, następnie z tym łańcuchem łączono koniec długiego (6-o metrowego) łańcucha przytwierdzonego do płyty pomostowej kładzionego kozła i przez nawinięcie łańcucha na wał windy podnoszono płytę w górę. Następnie, zwalniając łańcuch, kładziono kozieł wraz z jego płytą, poczem odłączono od niego łańcuch od windy, a koniec łańcucha płyty łączono z krótkim łań-

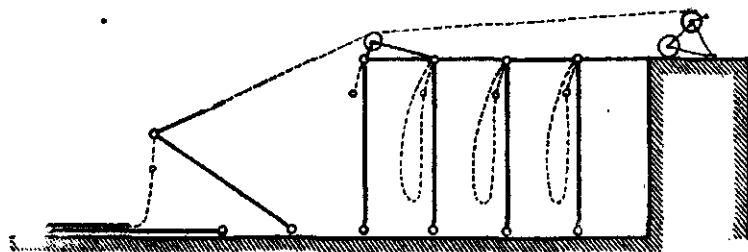
cuchem następnego kozła. Przenoszenie jednak ciężkiej windy, ważącej około 250—300 kg od kozła do kozła było uciążliwe, a nawet niebezpieczne, więc obecnie wykonuje się tę manipulację inaczej. Winda ustawiona jest na przyczółku i tu zakotwiona, a łańcuch jej przeciąga się przez cały pomost, aż do końca otworu. Na sąsiednim kozle kozła kładzionego stawia się też kółko przenośne (rys. 145.), które posiada odpowiednią żelazną podstawę, opierającą się na pomoście, a prócz tego może być łańcuchem do tylnego kozła przytrzymane. Dalsza manipulacja (rys. 146.) jest zupełnie takasama jak poprzednio; do łańcucha windy przymocowuje się długi łańcuch płyty pomostowej, przez nawinięcie na wał windy podnosi płytę pomostową, a następnie przez odwijanie kładzie kozieł. Następnie przenosi się kółko ruchome do następnego kozła i postępuje jak poprzednio.



Rys. 145.

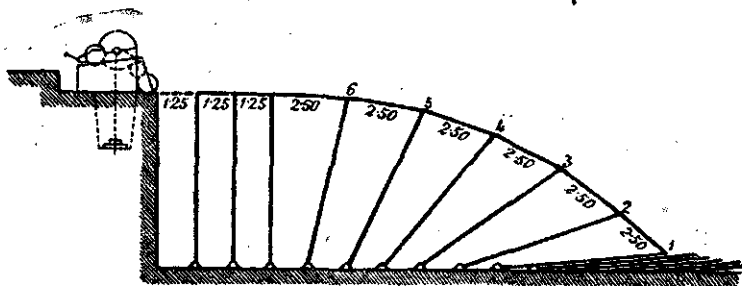
Kładzenie kozłów postępuje szybko, w razie nagłej potrzeby można je jednak przewracać do

spiętrzzonej wody, przyczem płyty wywołują powolne opadanie kozła na część stałą; naturalnie że takie kładzenie nie może być regułą. Wreszcie istnieje sposób kładzenia kozłów, pozwalający na znaczne skrócenie czasu, jest to równoczesne kładzenie kilku (zwykle 6-iu kozłów) od razu (rys. 147.). Sposób ten zastosowano najpierw na Sekwanie pod Suresnes, gdzie kładziono równocześnie 6 kozłów, każdy o wadze 1800 kg, a na-



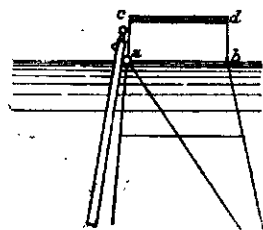
Rys. 146.

stępnie użyto go i przy innych kanalizacjach, np. na Odrze i Wełtawie. Łańcuch od windy zakotwionej na przyczółku, przebiegający wzdłuż jazu, łączy się od razu z 6-oma kozłami; wypuszczając między dwoma sąsiednimi kozłami długość znacznie większą jak odstęp kozłów (zazwyczaj długość równą podwójnemu odstępowi), a następnie kładzie kozły wachlarzowato. Każdy kozieł musi tu mieć urządzenie do przyłączenia łańcucha; jest to przycisk ze śrubą przytrzymujący łańcuch na kozle. Nadto winda musi być bardzo silna, gdyż w łańcuchu ciągnięcie wypadkowe będzie równe sumie składowych poziomych w poszczególnych elementach łańcucha, między kładzionymi sześciu kozłami rozpiętych. Te pojedyncze siły otrzymamy rozkładając ciężar każdego pochylonego kozła na dwie siły pionowe, działające na jego końcach (u góry i u dołu) i wykonując w każdym węźle rozkład sił w kierunku kozła i łańcucha.

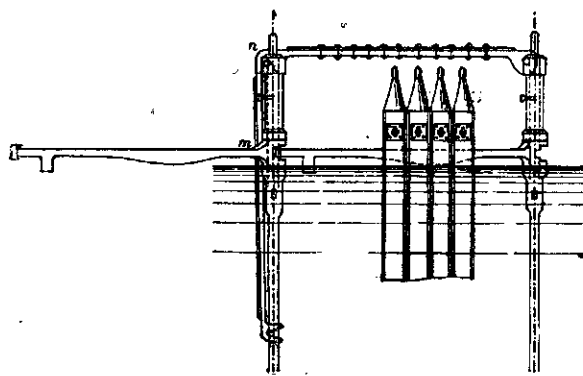


Rys. 147.

System Kummera. W Belgii na rzece Mozie zastosował inżynier Kummer wychwyt, zapomocą którego można skrócić czas wyjmowania iglic, a to przez równoczesne wyrzucanie wszystkich iglic z przedziału między dwoma kozłami. Przy systemie tym konstrukcja kozłów jest do pewnego stopnia zmieniona, a mianowicie każdy kozieł o zwykłej formie trapezowej (rys. 148.) posiada jeszcze ponad najwyższą poprzeczką znajdującą się prawie w poziomie górnej wody, podwyższenie prostokątne $a-b-c-d$ o wysokości 50 cm, na którego górnej poprzeczce $c-d$ znajduje się dopiero płyta pomostowa, jak przy zwykłym systemie osadzona obrotowo i zahaczająca swemi widelkami o następny kozieł. Belecza pozioma podpierająca iglice znajduje się przy a , zaledwie parę centymetrów nad spiętrzoną wodą, a iglice mają również górne zakończenie zmienione. Przedewszystkiem są krótsze, gdyż mają podparcie niżej, dalej okucie jest inne. Jak widać z fig. 135. d) zamiast haczyka mają tylko kabłąkowaty uchwyt u góry, od strony górnej zaś przytwierdzone żelazne kółko służące do przewleczenia linki i połączenia w ten sposób wszystkich iglic danego przedziału między kozłami. Koniec tej linki jest przymocowany do kozła, by po wytrąceniu wszystkich iglic z danego przedziału nie spłynęły one z wodą, lecz aby je można było przyciągnąć do brzegu. Sposób podparcia iglic, położenie beleczy poziomej i pomostu przedstawia figura 149.



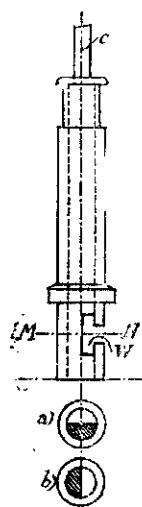
Rys. 148.



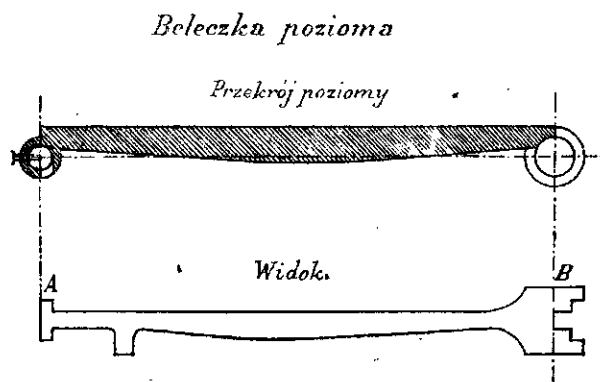
Rys. 149.

Beleczy podpierające iglice mają na jednym końcu pierścień, zapomocą którego są osadzone na słupie m n stanowiącym przedłużenie kozła w górę, i mogą się naokoło tego słupa obrócić w płaszczyźnie poziomej o 90° , drugi koniec beleczy opiera się przy zamkniętym jazu o sąsiedni kozieł i przyciskany jest do niego ciśnieniem górnych końców iglic. Słupy stanowiące oś obrotu beleczy poziomych są w środku wydrążone i mają kształt rury, względnie pochwy, a wydrążenie to wypełnia okrągły trzpień żelazny, u spodu do połowy wycięty, jak to wskazuje rys. 150.

Zapomocą klucza nasadzonego na kwadratowy czop C , stanowiący zakończenie górne trzpienia, można go obrócić o 90° , a zatem trzpień znajdować się może w położeniu a) lub b). W pierwszym wypadku koniec beleczy poziomej A (rys. 151.) wchodzić we wycięcie W , zostanie podparty i przeciw poziomemu przesunięciu zabezpieczony, natomiast w drugim podpora przez obrót trzpienia zostanie usunięta. Jak widać z rysunku 151. koniec beleczy poziomej A posiada u góry i u dołu zęby wchodzące w odpowiednie wycięcia słupa; zapomocą tego urządzenia uzyskuje się usztywnienie i połączenie kozłów między sobą.



Rys. 150.



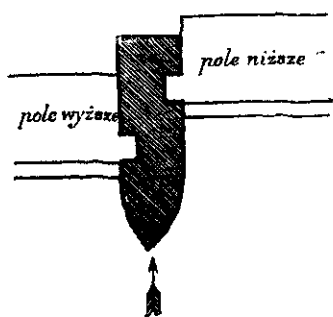
Rys. 151.

podparcie i skutkiem ciśnienia iglic obraca się o 90° , a iglice wypadają równocześnie z całego przedziału; wiszą one wtedy na linewce przytwierdzonej do kozła, a przechodzącej przez ich kółka i mogą być sprowadzone na brzeg. W ten sposób wytrąca się iglice idące od jednego kozła do drugiego, a czas otwierania jazu znacznie się skraca.

Na podstawie przedstawionej konstrukcji można zrozumieć działanie tego systemu. W czasie kiedy jaz jest zamknięty, trzpień znajdujący się wewnątrz słupa jest w położeniu a), koniec beleczy A jest we wcięciu W i opiera się o półkolisty trzpień, przenosząc na niego ciśnienie iglic. W razie nagłego przyboru wody obraca się kluczem trzpień o 90° , wobec czego belecza pozioma traci na swym wolnym końcu

System ten zastosowany później również na innych rzekach, np. przy kanalizacji Menu, oraz przy jednym jazie na Wełtawie, posiada jednak znaczne niedogodności, skutkiem których rozpowszechnić się nie mógł. Przedewszystkiem przy równoczesnem wytrącaniu iglic z całego przedziału pod pełnem spiętrzeniem wiele iglic się uszkadza i łamie, dalej iglice zagrzebują się w piasek, albo zaciskają się między kozły. Wreszcie zakładanie, oraz wyciąganie od ręki pojedynczych iglic celem regulowania spiętrzenia, wobec niskiego ich położenia pod pomostem jest trudne i uciążliwe i wymaga użycia tylko wyćwiczonych ludzi. Wyjmowanie iglic i osadzanie od ręki przy zwykłym systemie jest łatwiejsze, dlatego system Kummera pomimo swych zalet wyjdzie prawdopodobnie z użycia.

Przyczółki i filary jazów kozłowych. Ponieważ odstęp kozłów jest znacznie mniejszy od ich wysokości, a odstepu ostatniego kozła od filaru, względnie od przyczółka, staramy się również nie powiększać, aby rozpiętość beleczki poziomej podpierającej iglice nie była zbyt wielka, przeto w przyczółku, względnie we filarze, w stronę którego kładzie się kozły, musimy wykonać niszę o takiej głębokości, aby ostatni kozieł mógł się położyć nie dotykając ściany muru. Wynika stąd, że filar taki, względnie przyczółek, musi być stosunkowo gruby, poza niszą zaś musi się wykonać mur jeszcze odpowiednio gruby. Na tablicy I. fig. 1—4. i 8—9. podano przekroje przyczółków i filarów jazów kozłowych, posiadających odpowiednie nisze dla kozłów. Zazwyczaj większe jazy iglicowe podzielone są na pola oddzielone filarami, a kozły kładą się we wszystkich polach w jedną stronę. Wtedy wszystkie filary i przyczółek położony w kierunku kładzenia kozłów mają tylko po jednej niszy; wyjątkowo zdarza się, że w dwóch sąsiednich polach musi się kłaść kozły w kierunkach przeciwnych, wtedy filar między nimi położony będzie miał dwie nisze (rys. 152.). Aby filar nie był zbyt gruby przestawia się osie obu pól, dając pole o ewentualnie niżej położonym progu (wyższych kozłach) na tyle filaru, aby go zbyt nie osłabiać. Zazwyczaj kładzie się kozły w stronę przeciwną od brzegu, na którym znajduje się mieszkanie dozorecy jazu.

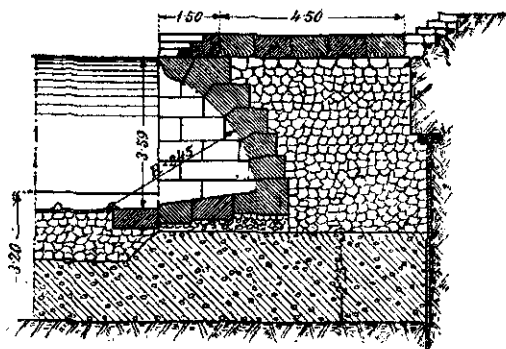


Rys. 152.

Powiedzieliśmy, że ostatni kozieł nie powinien być zbyt daleko od filaru, względnie przyczółka, aby długość beleczki podpierającej nie była zbyt długa. Z drugiej strony pewne większe oddalenie tego kozła od muru jest korzystne, gdyż nisza, w którą się kozieł chowa będzie płytsza, a filar cieńszy. Można zatem do filaru przytwierdzić t.z. fałszywy kozieł posiadający tylko górną poprzeczkę i trzymany na dwóch ramionach, osadzonych u góry na murze i wystający kilkadziesiąt cm poza mur w kierunku ostatniego kozła. Na tym fałszywym kozle wisi płyta pomostowa sięgająca do ostatniego kozła. W ten sposób można zwiększyć odległość ostatniego kozła od muru i zmniejszyć głębokość niszy. Nisza

przykryta jest od góry albo płytą betonową, albo płytą żelazną, lub też krótkimi sklepieniami coraz to niżej założonemi, jak to przedstawiają figury 3—4. tabl. I., lub wreszcie łukiem z ciosów przedstawionym na rysunku 153.

Część stała jazu składa się z dwu partji, a mianowicie górnej silniejszej, stanowiącej właściwą część stałą i służącej do podparcia części ruchomej (kozłów i iglic), oraz części poniżej położonej, stanowiącej podłoże (patrz fig. 1., 8., 10. tabl. X.). W dawniejszych jazach francuskich właściwa część stała miała nieraz bardzo znaczne rozmiary, szerokość dochodziła do 15-u m (Suresnes) grubość 4,42 m w środku do 6,40 m w częściach skrajnych, pomimo, że jaz był fundowany na ile. Na tę grubość składała się warstwa betonu 2,42 m, dalej warstwa muru z kamienia łamanego na cemencie 1,65 m, wreszcie warstwa ciosów 0,35 m, przyczem kamienie łóżyskowe miały wymiary większe. Poniżej i powyżej jazu, był narzut kamienny.



Rys. 153.

Przy kanalizacji Odry (Wrocław) właściwa część stała ma 6 m szerokości (między pierwszą a drugą ścianą szczelną, 20 cm grubą), złożona jest z warstwy betonu 1,50 m grubej, dalej warstwy muru z łamanego granitu powyżej podpieracza 1,00 m, poniżej zaś 0,55 m grubej, bez warstwy ciosowej, tylko

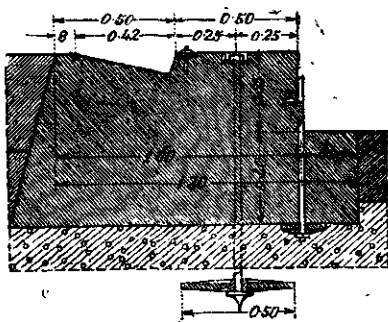
podpierzacz i ciosy, na których spoczywa łożysko dolne są granitowe. Dalej znajduje się pierwsze podłoże 8,0 m szerokie, między drugą a trzecią ścianą szczelną, złożone z warstwy betonu 0,6 m i warstwy cegieł rębem, a wreszcie drugie podłoże z płyty faszynowej 0,80 m grubej i kamienia łamanego układanego, 0,40 m grubości. Powyżej jazu ubezpieczono dno na długości 3 m płytą faszynową 0,8 m i kamieniem łamanym 0,20 m. Cała zatem szerokość ubezpieczonego podłoża wynosi 37,55 m.

Przy kanalizacji Wełtawy i Łaby właściwa część stała jazu ma szerokość 8—9 m, zależnie od szerokości kozłów u spodu i składa się z warstwy betonu 1 m grubej, dalej z warstwy kamienia łamanego na cemencie również jednometrowej (zastąpionej przy nowszych budowlach także warstwą betonu), a wreszcie warstwy ciosów 0,40 m grubości. Próg wzniesiony jest jeszcze o 40—60 cm, poniżej zaś właściwej części stałej znajduje się podłoże 10—20 m szerokie i 1 m grube, złożone w części z betonu, dalej zaś z kamienia łamanego.

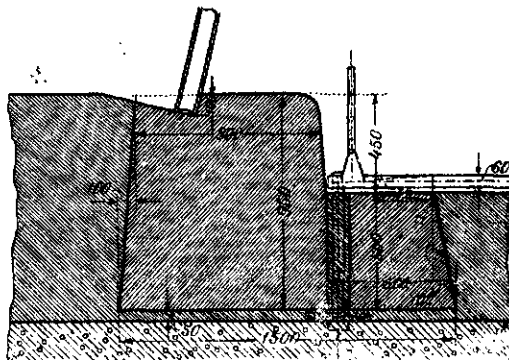
Naturalnie, że szerokość na jaką musimy ubezpieczyć dno poniżej jazu zapomocą podłoża, zależy od wielkości spiętrzenia i od materiału dna i musi być w każdym wypadku osobno oznaczona.

Szczególnie silnie wykonane i starannie osadzone muszą być kamienie progowe, czyli podpierzacze; przy niektórych dawniejszych jazach wykonywano próg jako belkę drewnianą, osadzoną między ciosami, (Moza belgijska), dziś wykonuje się próg z ciosów granitowych. Przy kanalizacji Mozeli (rys. 154.), oraz Odry (rys. 155.), wykonano cios popierający iglice (cios progowy) wraz z ciosem dźwigającym łożysko górne z jednej sztuki i ścięto ukośnie na bokach, w celu zabezpieczenia przeciw wyrwaniu.

Zakotwienie ciosu i łożyska widoczne jest z rysunku 154. i 155.



Rys. 154.



Rys. 155.

Jazy o dużym odstępie kozłów. Są to nowsze konstrukcje, stanowiące dalszy postęp w budowie jazów kozłowych; wykonanie ich nie jest tak częste jak jazów o zwykłym odstępie kozłów i datuje się dopiero od lat kilkunastu. Jednym z pierwszych był jaz iglicowy zakładu wodnego Paderno w półn. Włoszech na rzece Addzie. Kozły są tu z żelaza walcowanego (nitowane), ustawione w odstępach 2,2 m, 2,6 m wysokie. Konstrukcja ich różni się zasadniczo od konstrukcji Poirée'go tem, że opuszczono dolną beleczkę *d* (fig. 1. tabl. X-ej), łączącą u spodu obydwie słupy kozła. Taka zmiana wytwarza niezależność kozłów przy układaniu ich na części stałej jazu; kozły nie będą się nakrywać, albowiem górna część jednego kozła wchodzi przy kładzeniu w wolną przestrzeń między słupami bocznymi kozła poprzedniego. Wynika stąd jeszcze jedna korzyść, a mianowicie ta, że warstwa ułożonych kozłów będzie miała przy tym systemie mniejszą grubość, a skutkiem tego próg chroniący kozły może być niższy, a więc koszt części stałej mniejszy. Otóż na zasadzie tej konstrukcji wzorowanych jest kilka jazów, wykonanych w ostatnich 10-iu latach w Czechach przy kanalizacji Łaby (Steti, Rudnice, Litomierzyce); szczegóły konstrukcji tych jazów podamy w dalszym ciągu.

Kozieł jazu w Steti (Wegstädtel)¹⁾ różni się tem w porównaniu ze schematem kozła Poirée'go, (fig. 4. tabl. X), że dano tu prócz przekątni ciśnionej także i drugą ciągnioną. Obliczenie statyczne kozłów Poirée'go podano powyżej, jeżeli zaś weźmiemy pod uwagę schemat jazu w Steti przedstawiony na fig. 5. tabl. X., natenczas zauważymy, że przedstawia on system podwójny, skutkiem dodania drugiej

¹⁾ Dr. A. Klir. Die Stauanlage bei Wegstädtel 1908., (odbitka z Allgem. Bauzeitung, Wiedeń).

przekątni. Obliczenia nie przeprowadzono jednak jak dla kraty podwójnej, przyjmując dla każdego z obu zasadniczych trójkątów po połowie oddziaływania iglic B , lecz każdy z trójkątów obliczono na pełne parcie B , według zasad poprzednio podanych. Przy takim przyjęciu konstrukcja jest dostatecznie wytrzymała nawet w razie pęknięcia któregośkolwiek pręta.

Ogólne założenie jazu przedstawiają fig. 6. (sytuacja), 7. (ogólny przekrój podłużny), 8. (profil poprzeczny) i 9. (przekrój podłużny przy filarze). Jak widać z tych figur spiętrzenie wody na jazie wynosi 2,26 m, przepust dla statków, tj. otwór o największym zagłębieniu progu, położony przy prawym brzegu, posiada próg zagłębiony o 1,30 m pod normalną wodą, w dalszych otworach zagłębienie to wynosi 1 m i 0,4 m, wysokość progu wynosi 0,39 m, wysokość kozła w przepuście dla statków $4300 \text{ m}^3/\text{m}$. Odstęp kozłów musiano dać ze względu na to, aby kozły się nie nakrywały, 3 m. Podłoże przy samym jazie (fig. 8.) wykonano z ciosów na beton, w dalszej zaś części, zamiast praktykowanego przy innych jazach narzutu kamiennego o grubości 1 m, który się okazał niepraktycznym, dano podłoże betonowe z łukowym zagłębieniem. Długość iglic w przepuście dla statków wynosi 4,35 m. Szczegóły kozła przedstawiają figury 10. (widok kozła), 11. (widok od czoła) i 12. (widok z góry na głowę kozła) tablicy X-ej. Jak widać jest to kozieł wykonany z żelaza walcowanego, z połączeniami nitowanymi. Główny element konstrukcyjny stanowi kształtka  Nr. 105 o ścianie $8 \text{ m}^3/\text{m}$ i bokach $11 \text{ m}^3/\text{m}$ grubych. Użycie cieńszych blach nie jest wskazane ze względu na rdzewienie. Kozieł taki posiada powierzchnię zewnętrzną około 2 razy większą jak kozieł kutły (spajany) o tej samej wysokości. To stanowi główną wadę kozłów tego systemu; narażone są one więcej na zniszczenie przez rdzę i wymagają częstego odnawiania powłoki chroniącej.

Łożyska są tu zupełnie inaczej skonstruowane jak przy dawniejszym systemie, szczegóły ich konstrukcji przedstawiają fig. 13-a (łożysko górne) i 14-a (łożysko dolne). Łożysko górne obliczono na największą siłę ciągnącą (przy spiętrzeniu), oraz na cisnącą, równą połowie obciążenia pomostu i kozła. Prócz tego zapomocą specjalnego urządzenia umożliwiono zmianę wysokości górnego czopa obrotowego kozła, a to celem regulowania wysokości pomostu, na którym ułożony jest tor dla wózków; wreszcie kotwa jest tak osadzona, aby ją można było wymienić. Kotwę założono w ten sposób, że najpierw wpuszczono w beton fundamentowy płytę kotwiczną, którą zabetonowano, przyczem przy pomocy rury żelaznej pozostawiono od góry wolną przestrzeń dla przeprowadzenia kotwy. Następnie w poziomie około 20 cm poniżej górnej powierzchni ciosów osadzono na betonie płytę laną, służącą za podstawę niskiej mutry. Po włożeniu kotwy obrócono ją o 90° i trochę podniesiono w górę, aby nasady jej stopy weszły w wycięcia płyty kotwicznej. Skutkiem tego przy naciąganiu opisanej powyżej mutry nie może się kotwa obracać i jest zupełnie ustalona. Na górnym końcu kotwy znajduje się gwint śrubowy, na który nakręca się właściwe łożysko wykonane ze stali kutej. Łożysko to jest w kierunku pionowym rozdwojone, a we wycięcie w ten sposób powstałe wchodzi wkładka ze stali lanej, połączona nitami z górną stopą kozła. Łożysko połączone jest ze stopą kozła zapomocą trzpienia z przetyczką. Regulowanie wysokości położenia kozła od strony górnej skutecznia się przez obrót około trzpienia śrubowego, stanowiącego zakończenie kotwy, powstaje przytem wolna przestrzeń ponad dolną mutrą, którą jednak wypełnia się blachami odpowiedniej grubości, a w końcu łożysko szczelnie dokręca.

Łożysko po stronie dolnej ma dwie powierzchnie oporowe dla dolnej stopy kozła, a mianowicie płaską pionową i kolistą (walcową) poziomą. Ukośne parcie przeniesione przez kozieł rozkłada się na dwa kierunki prostopadłe do tych powierzchni. Łożysko to jest także rozdwojone, a w przestrzeń wolną wchodzi wkładka dolnej stopy kozła; obie części połączone są trzpieniem obrotowym. Trzpień zabezpieczony jest przeciw wysunięciu zapomocą widełek, dopiero po wyjęciu ich można go wyjąć i ewentualnie wymienić. Trzpień ten może jednak tworzyć jedną całość z dolną stopą kozła i w ten też sposób w innym miejscu został wykonany. Kładka pomostowa wykonana jest z blach $820 \text{ m}^3/\text{m}$ szerokich, a $7 \text{ m}^3/\text{m}$ grubych, sięgających od kozła do kozła; na jednym kozle są one obrotowo zawieszone przy pomocy beleczki b (figura 12.), na sąsiednim zaś opierają się tylko na górnej jego beleczce b' (fig. 10.) i są tu zapomocą przetyczek ustalone. Z uwagi na znaczną rozpiętość płyty pomostowej (3 m) wzmocniono ją dwiema kształtkami  Nr. 120. Z tegosamego powodu i beleczkę poziomą służącą do oparcia iglic musiano inaczej wykonać i połączyć z kozłami odrębnie jak przy zwykłym systemie (fig. 15.).

Otóż beleczka ta jest stałe połączona z płytami pomostowymi i przy kładzeniu kozłów układa się razem z nimi na części stałej jazu. Wykonano ją jako okrągły pełny pręt o średnicy $70 \text{ m}^3/\text{m}$, oddalony od płyt o $210 \text{ m}^3/\text{m}$, celem przepuszczenia haka przytwierdzonego u góry do iglicy. Z płytą pomostową łączy się beleczka zapomocą czterech wsporników. Na wolnym końcu każdej płyty wspornikowej wisi

łańcuch służący do kładzenia kozłów. Skrajne płyty pomostowe ułożone są na przyczółkach, względnie na filarach, za pośrednictwem tzn. ślepych kozłów (figura 9.). Jeżeli wolny koniec płyty znajduje się w punkcie *B*, a pozioma oś obrotu płyty w punkcie *A*, natenczas przy kładzeniu jazu wyjmuję się najpierw trzpienie przytrzymujące płytę w punkcie *B*, a następnie całą płytę przesuwają się w kierunku od *B* do *A* o mniej więcej $150\frac{m}{m}$. Aby to umożliwić ułożono oś obrotu płyty w łożysku przesuwowym, w którym jest ona odpowiednio prowadzona. Przy tem przesunięciu traci wolny koniec płyty podparcie i zwisa na dół.

Kładzenie kozłów z płytami pomostowymi i przytwierdzonymi do nich beleczkami do oparcia iglic uwidocznia fotografia na tablicy XVIII-ej. Do tego celu używa się stałej windy zakotwionej na przyczółku lub filarze, liny drucianej położonej na pomoście, której jeden koniec nawinięty jest na wał windy, wreszcie ruchomego wałka, lub kółka łańcuchowego, które na odpowiedniej podstawie osadza się każdorazowo na kozle najbliższym tego kozła, który ma być położony. Otóż przed zaczęciem kładzenia pewnego kozła, łączy się przymocowany do wolnego końca jego płyty pomostowej łańcuch tylko $1\frac{1}{2} m$ długi, o ogniwach $13\frac{m}{m}$ grubych liną drucianą, a następnie przez nawijanie liny na windę podnosi płytę z podpory. Jednak ponieważ środek ciężkości zespołu, jaki stanowi płyta z kozłem, leży po stronie płyty, zatem bez pewnego dodatkowego zabezpieczenia zespół ten obróciłby się w stronę przeciwną, nie zaś w stronę niszy przyczółka lub filaru. Aby temu zapobiedz i umożliwić położenie kozła z płytą we właściwym kierunku, używa się siły pomocniczej, jaką stanowi składowa ciężaru kozła poprzedniego, względnie przy pierwszym kozle ciężaru skrajnej płyty pomostowej i w tym celu łączy krótki łańcuch (40-centymetrowy) przytwierdzony do górnego pręta kozła, z łańcuchem płyty pomostowej kozła poprzedniego (patrz fotografia na tabl. 12-ej). W ten sposób ciężar poprzedniego kozła wywiera ciągnięcie na kozieł, który zaczynamy kłaść i obraca go w należytych kierunku.

Z powodu użycia ciężkich kozłów w dużych odstępach ustawionych, dalej z powodu łączenia kładzonego kozła z poprzednim, musi się tu używać windy odpowiednio silniejszej. W danym wypadku oznaczono potrzebną maksymalną siłę ciągnącą na 2500 kg , udźwieg zaś windy przyjęto na 3000 kg . Stosunek przeniesienia wynosi $1:91$, może być jednak w razie potrzeby podwojony; do uruchomienia windy potrzeba 2 ludzi. Przy próbach kładziono 3 kozły w 20-u minutach, na kozieł wypada zatem 7 minut. Do położenia kozłów w całym polu $54 m$ długości potrzeba około $1\frac{1}{2}$ godziny, do postawienia około 2 godzin. Jaz jest tak wykonany, że można równocześnie w dwóch polach pracować niezależnie. Jaz w Steti kładziono i stawiano w r. 1910. trzykrotnie, w r. 1911. dwukrotnie i w r. 1912. trzykrotnie, przyczem nową konstrukcję uznano jako bardzo dobrą¹⁾.

Oceniając nowy system w porównaniu z systemem dawnym zauważyć należy, że daje on pewną oszczędność w budowie. Oszczędność ta wynika z kilku powodów, a mianowicie po pierwsze z powodu mniejszej ilości żelaza, powtórze niższej ceny jednostkowej żelaza walcowanego w porównaniu z żelazem kutem, spajaniem, wreszcie z powodu mniejszej wysokości progu około o 20 cm , gdyż próg przy kozłach dawniejszych wypadł około 60 cm wysoki, zamiast jak tu 40 cm . Dalszą korzyść stanowi niezależność kozłów, pozwalająca wymianę uszkodzonego kozła przy złożonym jazu, przyczem jednak trzeba wyjąć trzpienie łożyskowe, używając przyrządów nurkowych. Natomiast trudna jest tu wymiana kozła przy jazu postawionym; uwolnienie uszkodzonego kozła od naporu wody górnej, przez oparcie konstrukcji osłaniającej (odchylone iglice, a z boku tablice z brusów) o sąsiednie kozły jest tu bardzo trudne, gdyż odstęp tych sąsiednich kozłów wynosi $6 m$, zamiast $2\text{--}50 m$, jak przy dawnym systemie.

Dalej zauważyć należy, że nowa konstrukcja przedstawia elementy bardzo ciężkie, wymaga silnych wind i liczniejszej, oraz bardzo dobrze wyuczonej obsługi. Najważniejszą jednak niekorzyścią tej konstrukcji jest to, że żelazo walcowane łatwo rdzewieje, przyczem materiał się uszkadza. Wpływa tu także znacznie jakość wody; np. na Łabie dotychczas nie zdołano wynaleść należytego środka do powlekania żelaza, stąd też wpływ rdzewienia ma być bardzo dotkliwy. Jakkolwiek w powołanym opisie autor oddaje systemowi temu wszelkie pochwały, to jednak z drugiej strony nie brak głosów, które oświadczają się stanowczo za dawnym systemem Poirée, z kozłami z żelaza kutego (spajanego), ustawianymi w odstępach $1\text{--}25 m$.

Nowe jazy iglicowe amerykańskie. W Ameryce rozpowszechniły się w ostatnich latach nowe konstrukcje jazów iglicowych, o typie kozłów zbliżonym do litery **A**. W tych konstrukcjach kozły przy

¹⁾ Výroční zpráva Komise pro kanalisování tek Vltavy a Labe v Čechách 1910, 1911 a 1912.

składaniu ich ani się nie nakrywają, ani też nie wchodzą w siebie, lecz z powodu znacznego odstępu leżą zupełnie osobno. W wykonanych jazach odstępy kozłów wynoszą 5.45 m i 6.10 m , a nawet według twierdzenia inżynierów amerykańskich możnaby odstęp ten zwiększyć na 9 i 10 m , bez specjalnych trudności co do należytego zakotwienia kozłów. Konstrukcja taka przedstawia wielkie korzyści; silne kozły znacznie lepiej opierają się uderzeniu przedmiotów płynących, a skutkiem znacznego odstępu kozłów płynące kawałki drzewa nie utrudniają kładzenia. Również i osadzanie namułu przez rzekę wywołuje tu przy dużych kozłach znacznie mniejsze utrudnienia, jak przy małych kozłach.

Jaz na rzece Big Sandy¹⁾ (Kentucky), przedstawiony na fig. 16. i 17. tablicy X-ej, służy do celów kanalizacji. Kozły mają tu odstęp 6.1 m od środka do środka licząc i są połączone belkami poziomymi B . Te belki służące także do oparcia iglic u góry, muszą mieć z powodu znacznego odstępu kozłów i znacznego spiętrzenia (4.63 m) duże wymiary, tworzą zatem zazwyczaj poziomą belkę kratową. Z kozłami łączą się one przegubowo (przegub w punkcie P), zapomocą czopa do nich przytwierdzonego. Belki B usuwa się w razie składania jazu w ten sposób, że obraca się je zapomocą żorawia osadzonego na statku pływającym około czopów, podnosząc przytem od strony dolnej wody w kierunku k (fig. 17.). Gdy belka przyjmie położenie pionowe, żoraw podnosi ją do góry, gdyż czopy mają łożyska u góry otwarte, a następnie układa na statku. Skutkiem wyjęcia belki B 19 iglic opierających się o jedną belkę traci podporę u góry i wypada z przedziału.

Iglice są to belki drewniane świerkowe o przekroju $30\text{ cm} \times 30\text{ cm}$, ku górze zwężone, ciężar jednej iglicy dochodzi do 400 kg . Kładzenie kozłów odbywa się zapomocą windy osadzonej stale na filarze, lub przyczółku i liny, do której przytwierdza się równocześnie 2 kozły.

Jaz systemu inżyniera Thomasa wykonany na rzece Ohio pod Pittsburgiem²⁾ (fig. 18—20. tabl. X-ej) przedstawia również odrębną konstrukcję jazów kozłowych, odbiegającą w innym kierunku od dawnych pierwowzorów. Jest to niejako uproszczony jaz iglicowy, a uproszczenie polega na tem, że odrzucono tu zupełnie iglice, skutkiem czego same kozły muszą tworzyć ścianę spiętrzającą. Konstrukcję kozłów i sposób ich kładzenia wyjaśniają fig. 18—20. Wykonany jaz ma 36.5 m długości, wysokość kozłów wynosi 5 m , najkorzystniejszy kąt nachylenia obu ramion kozła musi być oznaczony z uwzględnieniem wielkości spiętrzenia i przyjętej szerokości ściany spiętrzającej kozła; chodzi tu o to, aby uzyskać możliwie największe odstępy między kozłami położonymi. Górne ograniczenie kozłów tworzy kładkę o szerokości 0.75 m .

Jako korzyści tego systemu wymieniają łatwość i szybkość kładzenia jazu, wywołaną głównie tem, że niema tu iglic. Kładzenie kozłów ma się odbywać łatwo, do obsługi potrzeba przytem tylko jednego lub dwóch ludzi przy windzie, a jednego człowieka na pomoście, który odhacza w czasie kładzenia haki L , łączące kozły ze sobą (fig. 21., 23. i 24.). Odpada tu zupełnie transport ścianek spiętrzających (iglic, lub zastawek), a wreszcie co do szczelności to jazy te stoją znacznie wyżej od jazów iglicowych i mogą być użyte do znacznych spiętrzeń. Zależnie od siły windy i wytrzymałości łańcucha można kłaść jeden lub więcej kozłów; na fig. 18. przedstawione jest równoczesne kładzenie trzech kozłów. Użyty łańcuch ma ogniwa 98 m/m długie, a 18 m/m grube; oprócz łańcucha ciągnącego ($\mathcal{L}. C.$) używa się także osobnych lżejszych łańcuchów bezpieczeństwa ($\mathcal{L}. B.$), łączących poszczególne kozły ze sobą, które zabezpieczają je przed upadnięciem, na wypadek gdyby łańcuch ciągnący ześlizgnął się po kole łańcuchowem.

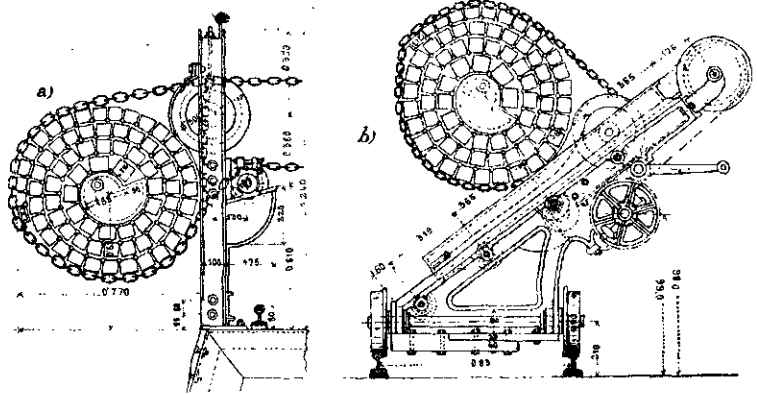
Łańcuch ciągnący porusza się podczas kładzenia i podnoszenia kozłów w sposób ciągły na kołach łańcuchowych K (fig. 21., 23. i 26.), umieszczonych we wcięciu każdego kozła, przyczem te koła łańcuchowe obracają się swobodnie koło osi. Na tejsamej osi osadzone jest koło hamujące h (fig. 21.), utrzymywane w spoczynku zapomocą zapadki Z w czasie podnoszenia i kładzenia kozła. W chwili gdy przy podnoszeniu kozła ramię zapadki H uderzy o wystający trzpień t sąsiedniego już ustawionego kozła (fig. 21.), zapadka się odchyła, a koło hamownicze, z nim zaś i koło łańcuchowe się uwalnia. Obydwa koła mogą się teraz obracać około wspólnej osi, a łańcuch ciągnący może się przesuwac, skutkiem czego dalszy kozieł podnosi się w górę.

¹⁾ Engineering 1908. str. 69.

²⁾ Schweizerische Bauzeitung 1909. str. 15. Hilgard Vereinsfachtes amerikanisches „A“ Bockwehr.

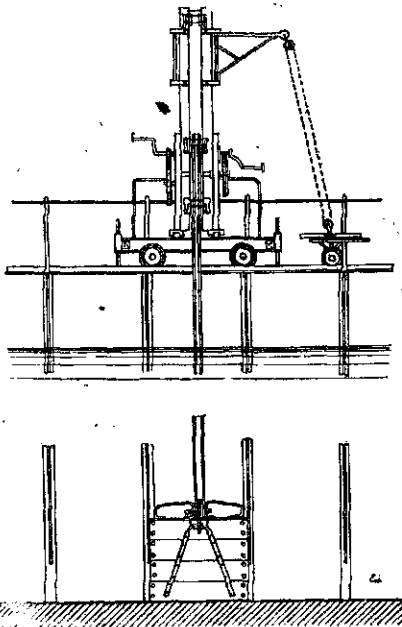
b) Jazy kozłowe z zasłonami zwijanymi lub zastawkami.

Jak powiedzieliśmy poprzednio, użycie iglic ograniczone jest wielkością spiętrzenia, dlatego zastosowano we Francji przy jazie pod Port Villez na dolnej Sekwanie i innych zasłony zwijane systemu Caméré, oparte na kozłach Poirée'go. Zasłony opisaliśmy powyżej mówiąc o jazie pod Poses; konstrukcja przy jazach kozłowych jest zupełnie podobna, jak również sposób podnoszenia, tylko że tu między każdymi dwoma kozłami osadzona jest rama żelazna (rys. 156 a i b.), na której zasłona jest zawieszona zapomocą dwóch łańcuchów zakończonych trzonkami. Długość tych trzonków mających gwint śrubowy, daje się zapomocą muter regulować, a przez to i położenie zasłony. Do zwijania zasłony służy winda osadzona na wózku poruszającym się po torze, która ciągnie łańcuch bez końca opasujący zasłonę od spodu i w ten sposób zwija zasłonę na ramę. Po zwinięciu zasłony całą ramę wraz z zasłoną kładzie się na wózek kolejki i odwozi na miejsce składu. Szerokość zasłon zależy od odstępów kozłów wynosi 1,28 lub 1,09 m, wysokość beleczek poziomych stale 0,058 m, grubość zmienia się od 0,075 m u spodu, do 0,04 u góry. Każdy kozieł ma na ścianie górnej wystające żebro, przedzielające sąsiednie zasłony.



Rys. 156.

System ten jednak poza Francją nie rozpowszechnił się; nie jest on tak prosty jak system jazu iglicowego, wymaga silniejszych kozłów, gdyż ciśnienie przenosi się przez zasłony w całości, a nie jak przy jazach iglicowych tylko w części na kozły, a w części na próg. Dalej zwijanie zasłon przedstawia już pewne niedogodności; potrzebny jest tu tor dla wózków z windą, regulowanie spiętrzenia wymaga zwijania zasłon, a wreszcie samo zwijanie zasłon nie odbywa się bez przeszkód, gdyż wobec małego odstępów często zaciskają się między żebra na kozłach i trudno je poruszyć. Dlatego system ten ustąpił miejsca jazom kozłowym z zastawkami, które okazały się praktyczniejsze.



Rys. 157.

Jazy kozłowe z zastawkami. System ten zastosował we Francji po raz pierwszy inżynier Boulée w jazach na Sekwanie pod Paryżem, pod Port-à-l'Anglais i pod Suresnes. W tym ostatnim między kozłami o wysokości 5,91 m i odstępie 1,25 m dano po 6 niskich zastawek drewnianych ponad sobą umieszczonych, o szerokości 1,22 m; pięć dolnych ma wysokość po 1,10 m, a grubość 9, 8, 7, 6 i 4 cm, ostatnia zaś górna jest tylko 30 cm wysoka, 3 cm gruba i służy do regulowania spiętrzenia. Każda z pięciu dolnych zastawek złożona jest z 4 brusów, okuta żelazem i posiada u góry wcięcie, w które wchodzi strzemionko służące do wyciągania zastawki.

Do podnoszenia zastawek w celu otwarcia jazu używa się windy osadzonej na wózku (rys. 157.), poruszającym się wzdłuż jazu na torze; z uwagi na potrzebną szerokość pomostu służbowego, górną szerokość kozła wynoszącą 1,20 m rozszerzono zapomocą wspornika o 1,10 m. Podnoszenie odbywa się zapomocą drąga żelaznego ząbionego, poruszanego przez windę w kierunku pionowym, zakończonego u dołu poprzeczką poziomą, która ślizga się między żebrowaniami dwóch sąsiednich kozłów; do tej beleczki przymocowany jest hak, który chwyta za strzemie zastawki i podnosi ją w górę do pewnej wysokości, poczem do reszty podnosi się ją zapomocą wielokrążka osadzonego na wsporniku windy, na wózku

kolejki. Przy zakładaniu zastawek i spuszczeniu ich w dół trzeba je zapomocą tegosamego drąga spychać, przyczem wspomniana powyżej pozioma poprzeczka złączona z drągiem ciśnie na górną krawędź zastawek.

Jak widać konstrukcja zasuw jest prosta, szczelność jazu zupełnie wystarczająca, a funkcjonowanie pewne. Tarcie zasuw o kozły przy przesuwaniu można zmniejszyć przez zaopatrzenie ich małymi kółkami, według konstrukcji Lavollée podanej powyżej, lub przynajmniej kółkami po stronie płaszczyzn oporowych kozłów.

Co do wykonania przyczółków i filarów zauważyć należy, że przedstawiają się one zupełnie podobnie jak przy jazach iglicowych, muszą więc mieć odpowiednie nisze, w które kłaść się będą kozły. W miejscu gdzie ostatni szereg zastawek przylega do przyczółka, względnie filaru mającego niszę, mamy pewien nowy szczegół konstrukcyjny, jakiego nie było przy jazach iglicowych. Zastawki muszą być podparte również po stronie przyczółka, względnie filaru, celem przeniesienia ciśnienia. Na murze czołowym przyczółka oprzeć ich nie można, gdyż z powodu wykonania niszy jest on za słaby, wobec tego osadza się na ścianie czołowej fałszywy kozieł, który jest żelazną belką zakotwioną do muru, mającą to samo pochylenie co kozły i na którego wystającym żebrze opierają się zastawki. Szczegół ten wykonują jeszcze w inny sposób, a mianowicie można oprzeć zastawki bez fałszywego kozła o mur czołowy zamykający niszę, jeżeli przez odchylenie ostatnich zastawek od płaszczyzny jazu w stronę górnej wody umożliwi się odpowiednie zgrubienie tego muru. Przytem trzeba dbać o to, aby obie linie podporowe zastawek skrajnych leżały na płaszczyźnie, a nie były względem siebie wchrowate.

Jako przykład jazu kozłowego z zastawkami podajemy opis jazu na Wełtawie pod Libszicami, wykonanego według wzoru jazów francuskich w r. 1900. (Tabl. XI. fig. 1 - 8., oraz tablica XVIII.).

Jaz ten ¹⁾ składa się z trzech otworów, z których dwa zamknięte są jazami iglicowymi, trzeci o progu 0,5 m niżej położonym i swietle 65 m (przepust dla statków) zamknięty jest zastawkami na kozłach. Wysokość spiętrzenia wynosi 3,90 m, próg znajduje się 4,5 m pod spiętrzoną wodą. Kozły mają 6 m wysokości i założone są w odstępach 1,25 m; ciężar jednego kozła wynosi 1700 kg. Wykonane są z żelaza walcowanego o połączeniach nitowanych. Połączenie kozłów u góry wykonano zapomocą pomostu żelaznego, złożonego z blaszanych płyt sięgających od kozła do kozła, na których znajdują się stale z niemi złączone dwa tory, jeden przeznaczony dla ruchu żorawia podnoszącego zasuwę, drugi dla wózków przewożących zasuwę wzdłuż jazu; tory te składają się przy otwieraniu jazu razem z płytami na część stałą jazu. Szerokość pomostu wynosi 2360 mm, szerokość torów 750 mm (fig. 12. tabl. X.).

Elementem spiętrzającym są tu zasuwę 1,20 m szerokie, oparte na kozłach. Jest ich 5 ponad sobą; dolne mają po 1 metrze wysokości, najwyższe zaś tylko 0,5 m.

Łożyska kozłów przedstawiają fig. 1-6.; łożysko dolne wygląda taksamo jak łożysko przedstawione na fig. 1. tabl. X., natomiast łożysko górne wygląda inaczej, jak to wskazują fig. 6., 7. i 8-a, przyczem figurę 8-a należy sobie wyobrazić rzutowo pod fig. 7-a. Górny czop (fig. 1. i 4.) wchodzi w łożysko górne, wpuszczone we wcięcie ciosu progowego i zakotwione do niego zapomocą dwu poziomych śrub do muru. Zakotwienie łożyska w kierunku pionowym (przeciw wyrwaniu przez czop) uskutecznione jest zapomocą dwu śrub pionowych, opierających się u góry mutrami o płytę nakrywającą łożysko (fig. 7.), a u spodu głowami o płytę kotwiczną (fig. 8.). Figury 4. i 5. przedstawiają połączenie kutych części obu dolnych narożników kozłów, z częściami nitowanymi z żelaza walcowanego.

Jazy kozłowe z zasuwami wymagają stosunkowo większych ilości materiału, jak jazy iglicowe; przy jazach iglicowych parcie wody przenosi się zapomocą iglic częściowo na próg jazu, reszta tylko (część mniejsza) przenosi się na kozły, tu natomiast całe parcie wody za pośrednictwem zastawek przenosi się na kozły.

Jako przykład podajemy obrachowanie kozła jazu w Libszicach ²⁾.

Siły wewnętrzne w poszczególnych prętach kozła pochodzą: 1) od obciążenia poziomego parciem wody, przenoszącym się na kozieł przez zastawki i 2) od obciążenia pionowego, na które składa się ciężar żorawia służącego do podnoszenia zastawek i poruszającego się po torze przednim, ciężar podnoszony przez żoraw, ciężar wózka do przewożenia zasuw, poruszającego się po torze tylnym i zasuw na nim złożonych, wreszcie ciężar kozła wraz z pomostem i szynami.

Siły wewnętrzne powstające w prętach skutkiem obciążenia poziomego i pionowego oznaczmy oddzielnie.

1) *Obciążenie poziome* (tabl. XI. schematy a i b, oraz plan sił I.).

Parcie wody (trójkąt parcia, schemat a) przenosi się na poszczególne pręty a-b, b-c, c-d przedniego słupa kozła za pośrednictwem zastawek, wytwarzając we węzłach siły poziome H_1, H_2, H_3, H_4 . Siły te otrzymamy obliczając reakcje $R_1, R_2, \dots, R_6$, we węzłach a, b, c, d, wywołane parciem wody (schemat b),

¹⁾ Dr. A. Klir: „Die Bauten der Kommission für die Kanalisierung des Moldau- und Elbflusses in Böhmen“.

²⁾ Według Dr. B. Tolmana: *Stavba vodních cest*. (Autografia) Praga 1911.

I tak dla pręta $c-d$: Parcie wody $W_1 = \frac{1 \cdot 375^2}{2} \times 1 \cdot 25 \times 1000 = 1182 \text{ kg}$ i zaczepia w odległości $1 \cdot 375 = 0 \cdot 458$ od węzła c .

Reakcję R_1 otrzymamy z równania momentów ze względu na punkt c :

$$R_1 \times 1 \cdot 775 = W_1 \times 0 \cdot 458 ; R_1 = 305 \text{ kg}, R_2 = 1182 - 305 = 877 \text{ kg}.$$

Dla pręta $b-c$: Obciążenie jest tu zmienne, o kształcie trapezu; podzielimy je na trójkąt (w_2) i prostokąt (w_2'), przyczem $W_2 = w_2 + w_2'$.

$$w_2 = \frac{1 \cdot 775^2}{2} \times 1 \cdot 25 = 1969 \text{ kg}$$

$$w_2' = 1 \cdot 775 \times 1 \cdot 375 \times 1 \cdot 25 \times 1000 = 3051 \text{ kg}$$

$$R_1 = \frac{w_2}{3} + \frac{w_2'}{2} = 2181 \text{ kg}, R_2 = \frac{2}{3} w_2 + \frac{w_2'}{2} = 2839 \text{ kg};$$

podobnie oznaczymy reakcje R_3 i R_4 .

W rezultacie otrzymamy następujące składowe parcia wody we węzłach:

$$\begin{array}{rcl} H_1 = R_1 & = & 305 \text{ kg} \\ H_2 = R_2 & + & R_3 = 877 + 2181 = 3058 \text{ „} \\ H_3 = R_4 & + & R_5 = 7220 \text{ „} \\ H_4 = R_6 & = & 2073 \text{ „} \\ \hline \text{Razem} & & 12.656 \text{ kg} \end{array}$$

Dla sprawdzenia obliczymy całkowite parcie wody:

$$W = \frac{4 \cdot 50^2}{2} \times 1 \cdot 25 \times 1000 = 12.656 \text{ kg}.$$

Następnie przyjmując siły H_1, H_2, H_3, H_4 jako obciążenie poziome we węzłach, wykreślamy plan sił (tablica XI, plan sił I.) i otrzymujemy następujące siły wewnętrzne:

$$\begin{array}{llll} O_1 = \dots 0, & U_1 = - 290 & D_1 = + 450 & H_1 = - 305 \\ O_2 = + 290, & U_2 = - 2350 & D_2 = + 3230 & H_2 = - 3363 & Z = + 7980 \\ O_3 = + 2205, & U_3 = - 8500 & D_3 = 9580 & H_3 = - 9780 & R = - 14950 \\ & & & H_4 = - 9700 \end{array}$$

2) Obciążenie pionowe (tabl. XI, schematy c i d , oraz plan sił II.).

Składa się ono *a*) z ciężaru żorawia (P_z) poruszającego się po przednim torze; ciężar ten wynosi 2600 kg.

b) z ciężaru wózka (P_w), poruszającego się po tylnym torze (600 kg), wraz z naładowaniami 10-ma stawidłami ($10 \times 180 = 1800 \text{ kg}$), razem 2400 kg.

c) z reakcji pochodzącej od ciężaru S , który dźwiga żoraw. Ciężar ten równa się ciężarowi stawidla zwiększonego o ciężar drąga podnoszącego zasuwę, a zawieszzonego na żorawiu i o opór tarcia (O) przy podnoszeniu stawidla. Opór ten oznaczmy przy największym słupie parcia wody (4.5 m), przyjmując, że dolnej wody niema, oraz współczynnik tarcia $= 0 \cdot 4$.

$$O = 1 \cdot 25 \times 1 + 4 \cdot 5 \times 1000 \times 0 \cdot 4 = 2250 \text{ kg}.$$

$$\text{zaś } \max S = 180 + 150 + 2250 = 2610 \text{ kg}.$$

Teraz obliczymy reakcje $\max S$ i P_z na tor (schemat c), przyjmując jednak tylko połowę tych ciężarów, gdyż na jeden koziel przenosi się tylko ciężar z jednej pary kół.

Równanie momentów ze względu na punkt a (schemat c):

$$\frac{\max S}{2} \times (0 \cdot 43 + 0 \cdot 75) + \frac{P_z}{2} \times 0 \cdot 375 = A_1 \times 0 \cdot 75 ; A_1 = 2703 \text{ kg}, A_2 = 1305 + 1300 - 2703 = - 98 \text{ kg}.$$

Reakcja A_2 wypada ujemnie, z czego widać, że żoraw musi być w czasie wyciągania stawidel zakotwiony.

Mając reakcje A_1 i A_2 możemy oznaczyć reakcje pionowe V_1' i V_2' górnych węzłów kozła (schemat d), przyczem obciążymy każdą z szyn tylnego toru $\frac{1}{2}$ ciężaru wózka z naładowaniami zasuwaniami, tj. ciężarem 600 kg.

Równanie momentów ze względu na punkt g :

$$V_1' \times 2 \cdot 32 = 2703 \times 2 \cdot 16 - 98 \times 1 \cdot 41 + 600 \times 0 \cdot 91 + 600 \times 0 \cdot 16$$

$$V_1' = 2737 \text{ kg}$$

$$V_2' = 3805 - 2737 = 1068 \text{ kg}.$$

Do reakcji V_1' i V_2' trzeba dodać jeszcze przypadające na górne węzły kozła d i g części ciężaru pomostu (po 125 kg), oraz części ciężaru własnego kozła. Ciężar własny kozła wynoszący około 1600 kg rozdzielimy na 8 węzłów, czyli na każdy po 200 kg. W ten sposób na górne węzły kozła d i g (schemat a) przypadają następujące obciążenia pionowe:

$$V_1 = 2737 + 200 + 125 = 3062 \text{ kg}$$

$$V_2 = 1068 + 200 + 125 = 1393 \text{ „}.$$

Następnie wykreślamy plan sił dla obciążenia pionowego (tablica XI, plan sił II.), z którego otrzymujemy siły wewnętrzne w prętach.

W prętach D_1 , H_1 , H_2 nie powstają żadne natężenia, w prętach H_3 i H_4 ciągnięcia, w reszcie prętów ciśnienie. Jak widać z planów sił I. i II. natężenia o tym samym znaku wypadają tylko w prętach U_2 i U_3 , te zatem trzeba obliczyć na natężenia sumaryczne, wszystkie inne pręty będą najwięcej natężone przy obciążeniu wyłącznie tylko parciem wody.

Siły w prętach U_2 i U_3 będą:

$$U_2' = -2350 - 1330 = -3680 \text{ kg.}$$

$$U_3' = -8500 - 1200 = -9700 \text{ kg.}$$

Następnie w znany sposób obliczy się przekroje prętów, przyczem pręty ciśnione należy obliczyć na wyoboczenie, nadto pręty przedniego słupa, na które przenosi się parcie wody bezpośrednio przez zastawki wywołując moment zginający, trzeba liczyć na natężenie złożone.

Naprzykład dla pręta $b-c$ (schematy a i b) otrzymujemy:

Powiedzmy, że największy moment zgięcia będzie w oddaleniu x od podpory c ; dla tego przekroju otrzymamy (siła poprzeczna = 0):

$$R_3 - \left(1.375 + \frac{x}{2}\right) x \times 1000 \times 1.25 = 0 ; R_3 = 2181 \text{ kg; stąd } x = 0.925 \text{ m, a największy moment}$$

$$\max M = R_3 \times 0.925 - 0.925 \times 1.375 \times 1000 \times 1.25 \times \frac{0.925}{2} - \frac{0.925^2}{2} \times 1000 \times 1.25 \times \frac{0.925}{3} \text{ kgm}$$

$$\max M = 129701 \text{ kgcm.}$$

Przekrój pręta $b-c$, narysowany na fig. 1. tabl. XI. (przekrój $i-k$) ma powierzchnię $F = 66 \text{ cm}^2$, moduł przekroju $W = 197 \text{ cm}^3$, natężenie złożone wynosi:

$$\tau = \frac{\max M}{W} + \frac{O_2}{F} = \frac{129701}{197} + \frac{290}{66} = 662 \text{ kg/cm}^2.$$

Poprzeczkę górną należy obliczyć na obciążenie podane na schemacie d , jako belkę na obu końcach utwierdzoną, poprzeczkę dolną jako belkę prostą, opartą na obu końcach czopów (schemat e). Reakcja N wynosi:

$$N = \frac{Z(3.97 - 0.17)}{4.18} = 7980 \cdot \frac{3.80}{4.10} = 7254 \text{ kg}$$

$$O = N = 7254 \text{ kg.}$$

Znanym sposobem obliczy się wymiary tego pręta.

Czopy słupów (schemat f) obliczy się według momentu reakcji N obliczonego dla profilu, w którym przekrój czopa się rozszerza.

$$M_n = N \times 14 \times 7254 \times 14 = 101556 \text{ kgcm.}$$

$$\text{Przekrój ma średnicę } 10 \text{ cm, } W = 98 \text{ cm}^3$$

$$\text{natężenie } \sigma = \frac{101556}{98} = 1036 \text{ kg/cm}^2.$$

Podnoszenie najwyższego rzędu zasuw odbywa się ręcznie, dwóch dalszych rzędów zapomocą lżejszego żórawia obrotowego, wreszcie dwóch najniższych rzędów zapomocą silniejszego żórawia o udźwigu 2000 kg. Postępowanie przy usuwaniu jazu jest takie, że po zdjęciu górnego rzędu zasuw ręcznie, a dwóch dalszych żórawiem obrotowym, żóraw silniejszy podnosi zasuw w górę do pewnej wysokości, resztę podniesienia (przy zmniejszonym ciśnieniu) wykonuje znowu żóraw obrotowy. Żóraw ten posiada łańcuch, przewieszony przez górny blok wysuniętego ramienia, na którym wisi prostokątna rama żelazna zakończona u spodu hakiem, posiadająca na czterech rogach kółka. Ramę tę wsuwa się w pole zasuw tak długo, aż hak zaskoczy za jej strzemień.

Żóraw silniejszy posiada sztabę zazębioną, zakończoną u spodu silnym żelaznym trzewikiem, poruszaną w dół lub do góry; zapomocą tej sztaby można zasuw zepchnąć całkiem w dół, aż do uzyskania zupełnej szczelności. Przy zakładaniu zasuw postępowanie jest odwrotne do poprzednio opisanego; najpierw żóraw lżejszy zakłada zasuw dolne, które zesuwa się tak daleko w dół, aż tarcie wywołane parciem wody je zatrzyma, resztę pracy zesunięcia wykonuje żóraw silniejszy. Do kładzenia kozłów służy silna winda stała, ustawiona na prawym brzegu, we wnętrzu magazynu na zasuw. Winda ta posiada silny stalowy łańcuch (26 m), przeciągnięty przez całe pole jazu. Użyto tu wachlarzowego sposobu kładzenia kozłów; równocześnie kładzie się zawsze 6 kozłów, które przytwierdza się do łańcucha zapomocą osobnego przyrządu przyciskającego (p), osadzonego na każdym kozle (fig. 1. i 2. tabl. XI), który składa się z trzpienia śrubowego, podkładki dolnej stałej i nakładki górnej ruchomej. Łańcuch wchodzi między obie te płyty, a przez obrót trzpienia śrubowego zapomocą klucza przyciska się górną nakładkę i w ten sposób przytwierdza łańcuch do kozła.

Całkowite otwarcie otworu 65 m długiego przy 10-iu ludziach obsługi trwa około 6-iu godzin, z tego przypada 4^h 45^m na podniesienie i usunięcie 260-iu zasuw, reszta na kładzenie kozłów; podnoszenie 51 kozłów trwa około 3 godzin.

Również i przy tym systemie jazów zaznaczyć należy dążność do wykonywania konstrukcji o możliwie ograniczonej liczbie elementów, a więc o dużym odstępie kozłów, a przytem o długich zasuwach i płytach pomostowych. Konstrukcje takie wymagają jednak więcej skomplikowanych urządzeń, silnych wind do kładzenia kozłów, dobrze wyćwiczonego stałego personelu, wreszcie w przeważnej liczbie wypadków uruchomienia prądem elektrycznym.

Z urządzeń tego typu opiszemy dwa, a mianowicie jeden jaz na kanale Dunaju we Wiedniu, oraz jaz systemu Schwarzerza na Łabie.

Jaz na kanale Dunaju we Wiedniu (tabl. XI.)¹⁾ Ukończony w roku 1909, służy do celów kanalizacji kanału Dunaju. Ze względu na to, że do kanału uchodzą szybko wzbierające potoki, musiano wykonać jaz o konstrukcji pozwalającej na szybkie usunięcie spiętrzenia. Dalej żądano, aby jaz był bardzo szczelny, gdyż w czasie pochodu lodów u wlotu kanału pod Nussdorfem puszcza się do kanału tylko niewielkie ilości wody, wreszcie chodziło o to, aby stworzyć konstrukcję bardzo silną, którejby lody nie mogły uszkodzić. Wykonano zatem jaz zasuwowy oparty na kozłach ustawionych w bardzo znacznych odstępach, a mianowicie co 5·6 m. Kozły mają 5·5 m wysokości, więc położone na część stałą jazu zupełnie się nie nakrywają; każdy kozieł waży 4·6 ton.

Światło jazu wynosi 50 m, lewe ograniczenie stanowi bulwar i platforma, na której wznosi się budynek zawierający windę stałą do kładzenia kozłów, oraz magazyn zasuw, ograniczenie prawe tworzy szeroki filar (wyspa śluzowa), oddzielający jaz od śluzy komorowej. Całe światło jazu podzielone jest na 9 pól zapomocą 8-u kozłów (tabl. XI. fig. 9.).

Część stała jazu (tabl. XI. fig. 10.) tworząca ławę betonową 22,25 m długą, fundowana jest na zbitym ile 8 m pod zerem wodostkazu, na rzędnej 149.039. Ława ma grubości 2·6 — 4·2 m i pokryta jest murem z ciosów granitowych 0·5 — 1·5 m grubym. W obrębie ławy wykonano stopień w części stałej 0·8 m wysoki. Jaz ma za zadanie wytworzyć najwyższy poziom kanału Dunaju; w celu uzyskania na górnym końcu stanowiska głębokości 2·2 m ustalono potrzebny poziom spiętrzenia (górną wody) na rzędnej 158·149, na razie jednak spiętrzenie sięgać będzie tylko do rzędnej 157.909, z powodu niskiego położenia sąsiedniego mostu. Dolna woda (po wybudowaniu dolnego jazu) leżeć będzie na rzędnej 156.000, spiętrzenie wynosi zatem 1·909 m, a w przyszłości będzie wynosiło 2·149 m.

Przyczółki są również fundowane na wytrzymałym ile i mają zewnętrzną okładzinę z granitu.

Część ruchomą jazu przedstawiają figury 11—16. tablicy XI. Zasadniczym szczegółem konstrukcyjnym tego jazu jest połączenie kozłów z płytami pomostowymi. Każde cztery kozły połączone są przegubowo z płytą pomostową (fig. 9., 11. i 15.), skutkiem czego jaz dzieli się na część lewą i część prawą. Każdą z obu części (a więc kozły wraz z płytami pomostowymi), kładzie się zapomocą liny uruchomionej stałą windą stojącą na lewym brzegu na dno jazu, lub też z niego podnosi. Przy kładzeniu, pola między kozłami i płytą tworzą coraz to niższe równoległoboki, wreszcie kozły kładą się na dno jazu, a nad nimi układa się płyta pomostowa, oparta na swych podporach *p, p*, (fig. 11.). W czasie otwierania jazu następuje zatem u dołu obrót kozłów około czopów łożyskowych, a u góry obrót przegubów płyt pomostowych. Gdy jaz jest postawiony, spoczywają obie części pomostu poziomo, opierając się zapomocą swych podpór na kozłach. Uzupełnienie pomostu z prawej strony stanowi część klapowa pomostu, osadzona we wcięciu prawego bulwaru; w razie otwarcia jazu zwisa ona na dół, w razie zaś ustawienia go podnosi się ją w górę i opiera na prawej części płyty pomostowej. Lewa część płyty pomostowej (tabl. XI. fig. 16.) ma 23·8 m długości; jej koniec od strony lewego bulwaru opiera się na dwóch łożyskach wałkowych. Przy ustawianiu jazu najpierw podnosi się część lewą i przytwierdza w sposób łatwy do rozłączenia do wspomnianych łożysk, następnie podnosi się prawą część pomostu, wreszcie prawobrzeżną klapę pomostową. Prawa część pomostu ma 22·4 m długości i wystaje 0·6 m poza ostatni (prawy) kozieł.

¹⁾ Bau der Staustufe „Kaiserbad“ im Wiener Donaukanale, Wiedeń 1910. Odbitka z „Allgemeine Bauzeitung“.

Kozły posiadają przedni (górny) pas prosty, który posiada tory dla wałków zasuw jazowych. Tor dolny umieszczony na zewnątrz (ze stali kutej), przymocowany jest zewnątrz pasu kozła zapomocą nitów wpuszczanych (fig. 12 b); tor górny umieszczony jest wewnątrz pasu kozła (fig. 11.). W dolnych węzłach kozła osadzona jest oś obrotowa ze stali, z czopami spoczywającymi w łożyskach. Odległość środków łożyska górnego (przedniego) i dolnego wynosi 5,4 m; wykonane są one z żelaza lanego, ich panewki są z brązu. Łożysko górne (przednie), ciągnione, posiada celem zniesienia sił ciągnących przykrywą ze stali kutej, przytwierdzoną zapomocą dwu śrub stalowych do konstrukcji zakotwiającej wpuszczonej w beton; łożysko dolne (tylne), ciśnione, zapuszczone jest w cios łożyskowy i połączone z nim zapomocą czterech śrub stalowych. Ciosy łożyskowe zakotwione są w kierunku poziomym zapomocą dwu kotew z żelaza płaskiego do przeciwległych ciosów progu jazu. Zakotwienie kozłów do części stałej jazu wykonano zapomocą szeregu krzyżujących się dźwigarów walcowanych; ciągnięcie od łożysk dolnych przenoszą pionowe belki kotwiczne, złożone z kątówek, wstęp i blach trapezowych.

Pas dolny (tylny) kozła składa się z części dolnej ukośnej i z części górnej pionowej; w górnych końcach obu pasów osadzone są łożyska z brązowymi panewkami, w których leżą osie dźwigające pomost.

Obie części pomostu (figura 11. i 16.) składają się przede wszystkim z dwóch równoległych dźwigarów blaszanych, umieszczonych w odstępnie 2,2 m; na ich pasach górnych spoczywa tor żórawia (t, t'), służącego do podnoszenia zasuw. Szereg dźwigarów poprzecznych, których pasy górne leżą o 80^m/_m poniżej pomostu, oraz szereg przekątni, usztywnia dźwigary główne podłużne; na dźwigarach poprzecznych spoczywa blacha pomostowa, usztywniona nadto szeregiem kształtek i zaopatrzona w otwory do odpływu wody. Do pomostu przytwierdzone są silne osie (o, o , fig. 11.), służące do podnoszenia i kładzenia kozłów; z każdą z tych osi łączy się jedna linja i jeden łańcuch, których przeciwległe końce przyłącza się do głównej liny od stałej windy zapomocą trójkątnej zakładki. Na płycie pomostowej spoczywają dwie szyny umieszczone w odstępnie 1660^m/_m, stanowiące tor dla wózków przewożących zasuwę. Obydwa tory, tj. tor dla żórawia podnoszącego zasuwę, oraz tor dla wózków, przedłużone są po stronie lewej we wcięciu bulwaru, oraz w budynku stanowiącym skład zasuw.

Zasuwę jazową (tabl. XI. fig. 13., 14. i 15.) składają się w zasadzie ze szkieletu złożonego z dźwigarów poziomych i pionowych, oraz z blachy opierającej. Zasuwa dolna ma długość 5500^m/_m, wysokość 2100^m/_m i waży 3,5 ton, zasuwa górna długość 5370^m/_m, wysokość 2200^m/_m i waży 3 tony. Każda zasuwa toczy się po wałkach stalowych (z każdej strony po 3), na których osadzone są pierścienie z brązu. Celem uniknięcia skrzywienia zasuw w czasie wyciągania dano z obu stron kółka kierownicze. Do górnych dźwigarów zasuw przytwierdzone są kolucha, za które chwytają łańcuchy, względnie haki żórawia. Zasuwę górne spoczywają przy ustawionym jazu na wspornikach, umieszczonych wewnątrz dźwigarów przedniego pasu kozła, zasuwę dolne spoczywają na grzbiecie części stałej jazu ubezpieczonym płytami lanymi. Dokładne regulowanie spiętrzenia przez otwieranie zasuw dolnych uskutecznia się zapomocą przenośnych wind z trzpieniem śrubowym, ustawianych na kozłach i chwytających swym trzonem za kolucha zasuw; zasuwami górnymi reguluje się spiętrzenie w ten sposób, że się je podnosi w górę i opiera na wysuwanych ryglach, umieszczonych w górnej belce zasuw.

Do podnoszenia i kładzenia jazu służy stały żóraw na lewym brzegu umieszczony, o średniej sile pociągowej 25 ton, a maksymalnej 35 ton. Chyżość ciężaru wynosi przy popędzie elektrycznym 1 m, a przy popędzie ręcznym 0,1 m na sekundę. Żóraw ten jest umieszczony w środkowej części budynku stanowiącego magazyn zasuw.

Do podnoszenia, opuszczania i przewozu zasuw służy żóraw ruchomy o ramieniu 6,4 m i udźwigu 3,5 ton; chyżość podnoszenia wynosi 6 m, a chyżość posuwania się żórawia 45 m na minutę przy popędzie elektrycznym, a 0,5 m, względnie 5 m na minutę przy popędzie ręcznym.

Drugi żóraw ruchomy o udźwigu 6000 ton służy również do podnoszenia i spuszczenia zasuw, do regulowania otworów do wypustu wody, a także do ustawiania prawej części jazu. Jego ramię służy przy podnoszeniu i składaniu prawej części jazu jako punkt podparcia dla liny od głównego (stałego) żórawia, skutkiem czego położenie liny staje się stromsze. Podnoszenie prawej części jazu wymaga użycia prawie takiej samej siły, jak podnoszenie lewej.

Ciężar konstrukcji żelaznej całego jazu wyniósł:

- | | |
|------------------------------------|----------|
| a) żelazo lane | 36,9 ton |
| b) żelazo spawalne | 2,3 „ |
| c) żelazo zlewne Martina | 139,5 „ |

d) stal łana	25,5 ton
e) „ kuta	12,1 „
f) różne	6,2 „

łącznie 222,9 ton, całkowite koszty konstrukcji żelaznych jazów wyniosły 111.580 koron.

Ustawienie całego jazu trwa 2·5–3 godzin.

Na tablicy XVIII. podane są fotografie tego jazu według podanego źródła.

Jaz systemu inżyniera Schwarzera¹⁾, wykonany na skanalizowanej Łabie pod Melnikiem, przedstawiony jest na fig. 17–20. tabl. XI.²⁾ W profilu jazowym (fig. 17.) wykonano dwa systemy jazów, a mianowicie w części prawej jaz zastawkowy na odrzwiach systemu Liebicha³⁾, w części lewej o progu wyżej położonym jaz systemu Schwarzera na długości 69·44 m. Celem tej nowej konstrukcji jazu było zmniejszenie do minimum ilości elementów jazu, oraz zmniejszenie ilości materiału. Konstrukcja polega na kombinacji kozłów nitowanych i zwykłych dźwigarów walcowanych, które to części są stale ze sobą połączone, przyczem obsługa jazu odbywa się zupełnie w ten sposób jak przy zwykłych jazach zastawkowych z kozłami. Cały jaz składa się z poszczególnych elementów, każdy zaś element z jednego kozła, oraz dwu pomocniczych podpór (fig. 18. i 19.). Jeden element jazowy zamyka 3·60 m długości jazu. Każdy kozieł spoczywa na 2 łożyskach, osadzonych na części stałej, około których można go obracać, na górze zaś dźwiga płytę pomostową (element kładki), o którą opierają się podpory pomocnicze, obracalne około czopów dolnych. W ten sposób długość jednego elementu wynosząca 3·60 m dzieli podpory pomocnicze na 3 pola po 1·20 m, w które wchodzi zastawki spiętrzające wodę. Ważną rzeczą jest tu okoliczność, że podpory pomocnicze przenoszą większą część parcia wody wprost na część stałą, mniejsza zaś część przenosi się za pośrednictwem płyt pomostowych na kozły. Skutkiem tego wypada ciężar konstrukcji znacznie mniejszy jak przy zwykłym systemie jazów zastawkowych na kozłach; jazy te pod względem ilości materiału zajmują miejsce pośrednie między zwykłymi jazami iglicowymi, a zastawkowymi na kozłach.

W czasie kładzenia elementów jazowych tworzą ich części składowe w każdym położeniu równoległobok i układają się na dnie jazu zupełnie poziomo obok siebie, a nie ponad sobą, a podpory pomocnicze z powodu ukośnego położenia i excentrycznych czopów również obok siebie i obok płyty pomostowej. Celem zmniejszenia siły udźwigu na początku podnoszenia, wykonano górne oka w podporach pomocniczych jako podłużne wcięcia (fig. 20.), w których się może czop pomostu przesuwac. Skutkiem zupełnie poziomego ułożenia konstrukcji, wysokość progu chroniącego złożony jaz nie potrzebuje być większa jak 0·5 m.

Spiętrzenie wynosi 2·05 m ponad próg, do zamknięcia jazu wystarczyły zatem tylko dwie zastawki drewniane okute kątówkami, ponad sobą umieszczone. Każda z nich ma jednak osobny tor, dolną wyciąga się ponad górną, która zostaje uwolniona od parcia wody, a następnie zabrana przez zastawkę dolną; przez to, że jednym pociągnięciem otwiera się cały przedział, zyskuje się na czasie. Pozioma szpara 5^m/_m zatyka się wkrótce płynącymi liśćmi.

Kładka posiada dwa tory, zewnętrzny dla wyciągu zasuw, wewnętrzny dla przejazdu wózka przewożącego zasuwę. Gdy już wszystkie zasuwę są usunięte, kładzie się elementy jazowe, do czego służy stała winda umieszczona na pierwszym piętrze magazynu dla zasuw na lewym brzegu.

Jeden element jazowy waży 2568 kg, na co składa się a) ciężar kozła 846 kg, b) dwu podpór pomocniczych 306 kg, pomostu i łańcuchów 851 kg, łożysk i kotew 565 kg. Ciężar całej konstrukcji wynosi 50 ton, tj. na 1 m² powierzchni spiętrzenia 352 kg. W porównaniu ze zwykłym typem jazów zastawkowych na kozłach, uzyskuje się oszczędność 25%.

Statyczne obliczenie kozłów przeprowadzono pod założeniem, że łożysko przednie przyjmuje tylko siły pionowe, kozieł zaś obliczono jako system statycznie niewyznaczalny na zasadzie teorii odkształcenia.

Na tablicy XVIII. podano fotografię tego jazu, według podanego źródła²⁾.

¹⁾ Neuere Konstruktionen beweglicher Wehre, welche beim Bau der österreichischen Wasserstrassen zur Ausführung gelangen. (Deutsch-österreich.-ungar. Verband für Binnenschifffahrt, Neue Folge XLVI. 1909.

Vyroční Zpráva Komise pro kanalizování řek Vltavy, a Labe v Čechách 1913.

²⁾ Allgemeine Bauzeitung 1913 Ing. E. Schwarzer, Die Wehranlage der Staustufe Nr. I. an der Mittelelbe bei Melnik.

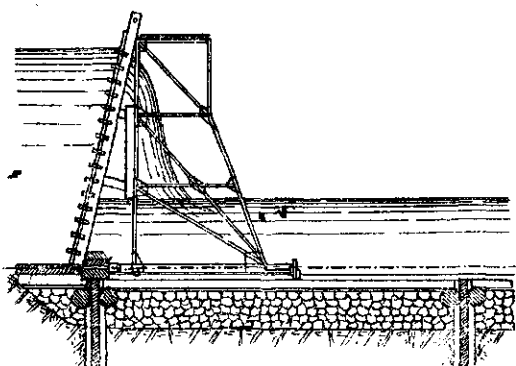
³⁾ Wzmianka o tej konstrukcji znajduje się powyżej, przy ogólnej charakterystyce jazów ruchomych.

c) Inne systemy jazów kozłowych.

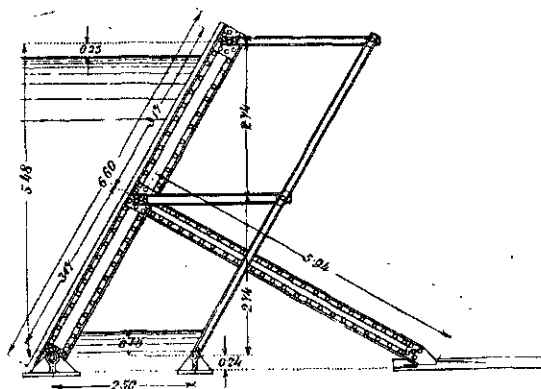
Kozły jazów iglicowych i zasurowych z kozłami systemu Poiréego posiadają tę wadę, że kładąc się poprzecznie do prądu nakrywają się wzajemnie, skutkiem czego tworzą grubą warstwę, która musi być chroniona przez próg. Jak widzieliśmy próg ten wystaje przy jazach iglicowych 40 — 60 cm, przy jazach kozłowych z zastawkami nieraz i 1 m ponad poziom reszty części stałej, skutkiem czego powstają dodatkowe koszty wykonania. Nadto z powodu wykonania progu nastąpić może zasypianie kozłów piaskiem i żwirem, skutkiem czego powstają trudności przy podnoszeniu kozłów. Dalej, jak wiadomo, użycie jazów iglicowych jest ograniczone tylko do spiętrzeń niezbyt wielkich. Dążnością do ulepszenia systemu Poiréego były propozycje inżyniera Janickiego, dyrektora kanalizacji Moskwy ¹⁾ z r. 1876.

Pierwsze ulepszenie stanowiło użycie konstrukcji zamykającej pośredniej między iglicami a zastawkami, która składała się (rys. 158.) ze słupów drewnianych z wpustami opartymi u dołu o wyskok progu, a u góry o pomost na kozłach, tudzież w 2 lub trzech punktach pośrednich, zapomocą podpór opartych o przedni pręt kozła. Między wpusty słupów zakładało się dyle. System ten miał tę korzyść, że ciśnienie przenosiło się tak na część stałą, jak i na kozły, oraz że można go było użyć do dużych spiętrzeń; z drugiej strony miał tę praktyczną wadę, że zbyt wielka ilość elementów zamknięcia wymagała znacznego czasu do otwierania jazu. Na Moskwie, posiadającej niezmiernie mały spadek (1:11.000), wielkie wody regularnie tylko z wiosną się powtarzające, a wreszcie bardzo powolny postęp fali wezbrania, system ten mógł jednak dać dobre wyniki.

Dalsze ulepszenie miało za podstawę radykalną zmianę konstrukcji kozłów. Kozły systemu Janickiego (rys. 159.) są konstrukcją przestrzenną i składają się z czterech pochyłonych słupów ze sobą



Rys. 158.



Rys. 159.

dwoma równoległobokami przegubowo połączonych, oraz osadzonych na przegubowych łożyskach na części stałej. Każdy kozieł podparty jest dwoma zastrzałowymi podporami, również przegubowo z jego przednimi słupami połączonymi; podpory opierają się u spodu o łożyska Pasqueau, poniżej przy klapie Chanoine'a opisane. Szerokość kozłów wynosi 1 — 1,5 m, odstęp skrajnych słupów kozłów sąsiednich również 1 — 1,5 m, tak, że odstęp kozłów od osi do osi wynosi 2 — 3 m.

Zamknięcie stanowią dyle układane poziomo na kozłach i między nimi, pomiędzy odpowiednimi żebrami ich przednich słupów, pomost służbowy również dyle, kładzione na górnych równoległobokach.

Jak widać z rysunku kozły kładą się w kierunku ruchu wody, przyczem się nie nakrywają, lecz jeden leży obok drugiego. Wobec tego nie trzeba wykonywać progu zasłaniającego, albo tylko bardzo niski. Podnoszenie kozłów odbywa się w ten sposób, że pierwszy kozieł podnosimy z brzegu, poczem na nim kładziemy pomost i szyny, a żóraw podnoszący kozły wjeżdża na niego i podnosi kozieł następny, aż jego podpory wpadną w powierzchnie podporowe łożysk. Kładzenie odbywa się w ten sposób, że po usunięciu dyli stanowiących zastawki zapomocą żórawia znajdującego się na pewnym kozle, podnosi

¹⁾ Józef Rychter „Budowa jazów“. Lwów 1886.

Allgemeine Bauzeitung 1884, Klett „Studie über Klappenwehre und ähnliche Systeme“.

Janicki „Die verschiedenen Methoden zur Verbesserung der Schiffbarkeit von Flüssen in Europa“.

się kozieł sąsiedni trochę w górę, zastrzały podpierające zejda z powierzchni podporowych łożysk prostopadłych do nich i oprą się o płaszczyzny ukośne tychże, skutkiem czego ześlizgną się i wpadną w odpowiednie rynny łożysk, przyczem kozieł się kładzie.

Pomimo wielkich zalet ma system ten i zasadnicze praktyczne wady, do których należy użycie wielkiej ilości przegubów; od ich należytego wykonania i utrzymania zależy funkcjonowanie całego systemu. Z tego prawdopodobnie powodu system ten, który w swoim czasie wzbudził wielkie zainteresowanie, nie rozpowszechnił się.

Podobną konstrukcję kozłów zaproponował równocześnie inżynier Guskowski.

Myśl zamiany iglic na większe elementy powraca w praktyce także i w ostatnich czasach. Schossberger¹⁾ proponuje odrzucenie podparcia iglic u spodu na wysoku progu, natomiast oparcie ich na kozłach w dwóch punktach pośrednich, przez co powstaje iglica, będąca belką u góry i u dołu wystającą. Obciążenie kozłów będzie większe, natomiast u iglic rozkład momentów zgięcia znacznie korzystniejszy, skutkiem czego iglice mogą być lżejsze, względnie możnaby ich używać do spiętrzeń większych. Przy wielkich jazach jednak, zamiast iglic odpowiedniej będzie użyć tablic wąskich a wysokich; autor proponuje użycie tzn. „zastawek iglicowych“ z blachy falistej, podnoszonych naturalnie już nie od ręki, tylko zapomocą odpowiedniego żórawia, przyczem obie podpory posiadają wałki celem zamiany tarcia posuwistego na potoczyste. Zauważyć jednak należy, że użycie podpór pośrednich ogromnie komplikuje konstrukcję; konstrukcja podpierająca jest ciężka i skomplikowana.

III. Jazy walcowe.

(*Walzenwehr, barrage mobile cylindrique*)²⁾.

Tablice XII., XIII. i XIX.

W roku 1902. wykonano na bocznem ramieniu Menu pod Schweinfurtem w Bawarii pierwszy jaz walcowy według pomysłu inżyniera Carstanjena. Zasada konstrukcji, stosunkowo bardzo prosta polega na tem, że między dwoma murowanymi przyczółkami lub filarami, wykonana jest również murowana część stała, na niej zaś spoczywa żelazny walec wewnątrz pusty, stanowiący część ruchomą jazu. Walec ten zamyka całe pole między przyczółkami, względnie filarami, a przed nadejściem wysokich stanów podnosi się go zapomocą odpowiednich wyciągów ponad wielką wodę i usuwa w ten sposób spiętrzenie.

Celem tej konstrukcji jest dążność do szybkiego zniesienia spiętrzenia w razie nadejścia wysokich wód, oraz przy pochodach lodów; przy jazach na rzekach górskich zachodzi potrzeba szybkiego otwierania wielkich otworów jazowych do przepływu wielkiej wody, gdyż fala wielkiej wody szybko się posuwa. Nadto na rzekach górskich zastosowanie jazów iglicowych, lub zastawek na kozłach, często nie jest możliwe, gdyż rzeki te toczą grube rumowisko, które zasypywałoby złożone na dnie rzeki kozły. Wobec tego nadają się tu, szczególnie przy wyzyskaniu sił wodnych, poprzednio opisane jazy zasuwowe o wielkich rozmiarach zasuw, a nadto jazy walcowe.

Jazy walcowe muszą być od jazów iglicowych, lub też zastawkowych z kozłami, bezwarunkowo droższe, gdyż walec oparty tylko na dwu podporach, posiadający znaczną rozpiętość, wymaga więcej materiału, jak jaz z kozłami, które przenoszą ciężar konstrukcji i parcie wody na część stałą w punktach o małych odstępach, jednak jazy walcowe mają znowu tę wyższość, że mogą być stosowane i do wielkich spiętrzeń, podczas gdy wysokość spiętrzenia przy jazach iglicowych jest jak wiadomo ograniczona. Porównując znowu jazy zasuwowe i walcowe należy stwierdzić, że koszt jazów walcowych mogą być w pewnych wypadkach mniejsze od kosztów jazów zasuwowych, gdyż te ostatnie wymagają wykonania mostów, zwłaszcza przy urządzaniu odrzwi ruchomych.

¹⁾ „Das Kragadelwehr“ Oesterr. Wochenschrift für den öff. Baudienst 1910.

²⁾ Literatura: 1) M. Carstanjen „Über Walzenwehre“, wykład w związku austriackich inżynierów, „Zeitschrift des oesterreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereines“, Wiedeń 1903. Nr. 50, str. 659.

2) K. E. Hilgard „Über Walzenwehre“, „Schweizerische Bauzeitung“ 1903. Nr. 43.

3) „Walzenwehre“, X. Internationaler Schiffahrtkongreß zu Mailand, Moguncja 1905.

4) „Walzenwehre“, Publikacja fabryki maszyn Norymberga-Augsburg (Gustavsborg).

5) Neuffer, „Das Walzenwehr und die Wasserkraftanlage Lauffen am Neckar“, Ztschr. des Vereines deutscher Ingenieure 1908., str. 1861.

6) Försters „Taschenbuch für Bauingenieure“, Engels „Wasserbau“, str. 896, Berlin 1911.

7) Schnapp und Carstanjen „Anlagen von Wehren in Flüssen, XI. Kongreß St Petersburg 1908.

Światło otworów zamykanych jazem walcowym, (a zatem jednym walcem), może być bardzo znaczne; pierwszy wykonany jaz zamykał otwór o świetle 18 m, drugi 35 m, w Szwajcarii zaś projektowano jaz walcowy, w otworze mającym 50 m światła, przyczem spiętrzenie miało wynosić 9 m. Również nadają się te jazy i do zamknięcia mniejszych otworów, jak przepustów dla tratw, upustów płuczających etc.

Opis konstrukcji.

1. Jaz na bocznym ramieniu Mentu w Schweinfurcie. Światło wynosi tu 18 m, spiętrzenie 3'60 m, głębokość spiętrzonej górnej wody 4'20 m. Walec stanowiący jaz ruchomy wykonany jest z blachy żelaznej walcowanej; jego przekrój poprzeczny, jak wynika z figur 1-ej i 2-ej na tablicy XII-ej, jest tylko na końcach opierających się na przyczółkach kolisty, natomiast między przyczółkami ma kształt gruszki, zwróconej ostrą krawędzią ku dołowi. Ta ostra krawędź zaopatrzona jest celem uszczelnienia jazu od spodu belką drewnianą, opierającą się na części stałej. Na obu końcach (kolistych) walca znajdują się zazębione pierścienie, chwytające za zazębione sztaby w odpowiednich wcięciach przyczółków na równi pochyłej umieszczone. Zapomocą lin drucianych, opasujących walec z obu stron, ciągnionych zapomocą obustronnych wyciągów ustawionych na wierzchu przyczółków, można podnieść walec w górę ponad W. W., podczas którego to ruchu walec toczy się swymi okrągłymi częściami skrajnymi po równiach pochyłych na przyczółkach.

Kształt gruszkowy jazu miał tu na celu uzyskanie większego spiętrzenia, bez powiększania średnicy kolistej części toczącej się po przyczółkach, nadto przy podnoszeniu walca parcie wody działające od spodu wspomaga działanie mechanizmu wyciągu. Dalej kształt gruszki jest tak dobrany, że walec nie potrzebuje podczas podnoszenia wypierać zupełnie górnej wody, a taksamo i materiału rzecznego, który ewentualnie złożony został przy jazie.

Celem zmniejszenia wyporu wody przy spuszczeniu na dół, wykonano w środku walca osobny walec kolisty o pobocznicę szczelnej, na obu czołach jednak otwarty (fig. 2. tabl. XII.). Przy spuszczeniu w dół jazu ruchomego ten środkowy walec napęlnia się wodą, która stanowiąc balast ułatwia zamknięcie jazu, natomiast przy podnoszeniu woda po wyłonieniu się walca z wody swobodnie z niego odpływa, przez co podnoszenie nad wodą jest ułatwione.

Popęd mechaniczny jest tu obustronny, wykonany zapomocą dwu wind ustawionych na przyczółkach, w każdą windę włączony jest ślimak, hamujący samoczynny ruch wsteczny. Zapomocą lin drucianych poruszanych przez te windy, można wywołać ciągnięcie zarówno ku dolnej jak i ku górnej wodzie, skutkiem czego można silnie przycisnąć walec, względnie belkę drewnianą znajdującą się u jego spodu, do części stałej jazu i przez to uzyskać szczelność. Aby to było możliwe, każda z obu lin opasuje oprócz walca i wału windy także i blok stały, umieszczony po stronie górnej wody (fig. 2. tablica XII.), tuż ponad zwierciadłem wody spiętrzonej. W ten sposób jest lina niejako liną bez końca, choć konstrukcyjnie tak nie jest, gdyż jest ona rozcięta, a oba jej końce nawinięte są na wał windy. Wał ten składa się również z dwu oddzielnych części, osadzonych luźnie na wspólnej osi, przyczem przez odpowiednie urządzenie, w którego szczegóły nie będziemy tu wchodzić, możliwe jest napięcie liny od strony dolnej wody.

Gdy walec znajduje się w najniższym położeniu, zakłada się zapadki w zęby pierścieni walca, celem zabezpieczenia go przed podniesieniem przez wypór wody.

Na przyczółkach znajdują się w niszach obok szyn zazębionych wygodne schodki służbowe, służące do nadzoru szyn zazębionych i szyn gładkich obok poprzednich umieszczonych, po których się toczą gładkie pierścienie walca itp.

Uszczelnienie z boku przy przyczółkach wykonane jest zapomocą pasków ze skóry, przyciskanych ciśnieniem wody. Możliwe byłoby tu również uszczelnienie zapomocą okrągłych prętów o kolistem zagięciu, jak przy systemie zasuw Stoney'a.

W środku walca znajdują się między płaszcami walca zewnętrznego i wewnętrznego co pewien odstęp usztywnienia z kątówek i blach węzłowych.

Przy podnoszeniu walca w górę, jak również i spuszczeniu, pokonuje się oprócz ciężaru własnego tylko opór sztywności liny, wewnętrzne opory mechanizmu i wreszcie opór tarcia potoczystego, który jest tak mały, że nie wchodzi w rachubę.

Cały ciężar walca wynosi 72 t, który podnieść trzeba w całości o 5 m w górę. Przyjmując, że robotnik przy korbie pracował będzie tylko z siłą 8 kgm sek i przyjmując wydajność windy na 0'35,

potrzebny czas na podniesienie ręczne używając 12 ludzi wyniesie:

$$\frac{72000 \cdot 5}{12 \cdot 8 \cdot 0.35 \cdot 3600} \approx 3 \text{ godziny.}$$

2. Jaz na głównym ramieniu Menu w Schweinfurcie. Służy on do wyzyskania siły wodnej rzeki w tem miejscu. Zastanawiając się nad wyborem konstrukcji żądano, aby jaz mógł być jak najdłużej przed nadejściem okresu zamarznięcia rzeki zamknięty, a mimo to, aby konstrukcja jaknajbardziej sprzyjała szybkiemu odprowadzeniu lodów i zadanie to spełniała z całą łatwością. Część stała nie mogła zatem wystawać ponad dno i musiała mieć powierzchnię całkiem gładką. Takie żądania spełnić mógł rzeczywiście jaz walcowy, wobec czego zdecydowano się na zastosowanie tego systemu.

Jaz ten ma 2 otwory po 35 m światła, spiętrzenie wynosi 2 m.

W porównaniu z poprzednio opisanym jazem widzimy tu następujące różnice konstrukcji:

1. Popęd jest tylko jednostronny, choć z obu stron są na walcu pierścienie gładkie i zębate, a na przyczółkach szyny gładkie (tory) i szyny zazębione.

2. Przekrój jazu jest w całej długości pełnem kołem.

3. Uszczelnienie boczne wykonano z poczwórnej warstwy pasów konopnych smołowanych.

4. Próg drewniany uszczelniający od spodu nie jest przytwierdzony do części ruchomej jazu, lecz wpuszczony w część stałą.

5. Przekrój podłużny równi pochyłej składa się z łuków kołowych.

6. Na drugim końcu jazu, gdzie niema popędu motorycznego, dano dla bezpieczeństwa łańcuch Galla.

Jaz ten przedstawiony jest na figurach 4 — 6. tablicy XII.

Cały walec ma długości 37 m, średnica wynosi 2 m i jest równa wysokości spiętrzenia. Grubość ścianki walca wynosi $28 \frac{m}{m}$. Składa się on z poszczególnych trzechmetrowych bębnow, z których każdy ma tylko jeden szew podłużny. Wszystkie styki mają podwójne przykładki. W środku każdego bębna znajduje się rama usztywniająca.

Jak widać z figur 4. i 6. na tablicy XII., tor po którym walec się toczy jest u spodu linią krzywą; gdy walec znajduje się w najniższym położeniu, a zatem na progu, styka się z torem w punkcie krzywizny o nachyleniu stycznej do pionu 1:4, dalej zaś w górę zapomocą możliwie krótkiego ruchu przechodzi w prostą o pochyleniu 1:1. Gdy walec przy podnoszeniu wychodzi zupełnie z wody, znajduje się już na tej prostej toru. W tem miejscu zatem, choć wypór wody już nie działa, ciągnięcie przeniesione przez linę nie potrzebuje być większe, owszem przez takie urządzenie toru zyskano większą jednostajność ciągnięcia przy ruchu walca po torze. Nadto uzyskano tu większą pewność dokładnego przymknięcia otworu jazowego, a zatem i uszczelnienia jazu od spodu. Wypór wody nie może podnieść jazu ruchomego w górę, dlatego nie potrzeba tu urządzeń jak przy jazie pierwszym do przytrzymania jazu w najniższym położeniu, a mianowicie zapadek, bloku stałego po stronie górnej wody i takiego urządzenia liny ciągnącej, aby przymusowe przyciśnięcie jazu w najniższym położeniu było możliwe.

Sposób przeprowadzenia liny, względnie dwu lin ciągnących (równorzędnych, z których każda może wytrzymać całe ciągnięcie) jest tu bardzo prosty (fig. 5. strona lewa). Każda z obu lin ma średnicę $46 \frac{m}{m}$ i wykonana jest z drutów ze stali tyglowej, przekrój metalowy liny ma 844 mm^2 i wytrzymałość 144 ton. Obie liny przymocowane są na obwodzie walca i w najniższym położeniu opasują częściowo jego obwód, chowając się w odpowiednich rowkach; u góry nawinięte są na wał windy. Przy podnoszeniu jazu ruchomego nawijają się wał windy, a odwijają się z walca.

Przy normalnym stanie górnej wody ciągnięcie w linie przy całkowitym ciężarze walca wynoszącym 88 ton wynosi 31 ton, a ponieważ według powyższego wytrzymałość jednej liny wynosi 144 tony, zatem jedna lina może z 4.4 krotną pewnością wytrzymać to ciągnięcie, druga zaś stanowi zabezpieczenie. W razie najniekorzystniejszych okoliczności stopień pewności jednej liny wynosi jeszcze 3.1, urządzenie windy jest jednak takie, że obie liny mają równy udział w przeniesieniu ciągnięcia.

Z powodu urządzenia jednostronnego popędu zachodzi potrzeba zabezpieczenia walca przeciw ewentualnemu podniesieniu się z toru i wyjściu pierścienia zębatego z szyny zazębionej. Do tego celu służy łańcuch Galla, przymocowany u spodu do obwodu walca na tej stronie, gdzie niema popędu. (Figura 6. tablicy XII.).

Łańcuch ten przymocowany jest u góry stałe i przy podnoszeniu walca w górę nawija się na obwód walca, przez co i ten koniec walca jest przytrzymany.

Ciężar walca przewyższa wypór wody nawet w takim razie, gdyby górna woda sięgała 2 m ponad część stałą, a dolna woda osiągnęła wysokość 1-go metra. Aby jednak i w razie zalewu całego walca (to znaczy, gdyby cały walec z obu stron miał wodę), walec nie wypłynął, urządzono z obu stron szczelne komory 12 m długie, zajmujące górną połowę przekroju, po których dolna woda przy wyższym stanie może swobodnie wpływać, stanowiąc potrzebny balast.

Opisany powyżej jednostronny popęd uskutecznia się zapomocą 18-to konnego elektromotoru; czas podniesienia wynosi około 15-u minut, całkowite podniesienie walca wynosi 4 m. Rezerwę stanowią 4 korby do ruchu ręcznego.

Zastosowanie popędu jednostronnego okazało się w praktyce z uwagi na pewność i dokładność ruchu znacznie lepszym. Popęd jednostronny można było jednak w dwojaki sposób wykonać, albo ustawić na obu przyczółkach windy i uruchomić je zapomocą jednostronnego popędu, przyczem na drugą windę przeniosłoby się siły zapomocą wału transmisyjnego przekraczającego cały otwór, lub też w sposób rzeczywiście przy tym jż wykonany, tj. używając jednej windy.

Przy pierwszym sposobie musiałby być cały moment skręcający zniesiony przez wał transmisyjny, przy drugim sam walec znosi ten moment, przyczem nie potrzeba dodawać, że wytrzymałość walca na skrócenie jest bardzo znaczna.

Zasady obliczenia jazu walcowego.

- Nazwijmy literą G ciężar całego walca,
 W parcie wody na walec,
 D siłę wypadkową z G i W ,
 $\frac{R}{2}$ reakcję jednostronną toru walca,
 S ciągnięcie w linie, lub sumę ciągnięć, jeżeli kilka lin opasuje walec.

Jeżeli popęd jest obustronny, to działanie sił przedstawia się tak jak na figurze 7. tablicy XII. Siły $\frac{D}{2}$, $\frac{S}{2}$ i $\frac{R}{2}$ przecinają się w jednym punkcie, mając więc z planu sił wielkość i kierunek $\frac{D}{2}$, jako wypadkowej z $\frac{G}{2}$ i $\frac{W}{2}$, nadto dany kierunek $\frac{S}{2}$, można również z planu sił oznaczyć wielkość $\frac{S}{2}$, oraz wielkość i kierunek $\frac{R}{2}$, tj. ciśnienie na tor.

Wiadomo, że jeżeli pewną siłę działającą na sztywny układ punktów przesuniemy równolegle, natenczas powstaje moment pary sił równy iloczynowi z siły i odległości przesunięcia.

Siłę $\frac{S}{2}$ działającą na koniec walca B nie mający popędu, przesuniemy na koniec walca A z popędem (fig. 8. tabl. XII.), jednak można to zrobić tylko w ten sposób, że w punkcie A zaczepimy 2 siły równe i wprost przeciwnie, o wielkości $\frac{S}{2}$. Wynika z tego, że po przesunięciu otrzymamy siłę $\frac{S}{2}$ działającą w punkcie A do góry i parę sił o momencie $\frac{S}{2} \cdot l$, leżącą w płaszczyźnie stycznej do walca położonej przez linę i starającą się walec skrócić w położenie oznaczone na figurze 8 b. Wogóle więc po przesunięciu układ sił przedstawi się tak, jak to oznaczono na tej figurze.

Następnie wykonujemy drugie przesunięcie, podobne do poprzedniego, a polegające na tem, że obie siły $\frac{S}{2}$ należące do powyższej pary sił, przesuwamy równolegle w płaszczyznach pionowych przez nie przechodzących aż do punktów m , w których walec styka się ze swym torem. Skutkiem tego wystąpią w obu płaszczyznach czołowych walca znowu dwie nowe pary sił. Oprócz zatem sił $\frac{S}{2}$ działających u spodu w punktach m (fig. 9 - ej tabl. IV - ej), działają na końcach walca dwie pary sił o przeciwnym

kierunku obrotu i o momencie $M = \frac{S}{2} \cdot e$, który musi znieść sam walec przez swą wytrzymałość na skręcenie.

Na figurze 10. przedstawiono układ sił dla końca walca zaopatrzonego popędem, na figurze zaś 11. dla końca walca bez popędu i wykreślono odnośne plany sił. Na końcu walca zaopatrzonym popędem wszystkie siły złożyć można w parę sił o momencie $C \cdot c$, na drugim zaś końcu również w parę sił, o takim samym momencie $C \cdot c$, gdyż $\frac{D}{2} = c$.

W ten sposób można wszystkie siły działające na walec złożyć w dwie pary sił, działające na obu końcach walca (Cc) i (M), które utrzymują go w równowadze.

Walec zatem o popędzie jednostronnym musi być obliczony na skręcenie według momentu skręcenia $M = \frac{S}{2} \cdot e$, który oznaczyć można graficznie według figur 8. i 9.

Wartość $\frac{S}{2}$, tj. połowę ciągnięcia w linie lub w łańcuchu przy popędzie jednostronnym oznaczy się według figury 7., przyczem trzeba przyjąć na razie przybliżony ciężar walca G , tudzież obliczyć parcie wody W .

Parcie wody wypadkowe działające na walec oznaczy się według figury 12. (stan wody równo z wierzchem walca), lub 13. (woda przelewa się przez walec, grubość przelewu h , a od strony dolnej mamy stan wody o wysokości a).

Wielkość i kierunek parcia oznaczyć można najprościej, składając graficznie składowe poziomą i pionową przechodzące przez środek walca.

W przypadku przedstawionym na figurze 12.:

$$\text{Składowa pozioma } H = 2 \gamma r^2$$

$$\text{„ pionowa } V = \frac{\pi}{2} \gamma r^2$$

W przypadku przedstawionym na figurze 13.:

$$a) \text{ parcie wody górnej, składowa pozioma } H = 2 \gamma r (r + h)$$

$$\text{„ pionowa } V = \frac{\pi}{2} \gamma r^2$$

$$b) \text{ parcie wody dolnej } P_1, \text{ składowa pozioma } H_1 = \frac{1}{2} \gamma a^2$$

$$\text{„ pionowa } V_1 = \frac{1}{2} \gamma r^2 (\alpha - \frac{1}{2} \sin 2\alpha), \text{ przyczem } \alpha \text{ należy}$$

wstawić w mierze łukowej.

Oprócz obrachowania walca na skręcenie, trzeba przeprowadzić obrachowanie na zgięcie, o czym później będzie mowa.

Pócz samej konstrukcji walca obrachować należy ciśnienia na koronę stałej części jazu, ciśnienia na tor, oraz na zęby szyny i pieścienia zazębionego i to dla różnej wysokości stanu spiętrzonej wody, oraz dla różnych położań walca.

Ciśnienie na tor oznaczy się dla obu podpór osobno według figur 10. i 11. Ciśnienie na zęby obu szyn i pierścieni zazębionych jest na obu końcach walca różne, suma obu ciśnień równa się ciągnięciu w linie S . Ciśnienie na końcu zaopatrzonym popędem będzie bardzo małe, na drugim zaś końcu znacznie większe. Można przyjąć, że na obu końcach walca powstają ciśnienia na zęby, których suma równa się S , a wielkość ich jest w odwrotnym stosunku do odległości pierścieni od punktu zaczepienia liny, lub łańcucha popędowego.

Dla jazu na Menie pod Schweinfurtem, wykonanego na głównym korycie, o długości walca $l = 37.0 \text{ m}$, średnicy równej 2 m , przeprowadzono obliczenie, którego wyniki zestawione są w następującej tabeli¹⁾:

¹⁾ Według artykułu podanego powyżej pod 1).

	Wysokość gór- nej wody ponad koronę części stałej jazu	Ciężnienie w linie	Ciśnienie		Ciśnienie na zęby		Moment		
			na koronę części stałej	na tor		a	b	a	b
				a	b				
				a	b				
	metry	tony	tony	tony	tony	tony	tony	ton'dm	ton'dm
1. Walec spoczywa na koronie części stałej jazu	—	—	44 25	—	—	—	—	—	—
	2·0	—	8·0	36·0	36·0	—	—	—	—
	2·9	—	9·0	66·8	66·8	—	—	—	—
	3·8	—	10·5	98·0	98·0	—	—	—	—
2. Walec jest tylko nieznacznie podniesiony ponad koronę części stałej	—	45	—	31·0	11·0	2·0	43·0	478	478
	2·0	8	—	42·0	38·0	1·0	8·0	93	93
	2·9	9	—	73·0	68·0	1·0	8·5	90	90
	3·8	10	—	104·0	100·0	1·0	9·0	111	111
Walec wznie- siony jest ponad koronę części stałej jazu o	0·50 m	2·0	14	—	31·5	26·0	0·5	13·0	147
	1·00 "	2·0	23	—	28·5	22·5	0·5	22·5	243
	1·50 "	2·0	29	—	29·5	25·0	1·0	29·5	331
	2·00 "	2·0	31	—	31·0	31·0	—	31·0	336

Uwaga: a oznacza koniec walca z popędem, b koniec walca bez popędu.

3. Jaz walcowy na Neckarze pod Neckarwestheim. Na tablicy XIII. (figury 1—12.) przedstawiono jaz walcowy wykonany w Württembergji na Neckarze pod Neckarwestheim, służący do wyzyskania siły wodnej. Ogólny układ jazu podają figury 1. i 2.

Mamy tu 3 otwory jazowe główne, każdy o świetle 28·6 m, zamknięte jazami walcowymi. Filary oddzielające te otwory mają grubość 2 m, spiętrzenie *W. W.* wynosi 0·6 m. Dalej w tym samym profilu mamy upust dla żwiru (fig. 4.) i przepust dla tratw, zamykane zastawkami, przepławkę dla ryb, osobny przesmyk dla węgorzy, wreszcie służą komorową do przepuszczania statków.

Przepust dla tratw zamykany zasuwą zapadającą w dół w odpowiednie zagłębienie, które to urządzenie jest praktyczne z tego powodu, że zasuwę taką 1 m wysoką prędzej można spuścić o 1 m w dół, jak podnieść o potrzebną wysokość 2·5 m. Jaz spiętrza m. w. o 2·46 m. Wzdłuż całego jazu biegnie kładka służbowa, oparta na filarach jazu. Filary są u góry zakończone nadbudową, stanowiącą budynek, w którym pomieszczono wyciągi. Te budynki chronią wyciągi, jak również służbę jazową, a nadto upiększają całe założenie. Popęd walców jest jednostronny i uskutecznia go wyciąg elektryczny, umieszczony na lewym filarze każdego przesła. Proóg upustu dla żwiru (fig. 4.) założony jest równo z dnem rzeki, 1·5 m poniżej progu części stałej jazu. Upust podzielony jest na 2 części zapomocą filaru żelaznego.

Jak widać z figury 3. (przekrój poprzeczny przez jaz walcowy), równia pochyła, po której toczy się walec, jest tu stroma, w linii prostej założona.

Winda do podnoszenia walca obliczona jest na ciągnięcie, wynoszące 24 ton. Do początkowego podniesienia walca z progu potrzeba ciągnięcia tylko 8·6 ton, gdy jednak walec wyjdzie z wody ciągnięcie wzrasta do 24 ton, z powodu że wypór wody odpada.

Figury 5., 6., 7. i 8. podają szczegóły konstrukcji stężenia i uszczelnienia walca.

Walec obliczono na zgięcie; największe momenty zginające występują, gdy walec znajduje się w położeniu najniższym, jednak w chwili, gdy już został trochę ponad próg części stałej podniesiony. W tem położeniu uwzględnić należy ciężar własny walca, ciśnienie wody i wypór wody. Wypadkowa jest wtedy zwrócona ku dołowi.

Przy omawianym jazu wypadkowa wynosiła 95 t (ciężar własny 51 t, wypór wody 10·6 t, ciśnienie wody 87 ton). Grubość blachy walca wynosi w części środkowej, 17·6 m długiej, 13^m/_m, w częściach skrajnych, po 6·2 m długich, 11^m/_m. Ponieważ walec ma popęd jednostronny, obliczono go również na skręcenie, według zasad powyżej podanych.

Na figurze 9. podano sposób zawieszenia walca w najwyższym położeniu; takie zawieszenie ma na celu umożliwienie odciążenia łańcucha, celem zbadania i wypróbowania jego wytrzymałości.

Uszczelnienie jazu od spodu i z boków (w niszach) przedstawiają figury 5. i 8. Od spodu uszczelnia jaz drewniany kłoc przymocowany do walca, wspierający się na progu jazu; celem uszczelnienia z boku przymocowano do walca zapomocą kątowniki blachę pionową, do niej zaś zapomocą drugiej kątowniki belkę drewnianą, przyciskaną parciem wody do muru, względnie do belki drewnianej w murze osadzonej.

Obliczenie filaru przedziałowego przedstawiają figury 10., 11. i 12. Najniekorzystniejsze warunki dla filaru powstają wtedy, jeżeli walec w jednym otworze znajduje się w najwyższym położeniu, (całkiem wyciągnięty w górę), w sąsiednim zaś walec leży u dołu na progu. Trzeba przytem uwzględnić także parcie wiatru na filar, przyjmując około 150 kg/m^2 .

Obliczenie przeprowadza się w ten sposób, że składa się siły działające w dwóch przekrojach filaru, tj. w podłużnym i poprzecznym (fig. 10. i 11.), oraz znajduje środek ciśnienia wypadkowej sił u spodu filaru w przekroju poziomym (figura 12.). Na odnośnych figurach nazwano:

- G_1 ciężar kładki,
- G_2 , G_3 i G_6 ciężary częściowe filaru,
- G_5 połowę ciężaru własnego podniesionego walca,
- P ciśnienie dolnego walca na filar,
- V_p składową pionową parcia P ,
- N składową pionową wszystkich sił,
- H jednostronne parcie wody,
- W_1 , W_2 i W_3 parcie wiatru,
- R wypadkową z sił G , P , W , H .

Największe natężenie krawężne występuje w punkcie O i wynosi:

$$\sigma = \frac{N}{F} + \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y},$$

przyczem F oznacza przekrój poziomy filaru, M_x , M_y momenty zgięcia wywołane siłą N z uwagi na oś x , względnie y ,

W_x , W_y momenty oporu przekroju filaru.

W przedstawionym na figurach 10., 11. i 12. przykładzie

$$\text{ciśnienie } \sigma = \frac{435000}{1200 \cdot 200} + \frac{435000 \cdot 51,6}{200 \cdot 1200^2} + \frac{435000 \cdot 33,6}{1200 \cdot 200} = 4 \text{ kg/cm}^2.$$

Ciągnienie nie występuje w żadnym punkcie filaru.

Jaz na rzece Saali pod Kissingen. Na figurach 13 — 16. przedstawiono jaz na Saali pod Kissingen, stanowiący dalszy postęp w budowie jazów walcowych. Widzimy tu wyraźnie niezależność ściany spiętrzającej od kształtu samego walca. Walec stanowi tu tylko część toczącą się, ściana spiętrzająca jest umieszczona przed nim, stanowiąc t.z. tarczę. Uszczelnienie jazu widoczne jest z figury 16.; wykonano je zapomocą belek drewnianych, ślizgających się po przyczółkach przymocowanych do walca. Podnoszenie walca uskutecznia się tu zapomocą popędu elektrycznego.

Winda składa się z wału, na którym nawinięty jest zwykły łańcuch Galla (fig. 6.), dalej z trzykrotnego przeniesienia zapomocą kół zębatych i ślimaka (śruby bez końca), hamującej ruch wsteczny (wzniesienie gwintu $< 1:10$), poruszanej motorem elektrycznym. Na wale motoru osadzony jest hamulec tarczowy, zapomocą którego można w każdym miejscu zatrzymać walec, tak przy podnoszeniu, jak i przy spuszczeniu.

Podniesienie walca o 1 metr w górę wymaga 3 minut czasu; motor jest 10-io konny.

W razie potrzeby może winda być poruszana ręcznie, do czego potrzeba 8-iu ludzi.

Przy nowszych jazach walcowych zastosowano ulepszony łańcuch Galla (figura 15. tablicy XII.). Ulepszenie polega na tem, że łańcuch posiada trzpienie przedłużone poza ogniwa, skutkiem czego każdy trzpień opiera się na kole łańcuchowym nie tylko w środku między blachami ogniwa, ale także na obu bokach. Skutkiem tego natężenia zginające w trzpieniu znacznie się zmniejszają, a wymiary mogą być tak dobrane, że jeden trzpień wytrzymuje cały ciężar. Zwykle łańcuchy Galla oblicza się przy tem założeniu, że równocześnie trzy trzpienie zaczepiają o koło łańcuchowe, zatem siła przenosi się równocześnie

na wszystkie trzy. To założenie nie jest jednak słuszne, zwłaszcza gdy przez dłuższy ruch ogniwa i trzpienie częściowo się zużyją i odkształcą.

Przy jazie na Brdzie pod Brahnau w pobliżu Bydgoszczy zastosowano pierwszy raz taki łańcuch, z tem jeszcze ulepszeniem, że poszczególne blachy ogniów oddzielono od siebie płytkami mosiężnymi, celem uniknięcia rdzewienia łańcucha i ułatwienia zginania. Koło łańcuchowe stanowiące ostatni element wyciągu podnoszącego wałek, umieszczone jest na przyczółku, górny koniec łańcucha odwijanego w czasie podnoszenia walca zwisa swobodnie na dół.

Wspomniany jaz na Brdzie służy do kanalizacji rzeki w celach żeglugi; wykonano go w latach 1904—1906. w miejsce istniejących tam dwóch jazów iglicowych.

Wspomnieć jeszcze należy, że przy nowszych jazach walcowych wykonano nisze, po których toczy się wałek, w nachyleniu stromszym jak to było przy pierwszym jazu pod Schweinfurtem. Nachylenie krawędzi niszy do poziomu wynosi około 3 : 1; nisz o kształcie krzywoliniowym, jak przy drugim jazu w Schweinfurcie, w nowszych jazach niewykonano.

Urządzenie szyny ząbionej i pierścienia zębatego, które wykonuje się z żelaza lanego, podaje figura 14. na tablicy XII. Tak pierścień jak i szyna mają obok części zębatej część gładką, ciężar przenosi się zatem z gładkiej części pierścienia na gładką część szyny, skutkiem czego zęby są odciążone.

Na tablicy XIX. przedstawiono szereg zdjęć fotograficznych jazów walcowych i ich szczegółów, celem ułatwienia zrozumienia konstrukcji¹⁾.

IV. Jazy odcinkowe (segmentowe).

(*Segmentwehr, Cylinderwehr, Barrage à vannes cylindriques*).

(Tablice XIV. i XX.).

Są to właściwie jazy zasuwowe, jednak zasuwą stanowiącą ścianę spiętrzającą ma tu kształt odcinka koła, zwróconego stroną wypukłą w kierunku górnej wody i porusza się przy otwieraniu i zamykaniu jazu nie w kierunku pionowym, lecz wykonuje obrót na około poziomej osi; możnaby je nazwać również klapami obracalnemi około osi poziomej. Pierwsze jazy oparte na tej zasadzie zbudowano we Francji²⁾, później rozwinięto ten system w Ameryce, gdzie otrzymał on nazwę jazów Taintora, według nazwiska ich projektanta, wreszcie i w Niemczech coraz więcej się system ten rozpowszechnia. W Ameryce dawniejsze jazy odcinkowe wykonywano także z drzewa, obecnie wykonuje się je prawie wyłącznie z żelaza.

Zasada konstrukcji polega na tem, że parcie wody działające na wypukłą powierzchnię ściany spiętrzającej, przenosi się w kierunku promienia krzywizny tej ściany wprost na oś obrotu, zapomocą ram usztywniających cały system. Oś obrotu może być wykonana jako belka osadzona między przyczółkami lub filarami, przyczem obydwie jej czopy obracają się w łożyskach, albo też oś stanowią tylko krótkie obustronne wały osadzone w łożyskach, ze sobą niepołączone, na które przenosi się parcie wody zapomocą silnych skrajnych podpór.

Zasadniczo jaz odcinkowy składa się z następujących głównych części konstrukcyjnych (figura 1. a—d, tablicy XIV):

a) blacha opierająca, b) zebr (rygle), przenoszące ciśnienie na belki usztywniające, c) belki główne, położone w kierunku promienia krzywizny, d) podpory końcowe, przenoszące ciśnienie z belek

¹⁾ Wzięte z powyżej podanych publikacji, a przedewszystkiem z publikacji pod 4.

²⁾ Jaz zbudowany przez Poirée'go na małym ramieniu Sekwany w Paryżu w r. 1853., tudzież jaz wykonany w r. 1888. przy skrzyżowaniu Rodanu z rzeką Lez; opisuje go Engels w Ztbl. der Bauverw. 1893.

Literatura: 1) Eger. Segmentschütz und Walzenwehr, Zentralblatt der Bauverwaltung 1907.

2) Dr. Ing. Kulka. Beitrag zur Theorie des Wasserdruckes und zur Bewertung und Konstruktion des Segmentwehres, Schützen- und Walzenwehres

3) Stauvorrichtung mit beweglichem, ein räumliches Bauwerk bildenden Fachwerk, Ztbl. der Bauverw. 1908.

4) „Segmentschützen in Brandenburg a. d. Havel“, „Segmentschütz der Freiarche in Spandau“. Ztbl. d. Bauverw. 1913.

5) Neuere Konstruktionen beweglicher Wehre, welche beim Bau der österreichischen Wasserstraßen zur Ausführung gelangen. Bewegliches Wehr in der Elbe bei Königgrätz. Ing. Hans Hübel, Groß Lichterfelde 1909.

6) Der allgemeine Wettbewerb für Konstruktionen beweglicher Wehre in Flüssen, mitgeteilt von Ing. Bazika u. Deinlein. Wiedeń 1907.

głównych na oś jazu, wreszcie *e*) oś obrotu, wykonana najczęściej jako dwa krótkie wałki, obracające się w łożyskach, osadzonych w przyczółkach lub filarach.

Co do żeber, to są one wykonane w kierunku poprzecznym i podłużnym i składają się z dźwigarów walcowanych, lub nitowanych. Wykonanie może być dwojakie według fig. *b* i *c* na figurze 1.; wykonanie *b*) jest tańsze. Żebra poziome mogą być w kierunku ku górze w miarę malenia ciśnienia wody zmniejszane — zwykle wykonuje się je z dźwigarów walcowanych. W przypadku *c*) żebra poziome muszą mieć stałą wysokość, a więc zmniejszanie ich profilu ku górze następuje przez zmianę rozmiaru kątówek. Wykonanie to jest droższe, jednak posiada pewne konstrukcyjne zalety.

Co do położenia osi obrotu, to decydują tu następujące względy: *a*) wysokość wolnego przejazdu, jednak tylko w takim razie, jeżeli oś jest belką przebiegającą przez całą przestrzeń zamkniętą jazem, *b*) dążność do umieszczenia osi obrotu ponad najwyższym stanem wody, aby ją można było w każdej chwili zbadać. Wogóle zatem względy konstrukcyjne przemawiają za wysokim położeniem osi obrotu, zauważyć jednak trzeba, że powoduje to wzrost kosztów, gdyż dźwigary łączące opierzenie, względnie belki główne z osią, będą dłuższe, nadto zakotwienie łożysk osi będzie trudniejsze.

Co do urządzenia obu punktów obrotu osi, to najzwyczajszą konstrukcją jest wykonanie łożysk stałych, jednak w ostatnich czasach wyłoniły się pewne odmienne propozycje. Eger jest zdania, że celem zmniejszenia tarcia czopów w łożyskach należałoby zastosować łożyska kulkowe lub wałkowe, natomiast firma maszynowa Augsburg-Norymberga uzyskała patent na jaz odcinkowy (fig. 2. tabl. XIV.), przy którym tarcie posuwiste zamienione jest na potoczyste, a to w ten sposób, że podpory końcowe *c* łączą się z wałkami *f*, *f*, których środek łuku zgadza się ze środkiem łuku ściany spiętrzającej, czyli z osią jazu *b—b*. Każdy z tych wałków toczy się przy podnoszeniu i spuszczeniu jazu po torach *g—g*, również kolisto zakrzywionych. Ewentualnemu przesunięciu wałków mają zapobiegać zęby *i* wykonane na powierzchni wałków i torów, a podniesienie się wałków w górę uniemożliwiają przykładki *k*, *k*, przytwierdzone do czopów *l*, *m*.

Cały jaz zresztą przedstawia odcinek koła, o osi *b—b* znajdujący się w jego środku; belki *c* stanowią niejako sprchy, przenoszące ciśnienie wody na oś; dźwigary podłużne *d* i skośne *e* wytwarzają kratę przestrzenną. Jak widać z figury 2., spiętrzenie usuwa się przez spuszczenie jazu w odpowiednie zagłębienie w części stałej jazu (położenie kreskowane), przyczem oś obrotu, a zatem i tory położone są nisko, tasama konstrukcja może być jednak wykonana o osi położonej wysoko (ponad najwyższym zwierciadłem wody), przyczem spiętrzenie usuwałoby się przez podniesienie jazu do góry.

Według Kulki konstrukcję łożysk obrotowych można także tak wykonać, aby części konstrukcyjne znajdujące się przy jазie zamkniętym pod wodą, mogły się wzniesć w czasie otwierania jazu ponad wodę. W tym celu proponuje dwa rozwiązania (fig. 3. i 4.). Pierwsze rozwiązanie polega na zastąpieniu stałych punktów obrotu końcowych podpór jazu pierścieniami zazębionymi, toczącymi się po odpowiednich torach umieszczonych na filarach. Autor stawia przytem jako warunek, aby przy zamkniętym jазie punkt zetknięcia pierścienia zazębionego z torem *O*, (fig. 3. *a*), leżał ponad wodą, przyczem stwierdza, że konstrukcja ta w pewnych wypadkach napotyka na wielkie trudności. Koniecznym warunkiem będzie takie dobranie kształtu toru, aby był on przy każdym położeniu jazu prostopadły do wypadkowej ciśnienia, w przeciwnym bowiem razie ciśnienia na zęby byłyby bardzo wielkie.

Jak widać z tego przedstawienia rzeczy, tego rodzaju konstrukcja stanowiłaby przejście od jazu odcinkowego do walcowego. Figury 3. *b* i *c* przedstawiają rozkład ciśnień w celu oznaczenia ciśnienia na zęby. Ciężar jazu *G* daje z parciem wody *W* wypadkową *R*. Tę rozkłada się na składową *K* w kierunku łańcucha wyciągowego, oraz w kierunku *a—b* (*T*), łączącym punkt przecięcia się sił *K* i *K* z punktem zetknięcia pierścienia zazębionego i jego toru. Składowa *T* jest reakcją toru, którą rozkłada się na siły normalną i styczną; ta ostatnia przedstawia wielkość ciśnienia na zęby. Kształt toru trzeba by tu wyznaczyć na podstawie szeregu prób, przyjmując dla różnych położzeń jazu ciśnienie na zęby równe zeru.

Drugie rozwiązanie jest znowu kombinacją jazu odcinkowego i zasuwowego z wałkami i odznacza się tem, że punkt obrotu przesuwuwa się w kierunku pionowym (fig. 4. *a*, *b*, *c*). Każdy z czopów obrotowych jest połączony stale ze sztabą *e*, która przesuwuwa go w górę lub w dół zapomocą osobnego urządzenia. W obydwu punktach obrotu występują tak pionowe jak i poziome siły, te ostatnie są jednak znacznie większe i mogą się przenosić zapomocą lanego łożyska *g*, o wypukłej przedniej powierzchni, na filar. Siły pionowe przenosi osiowo sztaba *e* na mur filaru zapomocą rygla *h* i odpowiedniego zakotwienia konstrukcją żelazną *v*.

Uruchomienie jazu ma się odbywać w ten sposób, że najpierw jaz ma być obrócony do położenia kreskowanego, a następnie dopiero podniesiony w górę, skutkiem czego wszystkie części konstrukcyjne znajdują się ponad najwyższym stanem wody. W czasie podnoszenia działa jedynie ciężar własny, który musi być odpowiednio pokonany; jedną jego składową Z_2 (fig. 4. c) znosi łańcuch wyciągowy, drugą może znieść przeciwwaga I (fig. 4. a), działająca na sztabie e . Małe ciśnienie R jazu w czasie podnoszenia na płaszczyznę kierującą można przenieść zapomocą wałka.

Jaz odcinkowy posiada wielkie zalety, wynikające przedewszystkiem z tej własności, że parcie wody w każdym położeniu jazu przechodzi przez oś obrotu; opór przy podniesieniu składający się z tarcia czopowego i ciężaru własnego, (który jednak w znacznej części może być zapomocą przeciwwagi zrównoważony), może być pokonany stosunkowo niewielką siłą, gdyż łańcuch wyciągowy działa na dużym ramieniu. Dalszą zaletą tych jazów jest to, że nie wymagają tak znacznej wysokości konstrukcyjnej filarów jak jazy zasuwowe; należycie skonstruowane, zapewniają wielką szczelność, wreszcie koszt wykonania są znacznie niższe od kosztów jazów walcowych, a nie wyższe od jazów z zasuwami pionowymi. Eger porównał koszt jazu walcowego i odcinkowego wykonanych w Berlinie na rz. Landwehrkanal, zamykających dwa równe otwory o świetle 5.56 m i wysokości górnej wody 1.58 m, obok siebie umieszczonych; koszt jazu walcowego i odcinkowego były w stosunku jak 1.33 : 1. Tensam autor podnosi również łatwość i szybkość wyciągania jazu odcinkowego, przyznając temu systemowi wielkie zalety. Również Kulka zauważa, że jazy odcinkowe i zasuwowe są zawsze tańsze od jazów walcowych i to nie tylko z powodu mniejszej ilości materiału, ale także z powodu niższej ceny jednostkowej. Wykazuje on, że teoretycznie ilość materiału jazów zasuwowych wypada mniejsza jak jazów odcinkowych, jednak, w praktyce różnica ta zanika, a nawet w razie wykonania przy jazie zasuwowym opancerzonych nisz, może się okazać jaz odcinkowy jako ekonomiczniejszy.

Co do konstrukcji zwykłego typu jazów odcinkowych (fig. 1. a—d) zauważyć należy, że ilość dźwigarów głównych, leżących w kierunku promieni krzywizny (fig. 1. d) i przenoszących parcie za pośrednictwem skrajnych dźwigarów na oś obrotu, może być rozmaita, zależnie od wysokości jazu; w zwykłych wypadkach wystarczą tylko dwa dźwigary główne, umieszczone wzdłuż skrajnych promieni jazu odcinkowego i w takim razie rozkład sił jest jasny i pewny; jest możliwość także wykonania tylko jednej belki głównej na promieniu wypadkowej parcia wody, jednak takie wykonanie nie jest do polecenia, jak to twierdzą doświadczenia uzyskane w Magdeburgu i Spandawie.

Obliczenie wymiarów części konstrukcyjnych jazu odcinkowego poprzedzić musi obliczenie wielkości parcia wody. Zazwyczaj przyjmuje się wypadek najniekorzystniejszy, a mianowicie, że górna woda spiętrzona jest aż do górnej krawędzi jazu, tudzież że dolnej wody nie ma. Przyjmując dowolną powierzchnię walcową (figura 5. tablica XIV.), otrzymujemy elementarne parcie wody na jednem metr długości jazu:

$$dW = y \, ds, \quad \text{jego składową poziomą } dH = y \, ds \sin \varphi, \quad \text{jego składową pionową } dV = y \, ds \cos \varphi.$$

$$\text{Ponieważ } ds \sin \varphi = dy, \quad \text{zaś } ds \cos \varphi = dx, \quad \text{zatem } dH = y \, dy, \quad dV = y \, dx.$$

Całkując obydwie równania w granicach od $y = 0$ do $y = y$ otrzymuje się:

$$H = \frac{y^2}{2}; \quad V = \int_0^y y \, dx, \quad \text{gdzie } y = f(x) \text{ przedstawia równanie krzywej ograniczającej ścianę jazu.}$$

Wartość H przedstawia składową poziomą parcia wody, która równa się jak wiadomo parciu wody na ścianę pionową $\left(\frac{y^2}{2}\right)$ przy wysokości stanu wody y , wartość zaś V przedstawia składową pionową, czyli wypór wody, równający się ciężarowi bryły wody o przekroju ABC .

Części konstrukcyjne muszą zatem być obliczane na powyższe parcie wody.

Najważniejszymi częściami konstrukcyjnymi są przedewszystkiem dźwigary główne, które wraz z dźwigarami końcowymi (ramionami końcowymi) tworzą ramę, przenoszącą ciśnienie na oś obrotu i łożyska i jako rama muszą być liczone.

Blachy liczy się jako podparte z czterech stron; według formuły Bacha:

$\sigma_{\max} = 0.5 \varphi \frac{a^2 + b^2}{a^2 \cdot b^2} \frac{p}{\delta^2}$, w której a , b , oznaczają długości boków, p ciśnienie na jednostkę powierzchni, δ grubość blachy, φ współczynnik doświadczalny, zależny od sposobu podparcia.

Całe parcie wody przenosi się na łożyska osadzone w murze filarów i przyczółków; z uwagi na składową pionową parcia wody (wypór wody) musi się łożyska te znakomicie zakotwić, co nieraz sprawia pewne konstrukcyjne trudności. Dlatego proponowano konstrukcję jazu odcinkowego o powierzchni spiętrzającej zwróconej stroną wklęsłą w stronę górnej wody; w takim razie wypadkowe parcie działa ku dołowi, a łożyska łatwiej zakotwić. (Vide jaz Pocheta Genie Civil 1890., Ctbl. d. B. 1890. str. 456, również jaz na Peltwi pod Barszczowicami tabl. XX.).

Ważną rzeczą, na którą przedewszystkiem przy jazach odcinkowych o dużej rozpiętości trzeba zwrócić uwagę, jest takie wykonanie, aby skutkiem parcia wody nie nastąpiło wygięcie dolnej krawędzi jazu. Krawędź ta musi pozostać pozioma i prosta, gdyż inaczej jaz nie będzie szczelny. W celu zapobieżenia takim odkształceniom, trzeba dolną i górną (poziomą) krawędź jazu silnie wzmocnić; jeżeli projektujemy dwa dźwigary główne, to one już krawędzie te należy ustalać, potrzebne będzie tylko rozparcie obu belek między sobą poprzecznymi (południkowymi) dźwigarami i blachami. Trudniejsza jest sprawa, jeżeli mamy do czynienia z jedną tylko belką główną (jazy pod Brandenburiem i Spandawą), przyczem części ściany spiętrzającej powyżej i poniżej belki głównej tworzą niejako wsporniki, narażone na wygięcie skutkiem parcia wody. Wsporniki te wykształca się jako silne, gęsto rozstawione (południkowe) żebra, o wysokich blachach stojących, usztywniających cały zeskład, nadto dolną i górną (poziomą) krawędź jazu należy szczególnie silnie zabezpieczyć i połączyć z pionowymi (południkowymi) żebrami.

Przy jazach odcinkowych stosuje się popęd obustronny ręczny, lub maszynowy. W pierwszym wypadku musi się zasuwać odciażyć zapomocą przeciwwagi, reszta ciężaru musi jednak wystarczyć do należytego przyciśnięcia jazu do progu, w celu uzyskania szczelności. W pewnych wypadkach wykonują zupełne zrównoważenie ciężaru zasuwy tak, że do otwarcia jazu nie potrzeba żadnej siły, a czas podnoszenia jest krótki; jeden robotnik wystarcza w takim razie przy windzie i musi zapomocą urządzenia hamującego regulować ruch jazu. W takim razie jednak, tak w położeniu najniższym, jak i najwyższym potrzebne są urządzenia ustalające położenie jazu.

Do uruchomienia jazu używa się lin drucianych lub łańcuchów Galla, które są lepsze, jednak droższe. Możliwe jest także zastosowanie trzonek ząbionych prostych lub łukowych; działają one dobrze, jednak są ciężkie i kosztowne. Zastosowanie trzonek dałoby jednak tę korzyść, że jaz zostałby w najniższym położeniu silnie do progu przyciśnięty.

W dalszym ciągu opiszemy szereg wykonanych jazów odcinkowych, zwracając uwagę na charakterystyczne znamiona konstrukcji (tablica XIV.).

1. Jaz odcinkowy w Brandenburgii na Haweli (fig. 6—10.). Przy przeprowadzaniu regulacji dolnej Haweli zaszła konieczność przebudowy starej drewnianej śluzy o 3 otworach po 1.60 m, na śluzę o znacznie większym otworze, zamykaną jazem ruchomym. Pierwotny projekt obejmował wykonanie jazu walcowego o jednym, 20-o metrowym świetle; koszt konstrukcji jazu ważącej wraz z wyciągiem 18 ton miały wynosić 17.500 koron. Dla porównania kosztów wykonano projekt jazu odcinkowego na 20 m, a potem z powodu pewnych trudności przeprowadzenia tego projektu (równocześnie miał być budowany most, dla którego z uwagi na wysokość konstrukcji światło 20-o metrowe było niemożliwe) zdecydowano się na 2 otwory po 10 metrów.

Figura 6. i 7. przedstawiają projektowane konstrukcje jazu odcinkowego o długości 20 i 10 m. Konstrukcja pierwsza przedstawia typ normalny o dwu belkach równoległych kratowych (b_1 i b_2), które przenoszą ciśnienie na łożyska. Obydwie belki były co 2 m między sobą rozparte, a blacha opierająca 8 m grubości wygięta według łuku kołowego, którego środek zgadzał się z osią obrotu. usztywniona była co 0.5 m kątowymi tężnikami.

Konstrukcja druga (fig. 7.) posiada tylko jedną belkę główną (c) i to wykonaną jako dźwigar blaszany o pełnej ścianie, położoną na kierunku wypadkowego ciśnienia; szkielet zasuwy stanowi zatem półramę. Przy tego rodzaju jazach trzeba się starać o to, aby z uwagi na szczelność, wygięcie poziome jazu było jak najmniejsze; w tym celu wykonano co 0.5 m kątowe tężniki (d), a co 2 m (co czwarty tężnik) rozpory ($e—e$), (oznaczone na figurze 7. liniami kreskowanymi), podpierające blachę opierającą, która wraz z tężnikami tworzyła poniżej i powyżej belki głównej niejako dwa wsporniki.

W roku 1909. złożono jaz i poddano go spiętrzeniu. Wkrótce okazało się jednak, że konstrukcja wygięła się znacznie, jak to wskazuje figura 10; w środku przy progu powstała szpara 8—9 cm szeroka. Powodem tego było zbyt słabe usztywnienie jazu wzdłuż górnej i dolnej krawędzi, a nadto i ta okoliczność, że wyjątkowo tylko ciśnienie przenosiło się na belkę c, zwykle zaś poniżej. Konstrukcja była zatem za słaba, wobec czego przeprowadzono jej wzmocnienie w sposób przedstawiony na fig. 8. Po odrzuceniu rozpór dano co drugi tężnik (co 1 metr) silną, 10-o milimetrową pełną blachę, którą na zewnętrznych krawędziach wzmocniono kątownikami; blachę tę przymocowano zapomocą przykładek. Następnie znowu poddano jaz spiętrzeniu, przyczem objawiły się nowe, chociaż mniejsze wygięcia. Ostateczne wzmocnienie wykonano przez przytwierdzenie na górnej krawędzi nakładki 200 × 20. Obecnie pewne odkształcenia jeszcze występują, jednak tylko przy krawędzi górnej; u spodu nie zauważono już wyginania się zasuwy.

Powodem tych odkształceń było wyginanie się łukowych usztywnień i to większe niż przewidywano, dalej skrócenie dźwigaru głównego. Doświadczenia tu uzyskane przemawiają stanowczo za użyciem zwykłej konstrukcji jazu odcinkowego, o dwu belkach głównych.

Co do dalszych szczegółów konstrukcji zauważa się, że urządzono popęd ręczny, gdyż warunki, w jakich jaz był wykonany nie wymagały zupełnie szybkiego otwierania jazu. Nie wykonano tu również przeciwwagi z powodu trudności konstrukcyjnych i dodatkowego kosztu.

Wyciąg ręczny posiada trzykrotne przeniesienie w stosunku 1:510. Z tego powodu, oraz z powodu użytego sposobu zawieszenia (fig. 6. tabl. XIV.), ciężar jaki pokonuje wyciąg zmniejsza się około o $\frac{1}{3}$ i wynosi 4400 kg, a potrzebna siła na korbie wynosi około 12,4 kg. Przyjmując promień korby 400 mm i chyżość obwodową 0,7 m sek otrzymuje się czas podniesienia zasuwy o 0,10 m równy: $\frac{0,10 \text{ m} \cdot 510}{0,7 \text{ m/sek}}$

= 73 sek = $1\frac{1}{8}$ min. Całkowite podniesienie zasuwy odcinkowej o całą wysokość 2,5 m wymaga czasu $\frac{2,5 \cdot 510}{0,7} = 1800 \text{ sek} = 30 \text{ minut}$, jednak w tych wyjątkowych wypadkach, gdzie jaz podnosi się całkiem w górę, używa się dwóch ludzi, przyczem chyżość obwodowa jest dwa razy tak wielka, a czas podnoszenia skraca się do połowy, tj. 15-u minut.

Zamykanie jazu jest bardzo proste i polega na zwalnianiu hamulca wstęgowego: jaz szybko spada w dół tak, że trzeba ruch ciągle hamować, aby nie nastąpiło uderzenie. Zamykanie trwa tylko 1—2 minut.

Uszczelnienie u spodu wykonano zapomocą belki dębowej przytwierdzonej do zasuwy u spodu, a opierającej się o gładko obrobione granitowe ciosy części stałej. Próbowano użyć przytwierdzonych do tej belki dwu smolowanych lin, jednak to uszczelnienie było gorsze jak sama belka dębowa; liny były uszkodzane przez przedmioty płynące tak, że stawały się same powodem nieszczelności i trzeba je było usunąć. Uszczelnienie boczne wykonano zapomocą dwumilimetrowej blaszki mosiężnej, przyciskanej ciśnieniem wody do kątowniki osadzonej w niszach (fig. 9. tabl. XIV.).

Porównanie kosztów konstrukcji żelaznej projektowanego jazu walcowego o długości 20-u metrów, oraz jazu odcinkowego (łącznie koszty zamknięcia dwóch otworów po 10 m) podaje następujące zestawienie:

	Ciężar w tonach		Koszta w koronach		U w a g a
	w całości	na 1 m ² przekroju	w całości	na 1 m ² przekroju	
a) projektowany jaz walcowy 20 m	18	0,450	21.000	525,6	wraz z wyciągiem
b) wykonany jaz odcinkowy 2 × 10 (po wzmocnieniu)	2 · 6,2 = 12,4	0,310	6.720	168,0	bez wyciągu i mostu służbowego
wyciąg (2 windy)			1.800	45,0	

2. Jaz odcinkowy w Spandawie (fig. 11. tabl. XIV.) posiada konstrukcję bardzo podobną; obserwowano tu podobne zjawiska, jak przy jazie poprzednim. Mamy tu znowu jedną belkę główną, tworzącą z dźwigarami końcowymi ramę. Światło jazu wynosi 6 m, do obliczenia przyjęto najwyższe

spiętrzenie 2'97 m z pominięciem parcia dolnej wody; przy tem spiętrzeniu przechodzi wypadkowa parcia wody przez oś ramy. Celem tego rodzaju konstrukcji było umożliwienie niskiego położenia mostu, opartego na przyczółkach jazowych, a przytem możliwe skrócenie przyczółków; przy podniesionym jazu most znajduje się w wolnej partii jazu, między częścią górną ściany spiętrzającej, a ramą. (Patrz kreskowane położenie jazu na figurze 11.).

Otóż i tu nastąpiło odkształcenie jazu powodujące nieszczelność; wystąpiło ono w dwóch formach, a mianowicie jako wygięcie zasuwy w górę i to rosnące od zera przy bokach ku środkowi, oraz poziome wygięcie górnej poziomej krawędzi jazu, w kierunku przeciwnym parciu wody. Autor powyżej podanego artykułu ¹⁾ podaje jako powód skrócenie głównego dźwigara, niezbyt silnie usztywnieniami ustalonego, nie uważa jednak tej konstrukcji za wadliwą, stwierdzając, że szkodliwych odkształceń można uniknąć przez skrzynkowe wykonanie ramy, silne uzbrojenie górnej i dolnej krawędzi i wykonanie skośnych rozpór między górną i dolną krawędzią, oraz belkę główną.

Co do dalszych szczegółów konstrukcyjnych tego jazu zauważa się, że do połączenia konstrukcji blaszanej jazu z jego osiami służą przykładki ze stali lanej. Uszczelnienie od spodu stanowi belka drewniana, przytwierdzona do dolnych żeber i kątówek usztywniających, uszczelnienie zaś z boku dwie belki, poruszające się między dwiema współśrodkowymi kątówkami. Małą szparę jaka tu powstaje zamula wkrótce woda.

Pozioma składowa ciśnienia łożyskowego zniesiona jest w ten sposób, że przenosi ją tylna ściana skrzynki łożyskowej na blok granitowy, a w dalszym ciągu zapomocą kotwicy złożonej z kształtki U, oraz kątówki na boczny mur betonowy; składową pionową przenosi kształtka U na dolny dźwigar poprzeczny, stanowiący kotwicę.

Uruchomienie jazu odbywa się zapomocą windy ze śrubą hamującą ruch wsteczny; winda utwierdzona jest na kładce założonej ponad wielką wodą. Cały jaz wisi na dwóch kalibrowanych łańcuchach pionowych i stycznych do jego krzywizny, przechodzących przez koła łańcuchowe i bloczki kierujące; obydwie łańcuchy są u spodu jazu przymocowane. Wspólna oś obu kół łańcuchowych połączona jest zapomocą kół czołowych z windą. Stosunki przeniesienia windy są tak dobrane, że jeden robotnik podnosi jaz w 1 minucie o 7 cm.

Odrębną od powyższej konstrukcję jazu odcinkowego zastosowano przy zamknięciu drugiego otwory służy w Spandawie (figura 12. i 13. tablicy XIV.). Jest to właściwa, typowa konstrukcja, o dwu belkach głównych g_1 i g_2 , oraz dwu ramach portalowych r_1 i r_2 , położonych w górnej i dolnej płaszczyźnie ograniczającej. Między obiema belkami głównymi znajduje się blacha opierająca łukowa, oparta na poprzecznych żebrach (w płaszczyznach pionowych), złożonych z kątówek $90 \times 250 \times 11$.

Uszczelnienie boczne wykonano tu inaczej; składa się ono z dębowych listew uszczelniających, przytwierdzonych z boku do żeber narożnych, które mają przednią powierzchnię wyciętą według tegosamego promienia, co blacha jazu. Dla większej szczelności przyśrubowano do przednich ścian listew paski skórzane. Uszczelnienie u spodu wykonano zapomocą listwy dębowej przytwierdzonej do dolnej ramy, oraz progu dębowego wpuszczonego w dno.

3. Jaz na Łabie w Kralowym Hradcu (fig. 14—16. tabl. XIV.). Służy on do celów kanalizacji rzeki, a przytem do wyzyskania siły wodnej w celu oświetlenia; według programu miał jaz spełniać następujące trudne warunki:

- a) Uzyskanie zupełnej szczelności celem umożliwienia ruchu turbin, nawet przy bardzo niskich stanach i bardzo zmiennych objętościach przepływu;
- b) Łatwość przepuszczenia grubego materiału rzecznoego;
- c) Możliwość spiętrzenia wody nawet w czasie pochodu lodów;
- d) Możliwość podniesienia jazu ponad najwyższą wielką wodę.

Wykonany jaz składa się z dwóch otworów po 18 m światła, zamykanych klapami odcinkowymi, oddzielonych filarem 3 m szerokim. Spiętrzenie normalne wynosi 3 metry, jaz jest jednak tak wykonany, aby można było z łatwością podnieść normalne spiętrzenie o 0'30 m, lub też zniżyć o 0'50 m.

Konstrukcja ruchoma obu otworów składa się z pryzmatycznego pływaka, w środku pustego, wykonanego z żelaza; ściana przednia zakrzywiona jest według łuku kołowego o promieniu 4'1 m,

¹⁾ Zentralblatt der Bauverwaltung 1913. Klehmet „Segmentschütz der Freiarche in Spandau.

²⁾ Ztschr. für Bauwesen 1914. H. 1—3. Max Buchholz, die Betriebseinrichtungen des Großschiffahrtsweges Berlin-Stettin.

zresztą kształt przekroju pływaką zbliża się do kształtu trójkąta równoramiennego. Obie ściany czołowe, stanowiące zamknięcie z obu boków, zaopatrzone są w dwa oka, jedno górne, drugie dolne, w które wchodzi czopy ramion obrotowych; zapomocą tych ramion cały system obracał się jest około osi poziomej. Drugie końce ramion jazu osadzone są excentrycznie do tej osi, a mianowicie na ramieniu korby o długości $150^m/m$. Korba ta pod względem konstrukcyjnym stanowi tarczę excentryczną, z nasadzonym pierścieniem excentra.

Cały system wisi na obustronnych łańcuchach Galla, z mosiężnymi wkładkami między przykładkami, z których każdy ma zapewniony udźwig 25 ton. Zawieszenie jest tak wykonane, że łańcuchy przytwierdzone są u spodu jazu, następnie opisują łuk ku górze, przechodzący przez środki górnych czopów ramion segmentu. Konstrukcyjnie wykonano ten łuk w ten sposób, że na ścianach czołowych jazu (zamykających go z boku) osadzono osobne dźwigary dla łańcuchów. Wolne końce łańcuchów przechodzą do wind służących do podnoszenia jazu.

W najniższym położeniu (jeżeli chce się otrzymać spiętrzenie o $0.30\ m$ niższe od normalnego), spoczywa jaz na lanych płytach osadzonych na wyskokach murów bocznych, w najwyższym położeniu dolna krawędź jazu wznosi się o $0.50\ m$ ponad przyjętą rzędną najwyższej wielkiej wody. W tem położeniu łańcuchy Galla są już zupełnie odwinęte z łuku jaki opasują (patrz górne kreskowane położenie jazu fig. 14. tabl. XIV.). Celem tego rodzaju zawieszenia jazu i przeprowadzenia łańcucha, jest uzyskanie możliwie korzystnego kierunku siły pociągowej w najwyższych położeniach jazu.

Popęd wind służących do podnoszenia jazu jest niezależny od ruchu wspomnianego excentra obrotowego, który odbywa się zapomocą śruby bez końca (ślimaka) i ząbionego wycinka kołowego (fig. 12.). Ruch przenosi pionowy wał silnika, służącego wyłącznie do poruszania excentra. Skutkiem ruchu excentra przesuwają się dolne ramiona obrotowe linearnie o mniej więcej $250^m/m$, a w dalszem następstwie obraca się cały pryzmat około przegubów górnych ramion, położonych po stronie ściany spiętrzającej. Następuje skutkiem tego oddalenie lub zbliżenie ruchomej części jazu do progu części stałej, względnie do uszczelniającej ramy drewnianej, składającej się z belki dolnej poziomej, biegnącej wzdłuż progu i z belek bocznych osadzonych w murach bocznych, o kształcie odpowiednim do kształtu walcowego ściany spiętrzającej. Przez przyciśnięcie części ruchomej jazu do tej ramy następuje szczelne zamknięcie górnej wody, natomiast przez odsunięcie części ruchomej powstaje szpara 200 milimetrowa, przez którą można wodę lub też rumowisko rzeczne, wypuścić.

Do podniesienia jazu o 1 metr w przeciągu $2\frac{1}{2}$ minut wystarcza jeden silnik o sile 5 H.P. Podniesienie jazu z najniższego do najwyższego położenia trwa 15 minut. Mechanizmy obu końców jazu są ze sobą sprzężone, zatem obydwaj jazy mogą być równocześnie z filaru środkowego uruchomione; do tej czynności wystarcza jeden człowiek.

Opisana konstrukcja jazów przedstawia nowy postęp w ich budowie; nowością jest tu przeprowadzenie konstrukcyjne przyciskania jazu do progu, w celu uszczelnienia, oraz oddalenia od progu, dla wypuszczenia wody i płukania. Niemniej jednak stwierdzić należy, że jest to konstrukcja bardzo skomplikowana, wymagająca bardzo starannego nadzoru. W roku 1913. zauważono pewne niedomagania przy wykonanym już i puszczone w ruch od dłuższego czasu jazy tak, że musiano zarządzić roboty w celu usunięcia błędów. Ostateczne zdanie o tym systemie można dopiero wypowiedzieć po dłuższym okresie funkcjonowania.

4. Konkursowy projekt jazu odcinkowego firmy Prašila w Pradze¹⁾ (fig. 17—19. tabl. XIII.) przedstawia konstrukcję przeznaczoną do zamknięcia otworu jazowego o świetle 15-u m . Składa się ona z części spiętrzającej wodę, oraz połączonych z nią dwóch ramion, tj. balansierów. Te balansierzy posiadają na końcach przeciwwagi i są obracalne około poziomej osi obrotu, skutkiem czego część spiętrzającą ukształtowaną jako odcinek koła, można spuścić na próg części stałej, albo też podnieść ponad najwyższą wielką wodę.

Ruch całego systemu odbywa się przymusowo zapomocą łańcuchów; mechanizm poruszający umieszczony jest w środku kładki służbowej. W razie wystąpienia wyjątkowych oporów ruchu, użyte będą osobne windy rezerwowe (śrubowe), o wielkim udźwigu.

¹⁾ Konkurs na projekt jazu ruchomego o rozpiętości 25-u lub 15-u metrów ogłoszony w r. 1906 przez Dyрекcję budowy dróg wodnych we Wiedniu, oraz Komisję regulacji rzek w Galicji i Czechach. Według warunków jaz o rozpiętości 15 m miał spiętrzać wodę o $3.0\ m$, przy różnicy stanów małej i wielkiej wody 4 m (vide publikacja podana powyżej pod 6.).

W celu regulowania stanu wody, oraz wypuszczania łodu, przewiduje projekt w części spiętrzającej osobną klapę do składania, stanowiącą niejako nadstawkę, poruszaną zapomocą tegosamego mechanizmu. Uruchomienie jazu ma być wyłącznie ręczne.

Część spiętrzająca (fig. 18.) składa się z trójbocznego graniastosłupa o długości 15-u metrów, przytwierdzonego z obu stron do balansierów. Ściana przednia jest częścią walca, którego oś schodzi się z osią obrotu jazu. Wszystkie trzy ściany boczne graniastosłupa składają się z pełnych blach żelaznych o grubości $10^m/m$ i stężone są wewnątrz w odstępach co $937^m/m$ piętnastoma trójkątami ściągawkami poprzecznymi. W narożach są te ścianki wycięte, aby woda i powietrze mogły swobodnie wchodzić i wychodzić. Nadto w celu uczynienia wnętrza jazu dostępnym, wykonane mają być w ściągawkach usztywniających koliste otwory 800 milimetrów średnicy. Wzdłuż całego jazu przebiega poniżej tych otworów kładka.

Jedną z głównych części konstrukcyjnych jazu jest nadstawka (figura 19-a), osadzona na górnej krawędzi jazu. Na tej krawędzi odlane są ucha, na których spoczywa pusty wał nadstawki, składający się z ośmiu części, każda zaś część posiada na obu częściach ramiona tak, że wogóle jest 16 ramion. Sąsiednie ramiona dwu części połączone są śrubami, skutkiem czego moment obrotu parcia wody przenosi się aż na oba końce wału do ramion końcowych, które są odpowiednio silnie wykształcone i przedłużone, tworząc dźwignie. Pusty wał nadstawki połączony jest ze wspomnianymi uchami zapomocą pięciu krótkich czopów pośrednich i dwóch długich czopów końcowych.

Powierzchnia nadstawki spoczywająca na górnej krawędzi jazu, jest okrągła i gładko obrobiona; celem zmniejszenia tarcia dano wkładkę brązową. Ścianę spiętrzającą nadstawki stanowi blacha opierająca $10^m/m$ gruba, kolisto wygięta, o promieniu równym promieniowi przedniej ściany jazu, tj. 5 m. Górna krawędź blachy jest odwinęta w celu stężenia, oraz uzyskania spokojnego przelewu. Celem osłabienia uderzenia przelewającej się wody dano na górnej ścianie jazu podłogę drewnianą. Do górnych końców wspomnianych końcowych ramion nadstawki przymocowane są łańcuchy, przechodzące przez koła mechanizmu popędowego, zapomocą których można nadstawkę postawić, lub położyć. Normalne spiętrzenie zmniejsza się skutkiem położenia nadstawki aż do 86 cm.

Dalszą główną część konstrukcji stanowią balansiery (figura 18-a), przytwierdzone do obu końców jazu i poruszające się we wycięciach (niszach) filarów; pozostające wolne światło między filarami, równe długości jazu i nadstawki, wynosi 15 m. Ponad jazem przechodzą balansiery w dwie wystające części w kształcie rogów; każda z nich posiada rynienkowate zagłębienie, w którym mieszczą się dwa łańcuchy przechodzące obok siebie. Jeden z nich przytwierdzony jest do dolnego końca balansiera, drugi do górnego końca rogowego przedłużenia; obydwa przechodzą w dalszym ciągu do mechanizmu popędowego. Zależnie od tego, czy się ciągnie za jeden, czy za drugi łańcuch, podnosi się jaz do góry, lub spuszcza na dół. Na dolnych końcach balansierów znajdują się ciężary przeciwważące, osadzone w ten sposób, że nie zwężają zupełnie światła. Przy podniesionym jazie ochronione są od uderzeń przedmiotów płynących, lub brył łodu, gdyż spoczywają w odpowiednim wcięciu filaru, względnie przyczółka.

Te ciężary mają być wykonane z większej liczby okrągłych płyt lanych osadzonych na trzpieniu, który wchodzi przez koniec balansiera. Balansierey przyjmują wszystkie obciążenia i parcie wody działające na konstrukcję ruchomą i przenoszą je na czopy obrotowe; każdy czop obrotowy spoczywa na dwóch łożyskach, jednak na filarze środkowym ma być łącznie tylko 3 łożyska, gdyż łożysko środkowe ma być wspólne. Łožyska muszą być odpowiednio zakotwione, przedewszystkiem z tego powodu, ponieważ są umieszczone na tylnych końcach filarów. Kotwy sięgają tak daleko, że cały ciężar filaru przeciwdziała przesunięciu łożysk.

Mechanizm popędowy umieszczony jest w środku kładki, skutkiem czego siła popędowa przenosi się symetrycznie na obie strony. Składa się on z dwóch bębnow osadzonych luźnie na wale. Między nimi przesuwają się kółko zębate zaklinowane z wałem, które sprzęgnąć można z jednym lub drugim bębniem, przez wsunięcie ich w ścianę boczną. Jeden bęben służy do uruchomienia nadstawki, drugi do uruchomienia samego jazu. Zapomocą wyciągu złożonego z korby, śruby bez końca i dwu kół czołowych, wprowadza się w obrót powyższe kółko zębate.

W pobliżu opisanych nasad balansierów w kształcie rogów, umieszczone są na filarach windy rezerwowe, zapomocą których można podnieść jaz bez pomocy mechanizmu popędowego. Są to zwykłe windy ze śrubą hamującą ruch wsteczny, o udźwigu trzy razy tak wielkim, jak udźwig mechanizmu popędowego.

W najwyższym i najniższym położeniu ustala się jaz zapomocą rygli, aby był zabezpieczony przeciw działaniu wiatru.

Uruchomienie jazu odbywa się w sposób następujący:

a) Ustawienie, względnie położenie nadstawki, odbywa się przez obrót windy, skutkiem czego obydwa łańcuchy, tj. tak lewostronny, jak i prawostronny, jeden od góry, drugi od dołu, równocześnie nawijają się na bęben, lub się odwijają;

b) Poruszanie jazu odbywa się podobnie. W rynienkowatych zagłębieniach balansierów i ich nasad przytwierdzone są u góry i u dołu łańcuchy (na każdy otwór przypada zatem 4 łańcuchy). Łańcuchy te biegną przez bloczki do drugiego (podwójnego) bębna mechanizmu popędowego. Przez obrót bębna w lewo lub w prawo podnosi się jaz w górę, lub spuszcza na dół.

Jazy o kilku otworach mogłyby mieć tylko w jednym otworze ruchomą nadstawkę, skutkiem czego wyciągi w otworach innych byłyby znacznie prostsze.

Do uruchomienia jazu potrzeba dwóch ludzi; przyjmując na jednego robotnika przy korbie 8 kgm/sek. otrzymuje się czas potrzebny do położenia nadstawki $\frac{1}{2}$ godziny, do podniesienia jazu 2 godziny, do ustawienia jazu (bez nadstawki) 20 minut.

Ciężar całej konstrukcji żelaznej (części ruchome, stałe, kładka, windy, rygle, uszczelnienia) ma wynosić $75,471 \text{ kg}$, kosztą $44,800$ koron.

5. Jaz odcinkowy na Wezerze w Hemelingen pod Bremą¹⁾. Wykonano go w celu podniesienia zwierciadła wody Wezery, która skutkiem regulacji znacznie obniżyła w tem miejscu swe łożysko. Dwie śluzy komorowe służą do przepuszczania statków.

Jaz składa się z części stałej, wznoszącej się 1.70 m ponad dno rzeki, oraz części ruchomej, wykonanej jako jaz odcinkowy (segmentowy). Cały jaz podzielono na 2 części po 54 m światła, z których każdą zamknięto jedną wielką klapą odcinkową (fig. 20., 21. i 22. tabl. XIV.). Część ruchoma jest 4.5 m wysoka i obraca się około osi poziomej. Na powierzchniach a i b (fig. 20.) znajdują się pełne blachy. Jaz ruchomy utrzymywany jest w wysokości odpowiadającej spiętrzeniu, skutkiem ciśnienia wody górnej na jego wewnętrzną powierzchnię; w czasie wielkiej wody chowa się on w zagłębienie w części stałej jazu.

W celu uruchomienia jazu wykonano w przyczółkach kanały oznaczone na figurze $C-B_1$, $D-R_1$ i $D-R_8$, oraz szyb $W.D.$ W szybie tym umieszczona jest rura teleskopowa, połączona u dołu z kanałem $D-B_1$, a składająca się z dwu rur, z których jedna wsuwa się w drugą. Górną rurę można podnosić i spuszczać zapomocą windy W . Jeżeli rurę teleskopową górną podniesie się w górę ponad spiętrzoną wodę, wtedy cały słup górnej wody działa na wewnętrzną powierzchnię kłapy (od spodu) i kłapa podnosi się oraz utrzymuje w położeniu górnem; natomiast gdy rurę tę opuści się na dół, przepływa przez nią woda ku górze, przelewa się przez jej górną krawędź i kanałem R_8 odpływa do dolnej wody. Wtedy ciśnienie na klapę od spodu maleje i kłapa opada, zagłębiając się w komorę wykonaną w części stałej. Zapomocą odpowiedniego urządzenia mechanicznego można także przymusowo klapę podnieść.

Celem przeszkodzenia zamarzaniu wody urządzono odpowiednie ogrzewanie. Uszczelnienie przednie wykonano zapomocą sztaby okrągłej, boczne zapomocą listew drewnianych przyciskanych do ścian sprężynami.

6. Jaz odcinkowy na Pełtwi pod Barszczowicami²⁾ wykonany w r. 1913 w celu nawodnienia doliny Pełtwi (tablica XX.).

Wysokość spiętrzenia wynosi 3.18 m , światło wolnego przepływu wody 8.40 m . Cały ten otwór zamyka jeden segment, podzielony zapomocą żeber pionowych na 10 równych pól. Do żeber przymocowana jest blacha grubości 8 m/m , która przyjmuje całe parcie wody i przenosi je zapomocą dwu podłużnic na dwie pary ramion, utwierdzonych osiowo w dźwigarze, przechodzącym przez cały otwór. Dźwigar obraca się naokoło czopów, w łożyskach umieszczonych na ścianach śluzy.

Wodę piętrzy się od strony wklęsłej segmentu, wskutek czego ramiona narażone są jedynie na ciągnięcie. Walcowa ściana blaszana sięga tylko do wysokości 2.70 m , reszta ściany

¹⁾ Deutsche Bauzeitung 1910.

²⁾ Projektował i wykonał z ramienia Biura meljoracyjnego Wydziału krajowego inżynier S. Posacki, któremu zawdzięczam daty tu podane. Konstrukcję żelazną wykonała firma br. Prašilów w Pradze.

o wysokości 90 cm składa się z 3 oddzielnych desek, umieszczonych między żebrami, które wyjmuje się zapomocą haka. Do obsługi tych zastawek służy lekka kładka, przytwierdzona do żeber.

Podnoszenie segmentu odbywa się zapomocą dwóch łańcuchów przytwierdzonych do segmentu u dołu, poruszanych mechanizmem umieszczonym na moście, który służy zarazem do komunikacji. Do obsługi wystarczy dwóch ludzi, czas podnoszenia trwa okragło 2 godziny. Zakotwienie jest w ten sposób umieszczone, że wykorzystano prawie cały ciężar przyczółków.

Fundowanie jazu w płynnym piasku wykonano na pilotach sosnowych. Ława żelazno-betonowa od strony ponuru pokryta jest kostkami granitowymi, od strony poszuru podłogą drewnianą; próg o który się opiera segment wykonano z bloków granitowych. Uszczelnienie boczne zapomocą listew mosiężnych konicznie ściętych okazało się doskonałe.

Koszta całego urządzenia wyniosły 40.000 koron, z czego na konstrukcję żelazną przypada 22.000 koron.

V. Jazy klapowe.

(*Klappenwehre, barrages mobiles à hausses*).

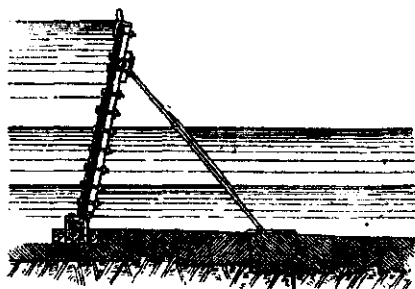
(Tablica XV. i XX.).

Jazy klapowe składają się z klap, czyli tablic, ustawionych obok siebie na części stałej jazu, pionowo, lub w pewnym pochyleniu. Służą one do powiększenia spiętrzenia wytworzonego już częścią stałą jazu i stanowią wtedy nadstawkę części stałej, lub też tworzą w całości ścianę spiętrzącą. W czasie wyższych stanów, lub pochodu lodów, ułożone są na części stałej jazu. Kłapy obracają się zazwyczaj około poziomej osi obrotu, która może być umieszczona u spodu kłapy, albo w $\frac{1}{3}$ lub $\frac{1}{2}$ wysokości, albo wreszcie u wierzchu kłapy. Pod względem uruchomienia rozróżnić należy a) kłapy ręcznie kładzione i ręcznie stawiane; b) kłapy kładące się samoczynnie, a ręcznie stawiane i wreszcie c) kłapy samoczynne, to znaczy kładące i podnoszące się samoczynnie skutkiem ciśnienia wody. Kłapy samoczynne stosowane są z korzyścią przedewszystkiem w kanałach służących do prowadzenia wody i przeznaczone są do regulowania stanu wody, na rzekach są rzadko używane,

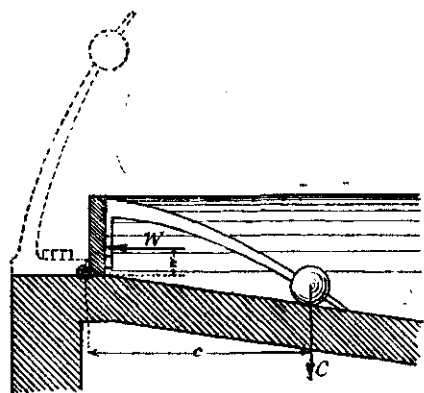
gdyż samoczynne działanie często zawodzi. Im system kłapy jest prostszy, tem więcej zasługuje na zaufanie.

Zauważyć również należy, że nie zawsze samoczynne kładzenie się jazu byłoby pożądane, nieraz nagłe otwarcie się jazu mogłoby wytworzyć zbyt silną falę, zagrażającą stałości brzegów.

Przykładem kłapy kładzonej i stawianej od ręki będzie zwykła kłapa z podporą (rys. 160.), przykładem kłapy samoczynnej naprzykład kłapa



Rys. 160.

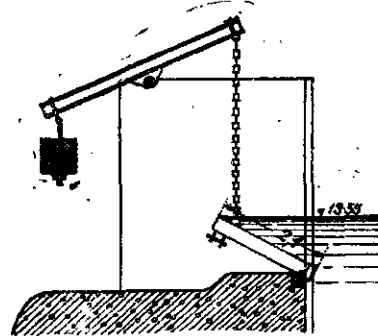


Rys. 161

Doella z przeciwwagą (rys. 161.), kładąca się wtedy, gdy moment obrotu ciśnienia W przewyższy moment obrotu przeciwwagi C .

Kłapę również zupełnie samoczynną przedstawia rysunek 162.

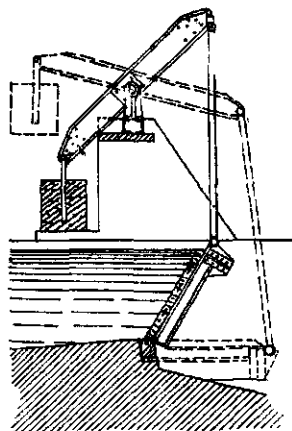
Jest to kłapa wykonana na James River pod Richmond; pojedyncze kłapy mają po 10,90 m długości i osadzone są między filarami, których odstęp wynosi od środka do środka 12,20 m. Są one drewniane, okute żelazem i obracają się naokoło zawiasu przytwierdzonego do dębowego progu, osadzonego w części stałej jazu. Do każdej kłapy przymocowane są na



Rys. 162.

końcach dwa łańcuchy, każdy z nich przytwierdzony jest drugim końcem do dźwigaru **I**, tworzącego

dźwignię i obracającego się naokoło osi poziomej, która leży na murze filaru; obie dźwignie usztywnione są ze sobą zapomocą dźwigaru **I**, przebiegającego równoległe do jazu. Każda dźwignia zrównoważona jest przeciwwagą, wykonaną jako kloć betonowy; przeciwwagi są tak obliczone, że gdy zwierciadło wody podniesie się ponad rzędną 13,55, kłapa się pochyla, a woda się przelewa i spiętrzenie nie wzrasta.



Rys. 163.

Podobne kłapy zastosowano w wielu miejscach do regulowania stanu wody w kanałach prowadzących wodę; rys. 163., oraz fotografia na tabl. XX. przedstawia automatyczny jaz kłapowy pod Zwillikon w kantonie zurychskim¹⁾.

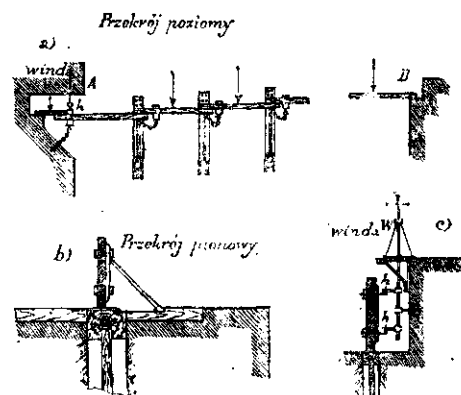
Do najprostszych konstrukcji należy również kłapa stosowana bardzo często jako zastawka na jazie stałym na rzekach górskich w W. Ks. Badeńskim. Na rzekach uregulowanych wykonano tu celem ustalenia dna stałe progi poprzeczne, na których stawiają niskie kłapy do spiętrzenia wody i wprowadzenia jej do rowów nawodniających (rys. 164.).

Zastawki kłapowe zachodzą za siebie na bokach (rysunek *a*) i w ten sposób opierają się ciśnieniu wody, prócz tego mają podpórki. Na jednym końcu skrajna zastawka przytrzymana jest zapomocą haków *h* do przyczółka (*A*), na drugim opiera się o występ przyczółka (*B*). Jeżeli zapomocą windy *W* z trzonem śrubowym podniesiemy kółka trzymające haki *h* w górę (rys. *c*), to zastawka skrajna, a za nią wszystkie inne się przewrócą. Kłapy te mają 0,4—0,6 m wysokości.

Stosowanie jazów kłapowych nie wszędzie jest możliwe, a to z tego powodu, że lody, rumowisko rzeczne i przedmioty pływające mogą je uszkadzać, nie trzeba jednak sądzić, jakoby zastosowanie jazów kłapowych na rzekach toczących żwir, tudzież mających silniejsze pochody łodów było wogóle niemożliwe. Jak słusznie stwierdza Hilgard, w Szwajcarii wykonano w wielu miejscach na takich rzekach jazy kłapowe, jako podwyższenie stałej części jazu.

Jako materiał kłap używane jest tak drzewo, jak i żelazo; zauważyć jednak trzeba, że kłapy opierzone drzewem są lepsze, gdyż z powodu większej sztywności nie tak łatwo wichrowaciej i są skutkiem tego szczelniejsze. Między kłapami pozostawia się zawsze kilkocentymetrowe odstępy, które można zamknąć drewnianymi beleczkami (iglicami).

Wogóle istnieje niezliczona ilość systemów kłap stosowanych przy zakładach o sile wodnej, urządzeniach meljoracyjnych, urządzeniach do żeglugi (kanalizacjach rzek) etc. — z tych systemów przedstawimy tylko niektóre nowsze typy, możliwe do szerszego zastosowania — z dawniejszych zaś te, które w rozwoju jazów kłapowych miały wybitniejsze znaczenie.



Rys. 164.

A. Kłapy o poziomej osi obrotu, umieszczonej u spodu.

Kłapy systemu Bollera, wykonane w Szwajcarii na Limmacie pod Dietikon, przedstawione są na fig. 1—4. tabl. XV. Jaz składa się z części stałej, wykonanej z pali i z kamieni i z części ruchomej kłapowej, przyczem na pewnej partji jazu wykonano kłapy przewracające się samoczynnie skutkiem ciśnienia wody, na innej przewraca się kłapy zapomocą łańcucha przeciągniętego wzdłuż kłap. Kłapy wykonane są z żelaza, z blachy 4^m/_m grubej, stężonej na krawędziach kątownikami, w środku zaś kształtkami **U**. Pozioma oś obrotu znajduje się u spodu kłapy i przymocowana jest do części stałej jazu. Od strony górnej wody znajduje się nóżka trzymająca kłapę w położeniu pionowym (przy innych systemach nóżka znajduje się zwykle po stronie dolnej wody). Nóżka wykonana jest z dwóch prętów żelaznych,

¹⁾ Stauwerke Zürich „Automatische Wasserspiegelregulierung“.

mających u spodu poziomą oś obrotu, u góry zaś hakowate zakończenie, którem chwytają za wierzch kłapy i utrzymuje ją w położeniu pionowym, w czasie gdy woda ma być piętrzona.

Jeżeli spiętrzenie ma być usunięte, natenczas kłapy się przewracają, przyczem układają się one na części stałej jazu. Przewracanie części kłap odbywa się zapomocą łańcucha biegnącego wzdłuż kłap i opierającego się na krążkach *K*, osadzonych na kłapach. Gdy jaz jest ustawiony, łańcuch położony jest między tymi krążkami, a hakowatymi zagięciami podpórek. Jeden koniec tego łańcucha znajduje się na brzegu i jest nawinięty na windę, do drugiego zaś końca przymocowany jest pręt stożkowato rozszerzony. Jeżeli zapomocą windy ciągnie się łańcuch wzdłuż jazu, natenczas stożkowate zakończenie łańcucha wciskając się między podpórkę kłapy a krążek wyhacza podpórki, a kłapy kolejno się przewracają.

Kłapy samoczynne przewracają się wtedy, gdy stan wody wzrośnie ponad normalne spiętrzenie. Wtedy powstaje dodatkowe parcie wody na górne, pomocnicze kłapy (fig. 4.), które mają poziomą oś obrotu, złączoną z górnym końcem podpórki. Kłapy te posiadają u spodu excentryczne rozszerzenie *E* (fig. 4.). Gdy stan wody wzrośnie do pewnej wysokości, wtedy parcie wody działające na górną kłapę obraca ją około jej osi, przyczem wspomniane excentryczne rozszerzenie *E* podnosi koniec podpórki do góry, a kłapa główna, pozbawiona górnego podparcia, przewraca się na część stałą jazu. Przewracanie się kłap następuje i tu nierównocześnie, gdyż opory tarcia na osi kłap pomocniczych, oraz opory powstające przy podnoszeniu podpórek w górę, nie są wszędzie jednakowe. Podnoszenie kłap odbywa się ręcznie z części stałej jazu, tudzież z pomocą pomostu, lub łodzi. Kłapy główne mają 1 m szerokości, a 1·10 m wysokości, kłapy pomocnicze są 0·40 m wysokie i 0·40 m szerokie.

2. Samoczynna kłapa z ciężarem górnym, toczącym się ¹⁾ (fig. 5—8. tabl. XV.), zastosowana w wielu miejscach w Szwarczji, Bawarii i i., przedstawia nowe i bardzo dobre rozwiązanie zadania.

Na rysunku przedstawiono kłapę wykonaną w Grafenau w Bawarii na potoku o dorzeczu 89 km². Miano tu zatem do czynienia ze znacznie większą objętością wielkiej wody, mała woda natomiast spadała do 0·3 m³/sek., skutkiem czego konstrukcja musiała być bardzo szczelna. Prócz tego liczyć się tu musiano ze spustem drzewa niezwiązanego, kłapy trzeba więc było tak wykonać, aby w czasie spustu nie zostały uszkodzone.

Ścianę spiętrzającą tworzy kłapa obracalna około osi poziomej, umieszczona między murami bocznymi. Długość kłapy wynosi 7·4 m, spiętrzenie 1·70 m, wysokość kłapy nachylonej pod kątem 60° do poziomu 2·03 m. Pokrycie kłapy stanowią dyle sosnowe 7 cm grube, podparte żelaznymi żebrami w odstępach co 1·20 m. Żebra te składają się z dwóch kształtek , połączonych u góry z dźwigarem głównym , o wysokości 42½ cm, u dołu zaś z laną wkładką łożyskową (fig. 7.). Na obu końcach kłapy przymocowane są sztaby przechodzące w liny druciane, których drugie końce owinięte są na końcach walca stanowiącego przeciwwagę; walec ten toczy się po torach umieszczonych na obu przyczółkach. Ciężar własny kłapy i parcie wody na nią wywołują ciągnięcia w linach. Ciągnięcie to jest tem większe, im wyższy jest stan wody powyżej kłapy, a zatem im większa jest wysokość przelewu. Ciągnięcie w linach wywołuje moment obrotu walca w odniesieniu do punktu jego zetknięcia z szynami — temu momentowi przeciwdziała moment ciężaru walca. Tor, po którym się toczy walec jest tak zakrzywiony, aby się momenty w każdym położeniu równoważyły. Aby zapobiedz ślizganiu się walca po szynach, nawinięte są na obu jego końcach osobne liny, z których każda przymocowana jest jednym końcem do górnej części przyczółka, drugim zaś końcem do walca. Kłapa złożona ma położenie poziome.

Łożyska obrotowe kłapy (fig. 7.) wykonano jako ostrza, przez co opór tarcia w osi redukuje się do minimum.

Ostrza wykonane są z najlepszej stali narzędziowej i zapuszczone w stal laną, stanowiącą dolne wypełnienie żeber kłapy. Kąt ostrza wynosi 30°, krawędź jest zaokrąglona promieniem 1 m/m. Ostrza opierają się o kozły łożyskowe ze stali lanej tak ukształtowane, aby obrót o 60° był możliwy. Kozłów jest 7, szerokość kozła wynosi 70 m/m, szerokość ostrza 80 m/m; na 1 m długości ostrza wypada obciążenie 26—29 kg. Kozły przytwierdzone są do żelaznego progu, wpuszczonego w jaz zapomocą klinów i śrub; położenie ich można regulować.

¹⁾ Ing. Huber „Automatische Stau- und Abflusvorrichtungen (Automatische Klappe mit Oberrollgewicht), Schweizerische Bauzeitung 1911.

Uszczelnienie musiało być bardzo starannie wykonane, zwłaszcza z tego powodu, aby nie dopuścić zapiaszczenia osi.

Uszczelnienie dolne (wzdłuż osi) wykonano zapomocą listwy drewnianej, grubej na 15 mm , ściśniętej dwiema blachami (fig. 7.). Listwa ta opiera się o otoczony walcowy płaszcz dolnej części kłapy, którego środek schodzi się ze środkiem osi obrotu; płaszcz ten przechodzi wzdłuż kłapy i ześrubowany jest z wypełnieniem ze stali lanej między dźwigarami żeber.

Uszczelnienie boczne (fig. 7.) wykonano zapomocą blachy zgiętej, działającej jak sprężyna; blacha ta przymocowana jest do kłapy i wypełnia dwucentymetrową wolną przestrzeń między klapą a murem.

Obydwa te uszczelnienia działają znakomicie tak, że prawie nie ma strat wody. Opór tarcia uszczelnienia dolnego jest bardzo mały, z powodu małego ramienia oporu, uszczelnienie boczne wywołuje większe tarcie, jednak przez odpowiedni dobór systemu uszczelnienia i materiału, można go zredukować; opór ten przy małych klapach ma większe znaczenie, jak przy dużych. Prócz wspomnianych sił działa na klapę także uderzenie wody płynącej — jest ono jednak wobec małych chyżości wody spiętrzonej nieznaczne i przy opisywanej klapie wynosi 55 kg/1 m. b. , podczas gdy parcie wody wynosi 2400 kg ; w obliczeniu zatem opory tarcia, oraz uderzenie wody pomija się.

Trudność stanowi zawsze oznaczenie poziomu dolnej wody — co ma znaczenie przedewszystkiem wtedy, jeżeli dolna woda tak wysoko się podniesie, że wywiera od strony dolnej parcie na klapę. Na rzekach i potokach o niezbyt wielkim spadku wznosi się dolna woda szybciej jak górna — gdy kłapa jest położona zdarza się, że walec przeciwważący zesuwa się w dół i podnosi trochę klapę — co z uwagi na spiętrzenie nie powinno następować. Wobec tego urządzono przy tych klapach zatrask, który zatrzymywał walec w najwyższym położeniu. Po opadnięciu wody trzeba w takim razie zatrask otworzyć, a walec zapomocą osobnej windy spuszczać tak daleko w dół, aż parcie wody zrównoważy jego ciężar.

Jak z tego opisu wynika, kłapa posiada 2 pary lin drucianych i osobną linę od windy, których końce nawinięte są kilkakrotnie na końcach toczącego się walca. Liny te przedstawione są w przekroju na figurze 8.; po lewej stronie mamy linę zapobiegającą ślizganiu się walca, po prawej linę ciągnącą (połączoną z klapą), w środku zaś linę od windy. W czasie ruchu, gdy kłapa spiętrza wodę, służy winda do przymusowego zniżenia lub położenia kłapy, w celu zmniejszenia spiętrzenia, lub płukania progów. Jeżeli winda ma być użyta, musi się owinać linę od windy na prawym końcu walca i przytwierdzić zapomocą trzpienia. Okazało się jednak, że takie postępowanie nastrocza pewne trudności, przedewszystkiem przy pośrednich położeniach walca, a nawet jest niebezpieczne, gdyż walec w razie zmiany w dopływie wody może się poruszyć. Dalej, przyjęty sposób przymocowania liny od windy wywołał konieczność umieszczenia windy w miejscu niekorzystnym, to jest na samym końcu muru. Z tych powodów przy innym jądzie wykonano to w ten sposób, że końca liny od windy nie przytwierdzono do końca walca, lecz na górnym końcu toru, poczem lina ta przechodzi przez blok przymocowany do walca, a wreszcie wraca do windy. W tym wypadku również zamiast lin do zapobiegania ślizganiu użyto trzonek ząbionych; zastosowanie ich jest konieczne w tym wypadku, jeżeli tor ma kształt wklęsły.

Ciężar przeciwważący (walec), składa się z rury blaszanej 6 mm grubości, wypełnionej betonem. Część środkową stanowi walec o średnicy 900 mm , przejście stanowi część stożkowa połączona na kołnierze. Obie części końcowe walca są otoczone i zaopatrzone rowkami dla lin ciągnących i liny przeciw ślizganiu. Tor wykonano z blach i kształtek żelaznych, przedstawionych na figurze 8.

Wykonane kłapy tej konstrukcji mają się zachowywać bardzo dobrze, nawet spusty drzewa trwające kilka dni zupełnie ich nie uszkadzają.

Na tablicy XX. podano fotografię tej kłapy (według „Stauwerke Zürich“ Automatische Wasser-spiegelregulierung).

B. Kłapy o osi obrotu poziomej, umieszczonej powyżej jednej trzeciej ich wysokości.

Zasadę tych kłap przedstawia schemat I. tabl. XV. Wypadkowa parcia wody W zaczepia przy normalnem spiętrzeniu zwykle poniżej osi obrotu O , skutkiem czego powstaje moment parcia $W \times e$, przeciwdziałający otwarciu kłapy; przy podwyższaniu się stanu wody górnej wypadkowa parcia wody przesuwa się w górę, a przy pewnym stanie przechodzi przez oś. Po przewyciężeniu tarcia na osi obrotu, przyjmuje kłapa położenie chwiejne (wahające) i może się otworzyć.

Przerachujmy siły i momenty działające na taką klapę (fig. 9.).

1) Wypadkowa parcia wody na klapę. (b długość klapy) będzie:

$$W = \gamma b \left\{ \frac{s+h}{2} \frac{h-s}{\cos \alpha} + \frac{h a}{\cos \alpha} \right\} = \frac{\gamma b}{2 \cos \alpha} [(a+h)^2 - a^2 - s^2].$$

2) Moment obrotu siły W ze względu na punkt A :

$$M = \gamma b \left\{ \frac{h^2}{2 \cos \alpha} \left(\frac{h}{3 \cos \alpha} + \frac{a}{\cos \alpha} \right) + \frac{h a^2}{2 \cos^2 \alpha} - \frac{s^2}{2 \cos \alpha} \left(\frac{s}{3 \cos \alpha} + \frac{h-s}{\cos \alpha} + \frac{a}{\cos \alpha} \right) \right\} =$$

$$= \frac{\gamma b}{6 \cos^2 \alpha} \left\{ (a+h)^3 - a^3 - s^2 [3(a+h) - 2s] \right\}$$

Ramię e , czyli excentryczność siły W , nazwiemy $+$ jeżeli W jest pod osią, zaś $-$ jeżeli W jest nad osią. Nazywając długość dolnej części klapy d , a górnej g' otrzymujemy:

3) $e = d - \frac{M}{W}$, ponieważ $W(d - e) = M$

4) Oddziaływanie $A = \frac{We}{d}$

5) Na oś przenosi się siła $S = \frac{W(d-e)}{d} = \frac{M}{d}$.

6) Chcąc przymusowo otworzyć klapę trzeba pokonać moment

$$We = Ad.$$

7) Obydwa ramiona klapy narażone są na moment zgięcia, którego max. jest w punkcie O (przy osi).

Moment ten jest:

$$M' = \gamma b \left\{ \frac{s}{2} + \frac{g' \cos \alpha}{2} \left(\frac{s}{\cos \alpha} + g' \right) \cdot \frac{\frac{s}{\cos \alpha} + g'}{3} - \frac{s}{2 \cos \alpha} \cdot s \left(\frac{s}{3 \cos \alpha} + g' \right) \right\}$$

$$M' = \frac{\gamma b}{6 \cos^2 \alpha} \left[(g' \cos \alpha + s)^3 - s^2 (3g' \cos \alpha + s) \right]; \text{ do tego momentu ciśnienia hydro-}$$

statycznego trzeba jednak dodać jeszcze moment uderzenia wody płynącej na klapę, które wynosi:

$$C = k \gamma F \frac{v^2 \cos^2 \alpha}{g}.$$

Dla ramienia górnego klapy można przyjąć $v \approx \sqrt{2gs}$, a ciśnienie przypadające na to ramię będzie

$$C = k \gamma b g' \frac{v^2 \cos^2 \alpha}{g} = 2 k \gamma b g' s \cos^2 \alpha.$$

Ramię tego ciśnienia jest $= \frac{g'}{2}$, zatem moment przy osi:

$$M'' = C \frac{g'}{2} = k \gamma s b g'^2 \cos^2 \alpha; k \text{ można przyjąć w przybliżeniu równe } 0.75.$$

Zastosowanie tego rodzaju klap może być bardzo obszerne, szczególnie w urządzeniach służących do regulowania stanu wody¹⁾, najwięcej jednak zasługuje tu na uwagę klapa systemu Chanoine, stosowana przy kanalizacjach rzek. Klapa ta wynaleziona jeszcze w roku 1850. i zastosowana przy kanalizacji Sekwany, została w ciągu czasu pod wielu względami ulepszona. Z uwagi na wielkie zalety tej klapy zastosowano ją w nowszych czasach w Ameryce przy kanalizacji rzeki Ohio i jej dopływów. Zanim

¹⁾ Patrz klapa Mirzy zastosowana w Bombay, Schweizerische Bauzeitung 1907. według „La huille blanche“. Klapa ta o wysokości 2.75 m, posiada oś obrotu poziomą, położoną w $\frac{1}{3}$ wysokości, otwiera się samoczynnie, gdy stan wody przewyższy klapę o 95 m, a zamyka, gdy stan wody spadnie o 127 m poniżej osi.

przejdziemy do szczegółów konstrukcyjnych nowszych urządzeń, przedstawimy pokrótce zasadę tej kłapy i rozwój jej konstrukcji na podstawie rysunków, przedstawionych na tablicy XV.

Kłapy Chanoine na górnej Sekwanie¹⁾ (fig. 9—14. tabl. XV.) służą do celów kanalizacji. Kłapa (fig. 9. i 10.) obraca się około osi poziomej O , leżącej między połową a dolną jedną trzecią wysokości kłapy. Ta oś obrotu $O—O$ znajduje się na podporze ramowej (fig. 9.), przedstawionej szczegółowo na fig. 12., całą zaś kłapę podpira nóżka widoczna z figury 9., a przedstawiona szczegółowo na figurze 13.; ta nóżka połączona jest przegubowo z podporą ramową w punkcie P (fig. 12.), dolny zaś jej koniec opiera się o odpowiednie łożysko. Podpora ramowa ma także swoją oś obrotu $M—N$ u spodu (fig. 12.), osadzoną w części stałej jazu.

Przy normalnym stanie, ciśnienie powstające skutkiem spiętrzenia wody jest większe na część kłapy dolną (poniżej osi obrotu położoną), jak na górną i kłapa pozostaje w spoczynku. Jeżeli jednak w łożysku rzeki przepływają większe objętości, stan wody górnej wzrasta, a równocześnie podnosi się i stan wody dolnej (poniżej kłapy) i wtedy ciśnienie wywarte na górną część kłapy staje się większe, jak ciśnienie na część dolną. Skutkiem tego kłapa zaczyna się odchyłać od progu, obracając się około osi obrotu, czyli zaczyna wahać. W dalszym ciągu przyjmuje położenie poziome, otwierając przestrzeń dotychczas przez nią zasłoniętą dla przepływu wody. W ten sposób powstaje do pewnego stopnia samoczynne regulowanie stanu wody, gdyż kłapy stopniowo się tylko otwierają i to jedna po drugiej.

Pewną regulację stanu wody uzyskuje się już zapomocą tzn. motylka (vanne papillon), tj. małej kłapy o osi poziomej, osadzonej w górnym ramieniu kłapy. Motylek ten uwidoczniiony na fig. 9. i 10. otwiera się najpierw, gdy ciśnienie wody na jego górną część wzrośnie.

W czasie wielkiej wody musi się naturalnie kłapy położyć na część stałą jazu, jak to przedstawia figura 9. Do tego celu służyło dawniej urządzenie zastosowane już przy kłapach systemu Thenarda, a polegające na tem, że wzdłuż części stałej jazu, w pobliżu dolnego końca nóżek podpierających, przebiega szyna żelazna (la barre à talons), zaopatrzona w pewnych odstępach poprzecznymi nasadami; przez poruszenie tej szyny zapomocą odpowiedniej windy umieszczonej na przyczółku, wytrąca się nóżki (arc — bôtant) z podpór w łożyskach, a kłapy przewracają się w stronę dolnej wody na część stałą. Podnoszenie kłap trwa dłużej i wykonywano je pierwotnie zapomocą windy osadzonej na statku, tuż powyżej jazu; winda ciągnie łańcuch przytwierdzony do końca dolnej części kłapy tak długo, aż nóżka wpadnie w podporę łożyskową, a kłapa przyjmie położenie poziome. Następnie cisnąc drągiem lub bosakiem na dolny koniec kłapy, obraca się ją do normalnego położenia, przyczem parcie wody przyciska jej dolny koniec do progu.

Ponieważ podnoszenie ze statku nie było wygodne, przeto wykonywano później powyżej jazu kładkę służbową na kozłach Poirée'go, po której poruszała się winda, jednak ten system nie mógł się rozpowszechnić, gdyż wykonanie było znacznie droższe, zwłaszcza że kozły narażone na stosunkowo znaczne siły przy ciągnięciu kłap, musiały być dość silnie zbudowane.

Konstrukcja kłapy. Rysunki na tablicy XV. przedstawiają kłapę jazów górnej Sekwany, zrekonstruowanych w roku 1881. celem uzyskania minimalnej głębokości 2 m. Kłapa wykonana jest z drzewa (fig. 10.); dwa silne słupy boczne $0,3 \times 0,2$, wraz z dwiema belkami poziomymi, górną i dolną, stanowią ramę wypełnioną pionowymi dylami. Użycie drzewa jest tu bardzo stosowne, ze względu na uderzenia jakim kłapa podlega. Przy przewracaniu kłapa jednak spada na dolną wodę, która znacznie osłabia uderzenie; prócz tego dodano na obu końcach słupów u góry dwa wsporniki drewniane, które kłapę przewróconą podpierają. Zaletą jest tu prosta konstrukcja tak, że sam dozorca jazu może przeprowadzać naprawy kłap. W obustronnych słupach osadzone są łożyska osi obrotu kłapy, której czopy $O—O$ (fig. 12.) stanowią górne zakończenie podpory ramowej (chevalet). U góry ma kłapa pierścień, u dołu strzemię do uchwycenia łańcuchem za skrzydło górne lub dolne kłapy (fig. 10.).

Wspomniana powyżej kłapa motylkowa (vanne papillon) (fig. 10.) ma 1 m wysokości, a 0,63 m szerokości i porusza się w otworze kłapy głównej ($1,02 \times 0,65$ m) około osi poziomej, osadzonej w obu słupach. Ta oś znajduje się w środku ciśnienia, tj. w $\frac{1}{3}$ wysokości motylka, skutkiem czego kłapy motylkowe można łatwo otworzyć i regulować zapomocą nich stan wody. Można by nawet dążyć do samoczynnego otwierania się kłap, ale doświadczenia okazały, że samoczynne otwieranie jest więcej

¹⁾ De Mas „Rivières canalisées”, Paris 1903.

przypadkowe i może być nawet szkodliwe, jeżeli nastąpi przedwcześnie, wobec tego otwiera się je od ręki, przez uderzenie bosakiem o górne skrzydło. Otwarcie motylka zwiększa stałość kłapy głównej, gdyż przenosi środek ciśnienia niżej. W nowszych wykonaniach zapobiegano nawet samoczynnemu otwieraniu przez dodanie odpowiednich rygli.

Co do wymiarów kłapy głównej to należy zauważyć, że pokonywano tu znaczne spiętrzenie; pod Port l'Anglais spiętrzenie wynosi 3,26 m, cała długość kłapy w kierunku wysokości 4,45 m; kłapa przedstawiona na rysunku ma długość 3,56 m. Szerokość kłapy przyjmowano zależnie od wysokości; w pierwszym wypadku wynosi ona 1,00 m, w drugim 1,25 m. Odstęp między kłapami wynosi maksymalnie 10 cm, na górnej Sekwanie przy szerokości kłap 1,25 m wynosił tylko 5 cm i zamykało się go dylami, lub iglicami kwadratowymi, ustawionymi na krawędź.

Winda różnicowa Levy'ego. Winda pierwotnie używana nie była przyrządem wystarczającym, gdyż nie opanowywała wszystkich ruchów kłap. Powstawały przypadkowe uderzenia, a często trzeba było kilka razy ciągnąć zapomocą łańcuchów przymocowanych do ramienia dolnego i górnego kłapy, aż nóżka wpadła w łożysko i podpora została ustalona. Wskutek wynalazku Levy'ego podnoszenie i kładzenie kłap stało się znacznie łatwiejsze i pewniejsze. Winda Levy'ego poruszająca się po pomoście służbowym na kozłach, posiada dwa bębny o różnych średnicach, osadzone na tym samym wale; stosunek średnic jest takisam, jak długości obu ramion kłapy; łańcuch przymocowany u wierzchu górnego ramienia kłapy przechodzi przez wielki łańcuch, przymocowany u spodu dolnego ramienia, przez mały bęben i to w kierunku przeciwnym, wobec tego kiedy jeden łańcuch nawija się na swój bęben, drugi się odwija. W czasie podnoszenia kłapy przez obracanie korby obydwa łańcuchy są napięte, żaden ruch, względnie obrót kłapy nie może się odbyć samoczynnie, a jeżeli podpora jeszcze dobrze nie zaskoczyła w łożysko, to nie może się wymknąć, lecz wystarczy kręcić dalej korbą, tj. dolny łańcuch nawijać, a górny odwijać, aż podpora stanie zupełnie pewnie na płaszczyźnie podporowej łożyska.

Jednak użycie ulepszonej windy i pomostu na kozłach było środkiem kosztownym, przeto starano się ulepszyć dawny system, polegający na podnoszeniu kłap z czołna. Jak to już poprzednio zaznaczono, opierano pierwotnie czołno zapomocą osobnych rozpór o kłapy, poczem zapomocą windy i łańcuchów kładziono kłapy sąsiednie, a kłapy skrajne można było kłaść z brzegów. Statek musiał się opierać o kłapy nisko, poniżej osi obrotu kłapy, co było łatwem przy stanie niskim, natomiast przy wezbraniach powstawały trudności. Wobec tego zaniechano opierania czołna o kłapy i zakotwiano czołno zapomocą liny w górze rzeki, a następnie przez nawijanie liny na windę znajdującą się na statku i odpowiednie manewrowanie, starano się statek ustawić w dogodnej odległości od kłap. Jednak i ten środek nie wystarczał, wobec czego użyto jeszcze innego sposobu. Powyżej jazu rozpięto w poprzek rzeki linę, utwierdzoną z jednej strony stałe na palu, której drugi koniec był przesuwalny wzdłuż brzegu na murze. Otóż na tej poprzecznej linie wisiał na bloku mały statek, z którym złączone było czołno do manewrowania; urządzenie to dozwalało na dokładne ustawienie się w pobliżu każdej kłapy.

Siły przeniesione przez kłapę na podpory. Na fig. 11. tabl. XV. oznaczono schematycznie nóżkę podporową i podporę ramową, przyczem przyjęto w przybliżeniu, że obie się schodzą w punkcie położonym na kłapie. Oznaczając literą H wysokość osi obrotu ponad progiem, l szerokość kłapy, α , β , γ kąty nachylenia zasuw, ramy podporowej i nóżki do pionu, p , q , wysokość stanów wody górnej i dolnej ponad próg, otrzymamy siłę przeniesioną na oś kłapy φ z równania:

$$\varphi \cdot \frac{H}{\cos \alpha} = \frac{p^2}{2 \cos \alpha} \cdot \frac{p}{3 \cos \alpha} - \frac{q^2}{2 \cos \alpha} \cdot \frac{q}{3 \cos \alpha}$$

$$\varphi = \frac{p^3 - q^3}{6 H \cos \alpha},$$

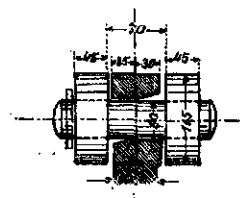
a rozkładając tę siłę w kierunku ramy i nóżki podporowej (figura 11. tablicy XV.), otrzymamy ciśnienie działające na nóżkę, oraz ciągnięcie działające na ramę. Gdy kłapa jest do nóżki prostopadła, ciśnienie jest najmniejsze i równa się ciśnieniu wody na kłapę, natomiast obie siły będą tem większe, im kłapa i nóżka będą stromsze, oraz im rama podporowa będzie od kłapy więcej odchylona. Z tego wynika, że korzystnie będzie o ile możności nóżkę przedłużyć, oraz dostatecznie kłapę nachylić; korzystny kąt nachylenia kłapy zależy od jej wysokości i zmienia się od 8° przy bardzo małych, aż do 20° przy bardzo dużych kłapach. Jaz przedstawiony na rysunku ma $\alpha = 15^\circ 26' 32''$.

Oś okrotu podpory ramowej należy zakotwić, gdyż jest ona narażona na wyrwanie.

Przy jazach wykonanych na Sekwanie osie obrotu nie leżą w tej samej wysokości, lecz oś obrotu nóżki leży 0,285 m niżej od osi obrotu kłapy. Siły będą w rzeczywistości trochę większe od poprzednio obliczonych, jednak różnica jest nieznaczna; rama podporowa narażona jest nadto na skręcenie.

Wysokość położenia osi obrotu kłapy wpływa w wysokim stopniu na funkcjonowanie jazu. W razie gdyby oś ta leżała w środku ciśnienia, tj. w $\frac{1}{3}$, kłapa byłaby w położeniu chwiejnym, wahałaby ciągle, a zatem nie spełniałaby zadania. Z drugiej strony, gdyby kłapę podeprzeć w środku wysokości, byłaby zupełnie nieruchoma. Pewna czułość kłapy jest dobra, bo pozwala regulować spiętrzenie, natomiast zbyt duża czułość nie jest stosowna, bo zbyt łatwe otwieranie się kłapy może mieć złe następstwa. Powiedzmy, że szereg kłap się otworzył, stanowisko górne się wypróżnia i obniża, dolne zaś napełnia i podnosi, a przez to reszta kłap zaczyna wahać i przepuszcza wodę. Wobec tego w praktyce umieszcza się oś obrotu między $\frac{1}{3}$ a połową wysokości kłapy i to przy kłapach niższych o wysoko położonym progu daje się górnemu ramieniu 0,36 całej wysokości kłapy, natomiast przy progu nisko założonym i kłapach wielkich, które nie mogą być zbyt czułe, wysokość górnego ramienia wzrasta do 0,49 całej wysokości, oś obrotu jest zatem umieszczona prawie w środku kłapy.

Dalsze szczegóły konstrukcyjne. Podpora ramowa i nóżka podpierająca przedstawione są na fig. 12. i 13. Obie wykonane są silnie z uwagi na przypadkowe uderzenia. Nóżka posiada mniej więcej w $\frac{1}{3}$ wysokości piecien, który może służyć do zaczepienia liny lub bosaka przy manipulowaniu z kłapą. U góry ma nóżka otwór, przez który przechodzi oś obrotu, osadzona we wspornikach w środku ramy.

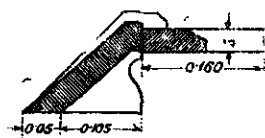


Rys. 165.

Jak to uwidocznia rys. 165. osadzenie osi jest takie, że może się ona trochę pochylić, co jest potrzebne przy odchyleniu nóżki przez szynę z nasadami. Nóżka oparta jest u spodu o łożysko podane na fig. 9., którego ściana prostopadła ją podpira. Łożyska są z żelaza lanego i posiadają z boku rynnę ograniczoną kierownicą. Gdy zapomocą szyny z nasadami (nosami) wyprzemy nóżkę podporową z łożyska, spód jej wejdzie w rynnę, a nóżka będzie się ślizgać wzdłuż kierownicy, wchodząc znowu w położenie prostopadłe do osi kłapy. Podczas podnoszenia nóżka przesuwa się w kierunku prostoliniowym w górę, aż zaskoczy za swe łożysko.

Szyna służąca do wyhaczania kłap posiada przekrój płaski $0,08 \times 0,03$ i zaopatrzona jest wyskokami 9-o centymetrowymi: przez przesunięcie podłużne szyny wyskoki cisną na nóżki i wypierają je, a kłapy się kładą. Szyna posuwa się w celu ułatwienia ruchu na wałkach, przesunięcie szyny w bok, oraz w górę, uniemożliwione jest zapomocą odpowiednich kierownic. Szyna leży po stronie górnej nówek podporowych (fig. 9.) i poruszana jest zapomocą windy, umieszczonej w przyczółku. Winda ta musi dawać dużą siłę, aby można było nawet zgnieść kamień, jaki się może dostać między wyskok szyny, a jakiś punkt stały; przy jazach na Mozie belgijskiej użyto windy ciągnącej z siłą 12000 kg. Szyna nie może być zbyt długa, gdyż działanie nie byłoby pewne; jeżeli otwór jazowy jest długi, natenczas daje się dwie szyny, z których każda poruszana jest z przeciwnej strony.

Wyskoków nie daje się w odstępach równych odstępowi kłap, lecz zmienia się ich odległość, gdyż chodzi o to, aby nie wszystkie kłapy zostały naraz przewrócone, lecz aby otwieranie jazu następowało stopniowo. Po przewróceniu wszystkich kłap należy zasuwę cofnąć wstecz do pierwotnego położenia. Zdarza się jednak często, że gdy ciągniemy kłapę silnie w górę w czasie stawiania jej, nóżka podporowa przeskakuje łożysko i oprze się dopiero o górną ścianę szyny, poczem trudno ją sprowadzić wstecz aż do oparcia się o łożysko.



Rys. 166.

Wobec tego wprowadzono dalsze ulepszenie polegające na tem, że na linii łożyska, na górnej stronie szyny, osadza się tzw. przeciw-łożysko, posiadające od strony górnej płaszczyznę skośną (rys. 166.). Gdy nóżka podporowa przeskoczy szynę, a następnie ciśnienie wody przypiera ją do szyny, nóżka nie może się oprzeć na tej skośnej płaszczyźnie, przechodzi wstecz przez szynę i opiera się na łożysku.

Łożyska szyny, tudzież dolna oś obrotu ramy podporowej, utwierdzone są w belkach dębowych, osadzonych w murowanej części stałej jazu (fig. 9.); jedna z tych belek położona po stronie górnej posiada wyskok, o który opiera się kłapa u spodu.

Dalsze ulepszenie tego systemu stanowi wreszcie zastosowanie łożyska Pasqueau (figura 14.). Łożysko to posiada dwa wyskoki; jeden ma to samo znaczenie, co przy zwykłym łożysku i służy do oparcia

stopy nóżki podpierającej, drugi, po stronie górnej tworzy róg, ukośnie do osi podłużnej nachylony. Podnoszenie kłapy odbywa się w sposób zwykły. Robotnik ciągnie windą za łańcuch przymocowany do dolnego skrzydła kłapy, aż nóżka podporowa wpadnie na pierwszy wyskok łożyska. Pozna się to przez stuk, jaki powstaje przy zaskoczeniu nóżki, a nadto, że pewne poprzednio już oznaczone ogniwo łańcucha zbliży się do windy. Wystarczy wtedy zwolnić łańcuch, a kłapa oprze się na nóżce.

Kładzenie natomiast odbywa się zupełnie inaczej; wystarczy tu ciągnąć za łańcuch przymocowany do dolnego skrzydła kłapy, aż kłapa zacznie wahać, następnie ciągnąć dalej, aż nóżka podporowa zeskoczy z wyskoku podpierającego na drugi wyskok i zesunie się po jego skośnej płaszczyźnie w dół, a kłapa położy się spokojnie bez uderzenia na część stałą. System ten usuwa zatem zupełnie siłę ciągnącą i wszelkie niedogodności z nią związane, a skutkiem tego także każda kłapa jest niezależna od sąsiednich. Urządzenie jest prostsze i tańsze, a działanie pewniejsze.

System ten zastosowano w roku 1879. na Saonie w pobliżu Lyonu, gdzie użyto kłap 4,36 m wysokich, a 1,40 m szerokich, o odstępach 10 cm. Powyżej kłap jest kładka służbowa na kozłach, po której porusza się mała winda parowa. Przepust zamknięty kłapami ma 103,6 m długości i zawiera 69 kłap. Podnoszenie kłap trwa 8 godzin, kładzenie 4,5 godziny. Kłapy są całe żelazne, z kształtek  i blachy 4 mm. Oś jest w środku kłapy, nie ma więc żadnej samoczynności.

Szereg jazów Chanoine'a z modyfikacją Pasqueau wykonano w Ameryce na Ohio, Big Sandy (figury 15 — 16.) i Mississipi. Na Ohio chodziło o zamknięcie wielkich przepustów i możliwie szybkie otwieranie w razie nagłych wezbrań. Pod L'île Davis wykonano kłapy w otworach o długości 170,5 m i 213 m. Na podstawie doświadczeń odrzucono wykonanie kładki służbowej, a kłapy podnosi i kładzie się z czołna, jednak użycie czołna w ten sposób, jak to było wykonywane we Francji, okazało się wobec znacznej długości przepustu niemożliwe. Wobec tego powiększono czołno i osadzono na niem lokomobilę i windę do podnoszenia i kładzenia kłap. Podnoszenie odbywa się przez ciągnięcie lin przymocowanych do dolnego końca kłapy, kładzenie zaś zupełnie odrębnie; czołno przechodzi przez kanał i służy komorową na dolną wodę i tu wywiera się na kłapy ciśnienie zapomocą sztaby żelaznej i kładzie się je po kolei. Jak z tego widać użycie kładki służbowej nie jest konieczne.

Oceniając system Chanoine'a zauważyć należy, że w każdym razie kłapy tego systemu oddały w praktyce wielkie usługi i w danych warunkach stanowiły udaną konstrukcję, mogącą służyć do zamykania wielkich otworów. Naturalnie, że nie są one urządzeniem tak pewnem jak jazy kozłowe, ani jak jazy zasuwowe z mostem górnym i odrzwiami ruchomymi, ale w pewnych warunkach wykonanie może być tańsze, nadto posiadają pewne korzyści, jak łatwość otwierania jazu, regulowania spiętrzenia, wreszcie samoczynność, która do pewnego stopnia może być wyzyskana.

Prof. Rychter¹⁾ uważa konstrukcję tych kłap jako zbyt ciężką powyżej 3 metrów spiętrzenia i podnosi ich zaletę, że pozwalają na szybkie otwarcie jazu, jednak zauważa, że co do łatwości regulowania spiętrzenia ustępują jazom iglicowym. Engels²⁾ sądzi, że system dawnych kłap Chanoine'a skutkiem różnych niedogodności został właściwie zarzucony, że jednak zasada ich jest zdrowa okazuje się z tego, iż po zastosowaniu łożyska Pasquau kłapy te doczekały się nowego wykonania. De Mas³⁾ podnosi jako korzyści systemu zupełną szczelność jazu, łatwość regulowania spiętrzenia, możność szybkiego otwarcia jazu, a wreszcie dłuższy okres funkcjonowania, gdyż jeszcze w początkach zlodzenia rzeki można bryły lodu przepuszczać przez jaz, nadając pojedynczym kłapom ruch oscylacyjny. Jednak pamiętać trzeba, że nagłe otwarcie jazu jest dla części stałej, a taksamo dla stanowiska dolnego, niebezpieczne.

Zastanowiliśmy się tu dłużej nad tym systemem, gdyż w każdym razie jest on wybitnym reprezentantem jazów kłapowych, a studjowanie ulepszeń i przeobrażeń jakim ulegał w ciągu czasu, jest nader pouczające.

Kłapy dwoiste. Z kłap dwoistych rozpowszechniły się w nowszych czasach systemy oparte na zasadzie kłapy White'a (zasadniczy typ pochodzi jeszcze z r. 1818.) i to szczególnie w Ameryce⁴⁾ przy kanalizacji Ohio i dopływów, oraz Thenarda (1829.) w Indjach Wschodnich. Zajmiemy się tu przedstawieniem pierwszego systemu.

¹⁾ „Budowa jazów“, Lwów, 1886. (autografja).

²⁾ „Handbuch des Wasserbaues“, Lipsk, 1914.

³⁾ „Rivières canalisées“, Paris, 1903.

⁴⁾ Kłapy tego systemu nazywają tam „Beartrap“ (łapka na niedźwiedzie), również nazywają te kłapy „hydrostatycznymi“.

System White'a polega na zastosowaniu dwu klap, z których dolna podpira górną (schemat *A, B, C*, tabl. XV.). Jeżeli przestrzeń pod klapami połączymy przez przestawienie odpowiedniej zasuwę lub wentyla z górną wodą (zapomocą kanału schemat *C*), natenczas skutkiem ciśnienia słupa górnej wody na kłapy od spodu, kłapy się podnoszą, natomiast jeżeli przestrzeń tę połączymy zapomocą kanału K_2 z dolną wodą, kłapy opadają, chowając się w zagłębienie części stałej jazu. Wynika z tego, że kłapy te są do pewnego stopnia samoczynne, działanie zaś ich jest stosunkowo proste.

Obliczenie konstrukcji kłap samoczynnych, lub częściowo samoczynnych i warunków ich podnoszenia się jest nieraz bardzo trudne i co do tego słusznie stwierdza Hilgard, że teoretyczne traktowanie takich jazów stoi znacznie w tyle poza ich praktycznem zastosowaniem. Dlatego konstrukcje te wymagają zawsze przeprowadzenia bardzo starannych doświadczeń na modelach próbnych.

Jeżeli weźmiemy pod uwagę zwykłą klapę White'a w położeniu przedstawionem na schemacie *C* tabl. XV. (kłapy złożone), natenczas aby kłapy po połączeniu komory pod klapami z kanałem górnym K_1 mogły się podnieść, musi być oddziaływanie P_2 ciśnienia wody na klapę dolną w punkcie *D* większe, od oddziaływania P_1 ciśnienia wody na klapę górną, w tym samym punkcie *D*. Przy obliczeniu powstają jednak różne trudności, a mianowicie:

a) trudność oznaczenia przebiegu zwierciadła wody na złożonym jazu, względnie oznaczenia różnicy poziomów wody na przestrzeni między kanałami K_1 i K_2 , mamy tu bowiem na całej długości spad zwierciadła zależny od stanu wody, oraz pewną koncentrację spadu przy *C*, tudzież

b) trudność oznaczenia z góry grubości kłap i ich ciężaru właściwego.

Przyjmijmy (rysunek 167.)

l_1 długość kłapy górnej

l_2 „ „ dolnej

P_1 ciężar kłapy górnej

P_2 „ „ dolnej, obydwa po odjęciu wyporu wody.

Aby kłapa dolna mogła się podnieść, musi na nią działać od spodu pewna nadwyżka ciśnienia *D*.

Skutkiem tego koniec kłapy dolnej cisnie od spodu na położoną klapę górną w punkcie *C* siłą $\frac{D}{2} - \frac{P}{2}$, a wielkość potrzebnej nadwyżki znajdziemy z równania momentów ze względu na punkt *A*.

$$\frac{1}{2} (D - P_2) \cdot l = P_1 \frac{l_1}{2}; \text{ skąd}$$

$$D = \frac{P_1 l_1 + P_2 l}{l}$$

$$\text{Jeżeli } P_1 = 250 \text{ kg} \quad l_1 = 4 \text{ m} \\ P_2 = 400 \text{ „} \quad l_2 = 6,1 \text{ m} \quad l = 1,70 \text{ m}$$

$$D = 188,2 \text{ kg/m. bież.} = \frac{188,2}{6,1} = 30 \text{ kg/m}^2.$$

Odpowiada to nadwyżce ciśnienia 3,09 cm, jednak trzeba jeszcze uwzględnić tarcie bloczka przy *C*, oraz tarcie w przegubach, razem około 10% tak, że potrzebna nadwyżka ciśnienia będzie 3,4 cm. Trzeba zatem, aby już na początku taka nadwyżka istniała, a więc aby część stała wytwarzała już małe spiętrzenie wody¹⁾.

Jak stwierdza Hilgard, do otwarcia kłap wykonanych z drzewa, lub wogóle w ten sposób, że ich ciężar właściwy mało się różni od ciężaru wody, wystarcza przy należytem wykonaniu rzeczywiście nadwyżka wynosząca kilka cm, przy nienależycie wykonanych klapach potrzeba do podniesienia nieraz i kilkudziesięciu cm.

Aby się kłapy mogły położyć, musi być kąt jaki ze sobą zawierają w górnym położeniu większy jak 90°; Hilgard doradza, aby wynosił około 110°. Dawniej wykonywano kłapy tak, że między klapą górną, a górnym końcem kłapy dolnej, było tarcie posuwiste, obecnie zamienia się je na potoczyste,

¹⁾ Patrz Engels Handbuch des Wasserbaues, 1914.

przez przytwierdzenie do górnego końca kłapy dolnej wałków. Aby kłapy należycie działały konieczną jest szczelność, oraz aby w miejscach $A-B-D$ ściśle przylegały. Regulowanie ruchu kłap, oraz wysokości ich ustawienia, odbywa się zupełnie wygodnie przez przemykanie i otwieranie zasuw kanałów.

Kłapy te jednak mają wady, do których należy znaczna szerokość części stałej, tarcie przy przesuwaniu się po sobie, trudność zamykania wielkich otworów bez filarów, trudność uzyskania szczelności itp.

Ulepszeniem do pewnego stopnia kłapy White'a jest **kłapa Parkera**. Jak widać ze schematu (tabl. XV. schemat d), przy klapie tej zamieniono tarcie posuwiste, względnie potoczyste (przy przesuwaniu się kłap po sobie), na tarcie w przegubach.

Kąt wierzchołkowy kłapy w najwyższym jej położeniu nie musi tu być większy jak 90° . Kłapy te wykonuje się tak z drzewa, jak i z żelaza, nadwyżkę ciśnieniu od spodu, potrzebną w chwili podniesienia kłapy, możnaby uzyskać także przez wykonanie kłap z wyporem wody.

W Ameryce używają tych kłap z bardzo dobrym skutkiem do zamknięcia otworów do przepuszczania drzewa i lodu, oraz przepustów dla statków w jazach; zazwyczaj ustawiają je w nurcie rzeki. Przy kanalizacji Ohio zaopatrzone 7 najnowszych stopni w otwory zamykane klapami tego systemu. Największą taką klapę wykonano na kanale chicagowskim pod Lockport; długość kłapy wynosi 45,75 m, spiętrzenie 5 m.

Jako przykład nowszych odmian kłapy White'a opiszemy dwie kłapy amerykańskie ¹⁾.

Kłapa wykonana na Ohio pod Freedom (figury 17—19. tablicy XV.). Jak widać z rysunku część stała jest murowana i fundowana na pilotach, podłoże stanowią kaszyce (drewniane skrzynie wypełnione kamieniem) i narzut kamienny. Jaz kłapowy składa się tu z dwu kłap systemu White'a, każda po 28 m długości, spiętrzających wodę o 2'60 m, przyczem korona części ruchomej wznosi się o 4'13 m ponad próg. Z powodu tych ogromnych rozmiarów musiano je wykonać przeważnie z żelaza i tak kłapa dolna czyli podpierająca wykonana jest całkowicie z żelaza, szkielet dźwigający wykonany jest z nitowanych dźwigarów podłużnych i poprzecznych, na których znajduje się obustronnie pokrycie z blach wypukłych. Cała ta kłapa przedstawia więc zupełnie szczelną skrzynię, wykonaną z żelaza zlewnego. Kłapa górna ma szkielet wykonany z dźwigarów żelaznych, którego pola pokryte są po stronie górnej wody drzewem.

Kłapa dolna (podpierająca) posiada u spodu zawiasy, u góry zaś kółka, zapomocą których w czasie obrotu toczy się po klapie górnej; szczegóły te widoczne są z figury 17. i 19.; figura 19. przedstawia jedno pole kłapy dolnej, ograniczone z boku dwoma dźwigarami poprzecznymi kształtu **I**, z jednej strony widać kółka, z drugiej zawiasy.

Figura 18. przedstawia dalsze szczegóły konstrukcyjne tej kłapy.

6. Kłapa systemu Parkera na Mississipi pod S. Paul (fig. 20. tabl. XV.) ²⁾. Jaz ten służy do regulowania stanów wody stanowiska górnego skanalizowanej rzeki Mississipi. Kłapy zamykają dwa otwory po 15'5 m światła, prócz tego jest tu jaz stały 164 m długi i śluza komorowa o 24 m światła i 95 m użytecznej długości. Jak widać z figury ³⁾, kłapy wykonane są z drzewa, podłoże jest również drewniane, oparte na kaszyczach. Wlot do kanału łączącego wodę górną ze spodem kłapy zamykany jest segmentem. Część stała jazu fundowana na ławie betonowej, w której puste miejsca wypełnia żwir. Pod ławą znajdują się piloty, opierające się końcami na skale (mięki piaskowiec).

VI. Jazy bębnowe.

(*Trommelwehr, barrage mobile à tambour*).

Są to właściwie również jazy kłapowe, nazwa zaś ich pochodzi od bębna, tj. zagłębienia w części stałej jazu, w którym obraca się dolna część kłapy. Nazywają je także **klapą Desfontaines'a** od pierw-

¹⁾ Neuere Bauarten des „Beartrap“-Klappewehres, Schweizerische Bauzeitung, 1910.

²⁾ Hilgard „Stauwerke, Bewegliche Wehre“, Handbuch der Ingenieurwissenschaften, 1912.

³⁾ Figura przedstawia klapę położoną i podniesioną.

szego ich wynalazcy. Od r. 1857. wykonano na skanalizowanej Marnie między Epernay a Charenton dwanaście przepustów zamkniętych temi klapami, długich na 30—63 m.

System ten przedstawimy na podstawie jazu wykonanego we Francji na Marnie pod Joinville-le-Pont (figury 1—7. tablicy XVI.)¹⁾.

Część stała jazu (fig. 1. i 2.) wykonana jest z muru kamiennego między ścianami szczelnymi i wznosi się 1,06 ponad dolną wodę; spiętrzone zwierciadło wznosi się 1,10 ponad koronę części stałej. Zagłębienie w części stałej, od góry tylko blachami zakryte, ma u góry 2,12 m szerokości i przechodzi wzdłuż całej długości jazu, wynoszącej 63 m. Ograniczenie tego zagłębienia po stronie górnej stanowi ściana kolista, u góry tylko pionowo ścięta, ograniczenie dolne ściana pionowa, o koronie 0,12 m niżej założonej jak korona ściany górnej; całość przedstawia niejako ćwierćkoła, połączonego z prostokątem. Całe to zagłębienie podzielone jest na poszczególne części, czyli bębny, 1,50 m długie, zapomocą blach żelaznych, wchodzących na całym obwodzie 8 cm w mur. W każdej z tych przegród znajdują się dwa wielkie otwory, jeden poziomy, drugi pionowy.

Każdy bęben posiada klapę z blachy żelaznej obracalną około osi poziomej czyli zawiasu, przedstawionego na fig. 3. Każdy zawias spoczywa końcami na dwu blachach ograniczających dany bęben i jest więcej zbliżony ku dolnej ścianie bębna, wypełniając różnicę poziomów korony obu ścian. Składa się on z rury lanej o średnicy wewnętrznej 12 cm i osi z żelaza kutego o średnicy 6 cm, ujętej sześcioma kołnierzami, odlanymi razem z rurą.

Kłapa dzieli się na dwa ramiona, górne i dolne, przedzielone osią obrotu, jednak sztywnie ze sobą złączone; ramię dolne jest od górnego około o $\frac{1}{10}$ dłuższe; ramię górne nazywają także klapą, a dolne przeciwklapą. Kłapa wykonana jest z dwóch arkuszy blachy 5^m/_m grubości i stężona trzema pionowymi żebrami o całkowitej długości 2,41 m, do których jest przyśrubowana; żebra krzyżują się z zawiasem, tworząc kołnierze ujmujące oś obrotu.

Jak widać z rysunku, tylko górne ramię jest proste, dolne zaś wygięte, a to w tym celu, aby gdy jaz jest otwarty (klapa położona), otwory górne (poziome) w ścianach przedziałowych nie zostały zakryte dolnem ramieniem klapy. Gdy jaz jest zamknięty (klapa postawiona), dolny koniec ramienia dolnego przytyka szczelnie do wysokości belki drewnianej u spodu bębna wmurowanej (fig. 2. i 4.) i w ten sposób ogranicza jej ruch. Wogóle kłapa może wykonać tylko ćwierć obrotu. Prócz tego wysokości ograniczają obrót klapy obustronne odsadzki w blasze przedzielającej bębny (fig. 5.), a wreszcie pozioma odsadzka odlana na rurze zawiasu (fig. 3.), o którą się opiera górna krawędź ramienia dolnego. W czasie obrotu dolny koniec ramienia dolnego nie ślizga się po kolistej ścianie bębna, lecz jest od niej oddalony o 4^m/_m. Ściana ta jest starannie wyprawiona zaprawą cementową.

W czasie gdy więc kłapa jest postawiona, przylega jej dolne ramię na wszystkich czterech krawędziach do ścian ograniczających i uszczelniona jest czterema paskami kauczuku przyśrubowanymi do jej dolnej ściany, w czasie obrotu natomiast przepuszcza wodę pod swą dolną krawędzią. To dolne ramię klapy dzieli bęben na dwie komory, komorę górną i dolną, z których każda zamknięta jest od góry poziomą blachą, opartą na murowanej ścianie bębna, dwu blachach ograniczających go, a wreszcie na wyskokach dwóch wsporników zawiasu. Z powyższego przedstawienia zrozumiałem jest, że objętość obu komór jest zmienna, zależnie od położenia dolnego ramienia klapy.

Do uruchomienia klapy służy następujące urządzenie: Otwory w ścianach przedziałowych bębnow (górny i dolny), oraz odpowiednie komory (górna i dolna), tworzą dwa przewody, z których każdy można połączyć bądźto z górną, bądźto to z dolną wodą. Gdy połączymy przewód górny z wodą górną, a przewód dolny z wodą dolną, powstaje skutkiem większej długości ramienia dolnego większe ciśnienie wody na ramię dolne, jak na górne i kłapa utrzymuje się w położeniu pionowem, a jaz jest zamknięty, łącząc natomiast przewód górny z wodą dolną, a przewód dolny z wodą górną, otrzymujemy w komorze dolnej większe ciśnienie, jak w górnej, a zatem i większe ciśnienie na ścianę dolną ramienia dolnego klapy, jak na jego ścianę górną i kłapa się kładzie. Do wykonania tego połączenia komór z górną i dolną wodą służą takzwane akwedukty, tj. kanały wykonane w przyczółkach i filarach (fig. 6. tabl. XVI.), na przedłużeniu przewodów powyżej opisanych. Mamy tu dwa szyby s—s, z których jeden łączy się z górną,

¹⁾ De Mas „Rivières canalisées“, Paris. 1903.

Cuënot „Rivières canalisées et canaux“, Paris, 1913.

De Lagréné „Cours de navigation interieure“, Paris, 1873.

a drugi z dolną wodą. Między tymi szybami są dwa kanały, górny k_1 i dolny k_2 , komunikujące z przewodami I, względnie II. Zapomocą zasuw z_1 i z_2 poruszanych wahaczem (balansierem), można przewód górny połączyć z wodą górną, a dolny z dolną, lub odwrotnie, a zatem postawić, lub położyć klapę.

Przy jazie tym możliwe jest także częściowe kładzenie klap. Spostrzeżono mianowicie, że jeżeli się równocześnie manipuluje zasuwami w przyczółku i we filarze i to w kierunku odwrotnym, część klap się kładzie, część zaś pozostaje w górze i w ten sposób można regulować spiętrzenie. Jednak ponieważ stan taki nie jest stały i wymagałby ciągłej pracy robotnika przy wahaczu, zastosował Desfontaines pewien środek umożliwiający częściowe otwarcie jazu (fig. 7.). Klapy otrzymują nóżkę opartą o łożyska f , które jednak nie posiadają żadnych występów, ani zębów zatrzymujących ruch klapy; w chwili kładzenia jazu nóżka ześlizguje się swobodnie z łożyska. Natomiast po stronie dolnej łożysk przebiega wzdłuż całego jazu sztaba, wykonana ze zwykłej kątówki, której żebro wzniesione posiada naprost nożek klap miejsca pełne lub wycięcia tak, że nożki trafiają albo w miejsce puste, skutkiem czego klapa kładzie się swobodnie, albo w miejsce pełne, przyczem klapa pozostaje zatrzymana, tworząc kąt 30° . Sztabę można przesuwac z brzegu zapomocą windy i w razie potrzeby resztę nóżek uwolnić. Otóż przez użycie jednej sztaby można wszystkie klapy podzielić na dwie partje, z których jedna położy się zupełnie, a druga pozostanie w położeniu pośrednim, przez użycie dwu sztab można podzielić na 3 partje itd. W każdym razie jednak użycie nóżek i sztaby nie jest środkiem pewnym, gdyż może się zdarzyć, że nie zdołamy uwolnić wszystkich klap, a wtedy wielka woda przepływa przez jaz tylko częściowo otwarty.

Zauważyć trzeba, że do podniesienia klap potrzeba pewnego początkowego ciśnienia, czyli różnicy poziomów między górną a dolną wodą; aby jaz należycie działał, musi różnica ta wynosić 60–80 cm. Uzyskuje się to przez wzniesienie części stałej, lub też jeżeli jaz składa się z kilku otworów, można przy zamkniętym jazie w innych otworach skutkiem wytworzonego spiętrzenia klapy podnosić.

System ten ma wielkie zalety, przedewszystkiem kładzenie klap odbywa się łatwo i szybko, odstęp między nimi wynosi zaledwie $10'''/m$. Jaz można zresztą otwierać z dowolną szybkością, co jest ważne, jeżeli chodzi o regulowanie spiętrzenia i przepuszczenie ciał płynących i lodu.

Dalej wszelkie manipulacje wykonuje się z brzegu, bez wysiłku, zapomocą kilku obrotów klucza. Wadą natomiast tego systemu jest powolne podnoszenie się klap, zależne od wielkości ciśnienia jakim rozporządzamy na początku. Podnoszenie to może trwać kilkanaście minut, ale może trwać i godzinę. Powodem tego mogą być przy małym ciśnieniu początkowym straty ciśnienia, skutkiem tego, że ramię dolne klapy położonej nie jest szczelne, lecz przepuszcza wodę, nadto powstają straty ciśnienia w samym przewodzie górnym, który przy położonej klapie jest zwężony. Pomimo tych wad klapa Desfontaines'a rozpowszechniła się we Francji, gdyż przedstawia konstrukcję wygodną dla manipulacji.

Na fig. 1. tabl. XVI. widzimy powyżej jazu małe kółki żelazne, które w razie potrzeby można postawić, oprzeć o nie dyle i zamknąć dopływ wody celem przedsięwzięcia naprawy klap.

Cały szereg klap bębnowych według pierwowzoru Desfontaines'a, jednak o zmodyfikowanej konstrukcji, wykonano w Niemczech, przeważnie w jazach kanalizacji rzek Menu, Odry, Sprewy, Gldy i i., w celu zamknięcia przepustów spławnych.

W przeciwieństwie do pierwowzoru wykonano klapy długie, jednolite, a nie złożone z wąskich elementów; długość klap wynosi od 5,20 m (Głda) do 12 m (jazy kanalizacji Menu). Wysokość ramienia górnego wynosi przy tych klapach około 2 m, a dolnego o 45% do 16% więcej. Wyjątkowo klapa w jazie pod Charlottenburgiem ma górne ramię aż 2,96 m, dolne 3,25 m wysokie. Podajemy tu krótki opis klapy umieszczonej w jazie na Odrze pod Opolem ¹⁾ (tabl. XIX. fig. 8–12.).

Zasada jazu jest tasama co przy klapie Desfontaines'a, dlatego nie będziemy jej bliżej wyjaśniać; klapa ma długości 9 m, wysokość ramienia górnego wynosi 1,82 m, dolnego 2,12 m, jest zatem o 16% większa. W obu filarach ograniczających otwór zamknięty klapą znajdują się dwa kanały, jeden prowadzący do górnej, drugi do dolnej wody, każdy zaś może być zapomocą odpowiedniego urządzenia połączony z górną, lub dolną komorą bębna. Wtedy gdy kanał idący od górnej wody łączy się z komorą górną, równocześnie zamyka się go od komory dolnej i odwrotnie. Na fig. 8. a–d tabl. XVI. uwidocz-

¹⁾ Zeitschrift für Bauwesen 1888., oraz Engelsa „Handbuch des Wasserbaues“, Lipsk i Berlin, 1914.; artykuły o tym typie jazów znajdują się w publikacji „Von der Staatsbauverwaltung in Bayern ausgeführte Straßen- Brücken- u. Wasserbauten“, München, 1906, wreszcie Zeitschrift für Bauwesen, 1886.

5) Tarcie czopowe. Kierunek i wielkość wypadkowej R działającej na oś oznaczmy z planu sił (fig. 11. e). Oznaczając literą r promień czopa, μ współczynnik tarcia, otrzymuje się moment tarcia czopowego:

$$M_t = + R_r \mu$$

Aby się kłapa podniosła, suma momentów ujemnych musi być większa od sumy momentów dodatnich.

$$M_g + M_{cd} > M_d + M_{cg} + M_t$$

b) Kładzenie kłapy. Komorę górną łączy się z wodą dolną, komorę dolną z wodą górną.

1) Przyjmujemy znowu najmniejszą różnicę poziomów wody górnej i dolnej i z tego tylko 0,8 h. (figura 12. a, b, c).

2) Ciśnienie wody wytwarza następujące momenty:

$$M_{g1} = + D_{g1} d_{g1}$$

$$M_{d1} = - D_{d1} d_{d1}$$

$$M_g = + D_g d_g$$

$$M_d = - D_d d_d$$

3) Uderzenie wody płynącej na górne ramię kłapy. Jeżeli v jest chyżością wody, F powierzchnią rzutu pionowego górnego ramienia, natenczas wynosi:

$$P = k \gamma F \frac{v^2}{2g}, \text{ przyczem } k = 1,5, \text{ a moment } M_p = P \cdot p \text{ (fig. 12. b).}$$

4) Ciężar ramienia dolnego nie wytwarza żadnego momentu, natomiast ciężar ramienia górnego moment:

$$M_c = C_g \cdot e \text{ (fig. 12. b).}$$

5) Tarcie czopowe. Wielkość siły wypadkowej cisnącej na oś R , wykreślonej na rysunku 12. b, widoczna jest z planu sił fig. 12. c, a moment tarcia czopowego $M_t = - R r \mu$, w czym r oznacza promień czopa, a μ współczynnik tarcia.

Aby się kłapa położyła, muszą momenty dodatnie mieć przewagę nad momentami ujemnymi, zatem

$$M_{g1} + M_g + M_p + M_c > M_{d1} + M_d + M_t$$

Rewizja komory i kłapy może się odbyć, jeżeli zamkniemy dopływ belkami włożonymi we wpusty murów, kanały zaś zasuwami; wtedy można jedną pokrywę komory odjąć, komorę wypompować i otworzyć otwór przełazowy w klapie.

CZĘŚĆ V.

Przejścia dla ryb.

(*Fisch-wege, -leiter, -treppen, echelles à poissons*).

(Tablica XVI.).

Są to urządzenia służące do umożliwienia rybom przejścia z dolnej do górnej wody i odwrotnie z górnej do dolnej wody przez stopnie sztuczne, jakie tworzą w rzekach jazy, lub też przez stopnie naturalne, jakie tworzą wodospady i szypoty.

Niektóre gatunki ryb, jak łososie i węgorze, odbywają długie wędrówki od wybrzeży morskich aż do górnych biegów rzek; są to rz. ryby wędrowne, ale i inne ryby, rz. ryby stałe, odbywają wędrówki w obrębie rzek, szukając odpowiedniego pożywienia, lub też miejsc głębszych w czasie posuchy. Łosoś żyjący w morzu wędruje do górnych biegów rzek, gdzie składa ikrę, a następnie powraca do morza, przeciwnie węgorz lęgnie się na wybrzeżach morskich, a małe węgorze, kilka do kilkunastu *cm* długości, wędrują w górę rzek, gdzie się osiedlają. Wędrówki te odbywają się na wiosnę i w lecie, zależnie od klimatu i ciepłoty wód, od marca do października, najżywszy ruch panuje od początku maja do końca sierpnia i to wyłącznie za dnia; w nocy ryby nie wędrują¹⁾.

Napotymane przeszkody, jak jazy i wodospady, starają się ryby przepłynąć, jeżeli to się nie uda to przeskoczyć, a jeżeli i to niemożliwe, czekają wyższego stanu wody, przy którym stopień w zwierciadle wody się zmniejsza. W wielu miejscach, po wykonaniu jazów bez przejść dla ryb, skonstatowano ubytek ryb w górnym biegu.

Największa wędrówka ryb przez jazy odbywa się naturalnie w czasie wielkich wód, gdy jaz ruchomy jest otwarty, a na jazie stałym stopień jest najmniejszy, budując jednak jaz trzeba rybom umożliwić przejście o każdej porze. Do tego celu służą rz. przepławki, lub schodki dla ryb, zwane także przesmykami, lub przechodami dla ryb; osobny dział tworzą przesmyki dla węgorzy, o których pomówimy na końcu.

Położenie, kształt, wymiary, spadki i objętości wody. Przejścia dla ryb są to zazwyczaj koryta przepływowe prostokątne, lub rynny drewniane, żelazne, lub murowane, (ewentualnie przy wodospadach, lub szypotach, kute w skale), umieszczone we filarach, przyczółkach, lub też obchodzące przyczółek dookoła, lub wreszcie osobne rynny idące od górnej do dolnej wody, położone przeważnie po stronie górnej jazu i przechodzące przez odpowiedni otwór w jazie (przedłużenie rynny w otworze jazu stałego, między dwoma kozłami jazu iglicowego itp.). Rynna taka założona jest w odpowiednim spadzie i posiada ściany boczne (policzki) oraz dno płaskie, lub przegrodzone ściankami poprzecznymi, względnie stopniami. Jeżeli przegrody te nie sięgają przez całą szerokość rynny, w takim razie nazywamy przejścia przepławkami, jeżeli zaś sięgają przez całą szerokość, nazywamy je schodkami dla ryb.

¹⁾ Gerhardt „Die Fischwege“, Hdb. d. Ing.-Wissenschaften, Stauwerke, Berlin, 1912.

Denil „Les echelles à poissons et leur application aux barrages de Meuse et d'Ourthe“, Annales des travaux publics de Belgique 1909.

Przez takie schodki mogłyby ryby tylko przeskakiwać, jednak w przegrodach tych robi się u dołu otwory, a u góry zagłębienia, celem umożliwienia także przepływania. Osobny rodzaj stanowią tzw. ukośne przejścia stosowane przy wodospadach, a wyjątkowo przy jazach. Naturalne wodospady mają często warunki umożliwiające rybom przeskakiwanie z miejsca na miejsce — do tego trzeba, aby na pochyłości wodospadu były w niewielkich odstępach miejsca głębsze (stawki), w których ryba po skoku może spocząć i przygotować się do nowego skoku, aż do następnego zagłębienia. Jeżeli takich zagłębień niema, lub są niewystarczające, to można je przez rozsadzenie skały w wodospadzie wytworzyć. Zazwyczaj urządza się je ukośnie do spadu wody, celem zmniejszenia spadku, który wynosić ma 1:12 — 1:30. Takie same ukośne przejścia można urządzać i w jazach stałych, wykonując skośną rynnę i wgłębienia w pewnych odstępach, jednak urządzenie takie jest kosztowne i powoduje znaczne straty wody (od 1000 *lt/sek* do kilku tysięcy).

Najważniejszą rzeczą jest takie urządzenie przejścia, aby je ryby mogły z łatwością znaleźć. Przedewszystkiem ryby idą tą częścią koryta rzeki, gdzie jest największa głębokość i prąd najsilniejszy, przejście powinno zatem leżeć o ile możności w pobliżu nurtu rzeki. Dalej ryba przybywszy do jazu dąży za prądem wody, w jazach zatem z poza których wychodzą kanały z wodą płynącą umieszczać należy przejścia blisko wlotu kanału, w jazach kanalizacji rzek w miejscach najgłębszych, a więc w pobliżu przepustu dla statków. Jeżeli umieszcza się przejście w przyczółku, to należy wykonać je przy tym brzegu, przy którym znajduje się prąd wody. Ważną rzeczą jest należyte wykonanie i umieszczenie wlotu i wylotu przepławki. Przedewszystkiem tak wlot po stronie górnej, jak i wylot po stronie dolnej, muszą leżeć stale pod najniższym stanem wody, a głębokość wody ponad dno rynny ma wynosić przy każdym stanie przynajmniej 0,4—0,5 *m*. Wylot po stronie dolnej wody nie może być oddalony od stopy jazu, gdyż ryba przybywająca tu, o ile jej się uda przeskoczyć przez jaz od razu na górny poziom, posuwa się wzdłuż jazu szukając przejścia. Jeżeli by zatem wylot był oddalony od stopy jazu to ryba może go nie znaleźć, gdyż idzie tam, gdzie jest najsilniejszy prąd i gdzie woda najwięcej szumi. Natomiast wlot po stronie górnej jazu może być od jego korony odsunięty w stronę górną i zazwyczaj przeważna część przejścia dla ryb leży po stronie górnej jazu. Tak wlot, jak i wylot, muszą leżeć blisko zwierciadła górnej, względnie dolnej wody, a nie głęboko pod zwierciadłem; jeżeli stan dolnej wody jest zmienny, to robi się kilka wylotów ponad sobą, zamykanych zastawkami, dalej musi być wlot wody zabezpieczony przeciw dostawaniu się przedmiotów płynących.

Rynna stanowiąca przejście nie powinna być zupełnie ciemna, gdyż ryby niechętnie przez nią idą, może być zatem od góry otwarta, jeżeli się ją jednak ze względów konstrukcyjnych, lub celem zapobieżenia kradzieży ryb, od góry przykrywa, lub przesklepia, to należy się starać o to, aby wlot i wylot miały dostateczne światło, nadto można i wewnątrz oświetlić zapomocą szybów świetlnych.

Przejścia dla ryb zasilane są z górnej wody, która następnie przez nie przepływa. Zasiłek musi być taki, aby była na całej długości pewna minimalna głębokość wystarczająca do przepłynięcia, przynajmniej 0,3—0,4 *m*, jeżeli zaś ryby mają przeskakiwać, to między przegrodami powinny być miejsca głębsze około 0,6 *m*. Naturalnie, że przy jazach przemysłowych, lub meljoracyjnych, objętość przepływająca przez przejście stanowi stratę wody, którą należy możliwie ograniczyć. Z drugiej strony wpuszczenie zbyt wielkich objętości do przepławki również nie jest pożądane, gdyż powstają przez to wielkie chyżości, utrudniające rybom przechód. Przyjmuje się wprawdzie, że łososi mogą przeskakiwać przeszkody 1,5 *m* wysokości, oraz płynąć pod prąd wody o chyżości do 5-u metrów, (a pstrągi przez przeszkody 0,5 *m* wysokie i pokonywać chyżości do 3 *m*), jednak do cyfr tych przy urządzaniu przechodów nie można dochodzić, choćby z uwagi na znużenie ryb, oraz ze względu na to, że przepławki mają być dostępne i dla innych słabszych gatunków. Widać często przy przejściach źle wykonanych, o zbyt dużych chyżościach, nieżywe ryby w pobliżu przejść. Przy wykonanych przejściach, ilość wody przepływającej przez nie waha w szerokich granicach, powiedzmy między 250 a 650 *lt/sek*. Celem regulowania dopływającej ilości wody należy przy wlocie umieścić zastawkę; przy małych zakładach o sile wodnej można w czasie braku wody, oraz w okresach kiedy ryby nie wędrują, dopływ zamykać.

W związku z ilością wody, głębokością i chyżością jest także spadek przejścia. Nie ulega wątpliwości, że im spadek jest mniejszy, tem przejście jest wygodniejsze i lepiej spełnia swe zadanie. Podzieliliśmy powyżej przejścia na przepławki i schodki dla ryb; otóż pierwsze muszą mieć spadki stosunkowo mniejsze, drugie mogą mieć spadki większe. Normalne spadki w przepławkach wynoszą 1:10 — 1:12, wyjątkowo 1:6, a nawet jeszcze stromsze; przejścia schodkowe wygodnie wykonane mają często również

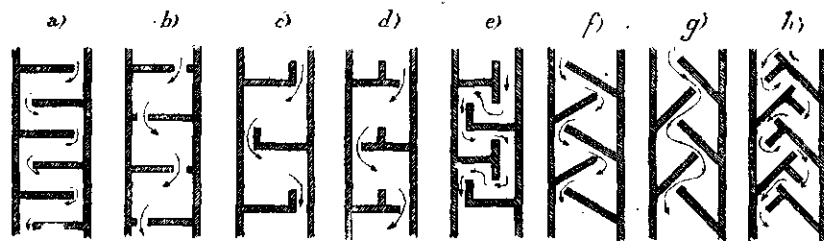
łagodne spadki, powiedzmy około 1:10, jednak nowsze konstrukcje mają spadki 1:4 — 1:3, a nawet 1:1,5 i 1:1. Tak strome jednak pochylenie jak w dwóch ostatnich wypadkach nie jest do zalecenia, gdyż nie zostało jeszcze w praktyce dostatecznie zbadane.

Wogóle dążyć należy do tego, aby chyżość wody w przejściu dla ryb nie przekraczała w żadnym miejscu 2—3 m, a różnice poziomów przy przejściach schodkowych między poszczególnymi przegrodami nie były większe jak 0,20 (dla pstrągów), do 0,25 — 0,40 (dla łososi).

Szerokość rynien stanowiących przejścia dla łososi przyjmuje się normalnie 2—2,5 m (na Wełtawie przyjęto 1,5 m), dla pstrągów od 0,8 w górę. Obecnie na podstawie doświadczeń Denila zaczyna się ustalać zapatrywanie, że można przy odpowiedniej konstrukcji przejścia szerokość znacznie zmniejszyć i należałoby raczej wykonać w tym samym jazie kilka węższych rynien, jak wykonywać przejście zbyt szerokie.

Ściany i dno przejść nie powinny być gładkie, lecz owszem szorstkie, aby utrudniać przepływ wody i miarkować chyżość, krawędzie powinny być zaokrąglone; przy urządzeniu ścianek przedziałowych należy unikać powstawania takich prądów skośnych, któreby trafiały rybę z boku, gdzie ona ma wielką powierzchnię. W praktyce przyjęły się więcej przejścia schodkowe jak przepławki, gdyż można przy nich stosować większe spadki, przejście jest krótsze, a zatem tańsze.

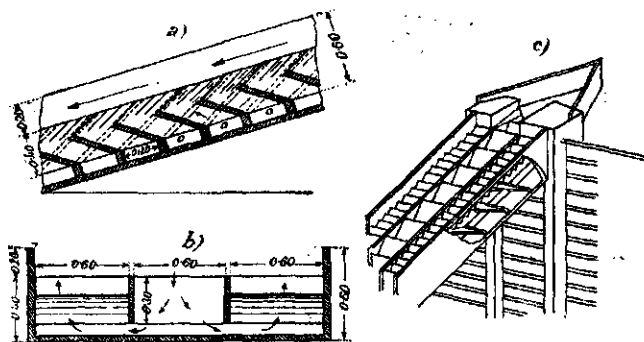
a) Przepławki. Tylko przy jazach o bardzo małym spadzie wykonuje się rynnę bez przegródek, zazwyczaj trzeba chyżość prądu wody zmniejszać zapomocą ścian poprzecznych, których ułożenie może być rozmaite. Na rys. 168. a—h podane są różne sposoby urządzenia przegród; szczególnie w Ameryce wysilano się na obmyślenie takiego ich ułożenia, aby chyżość przepływu była mała, przy możliwie dużym spadku, a zatem jaknajwiększym ograniczeniu długości. Zauważa się, że przestrzeń wolna między policzkiem przepławki a końcem ścianki przedziałowej powinna wynosić przynajmniej 0,3 m, a szerokość przestrzeni między dwiema przegrodami powinna być mniej więcej taka, jak cała szerokość przepławki.



Rys. 168. a—h.

szczególnie odpowiedni patentowany system Bracketa (rys. 168. e), dla którego uważano spadek 1:6 jako wystarczający, jednak z powodu licznych przegród musi być przepławka znacznie rozszerzona (2, 3—4 m). W Europie wykonano taką przepławkę w Norwegii na rzeka Sire przy wodospadzie Rjukan. Cała przepławka wykonana jest jako drewniana rynna, przegródki są również z drzewa. Górną część przepławki stanowi rów kuty w skale, założony w spadku 1:180, mający 73 m długości, a 2,82 m szerokości i założona jest w spadku 1:7—1:8. Cały spadek na przestrzeni 285 m wynosi 17 m¹⁾.

Oryginalny choć skomplikowany typ przedstawia amerykańska przepławka Mac Donalda (rys. 169. a, b, c), należąca do rz. przepławek z prądem wstecznym. Jest to rynna z drzewa lub z żelaza, podzielana ścianami podłużnymi na 3 części; ściany boczne są wyższe od ścian środkowych. Dno wszystkich trzech części poprzegradzane jest poprzecznymi progami, w sposób przedstawiony na rys. 169. a), prócz tego zaś wszystkie trzy części posiadają poprzeczne przegródki, w części środkowej liniami kreskowanymi, a w częściach bocznych liniami pełnymi oznaczone. Wlot wody spiętrzonej wykonany jest tylko na szerokość rynny środkowej, wobec tego woda wchodzi

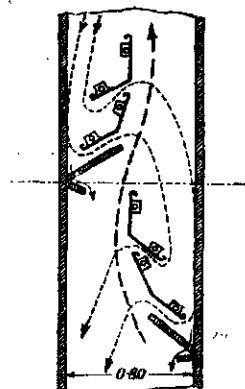


Rys. 169.

¹⁾ M. Struckel „der Wasserbau“, Helsingfors i Lipsk, 1897.

do rynien bocznych tylko od spodu otworami *O* między poprzecznymi progami i wznosi się ku górze między przegródkami w kierunku przeciwnym do spadku, opadając znowu górą do rynny środkowej. Uzyskuje się przez to powolny ruch wody tak, że spadki mogą dojść do 1:3. Nowszy typ Mac Donalda przedstawia rysunek 170.

Do przepławek o prądzie wstecznym należy również przepławka Caméré'go, wykonana w całym szeregu jazów we Francji. Odnacza się ona prostotą konstrukcji, oraz tem, że niema tu żadnych ścianek przedziałowych, lecz prąd wsteczny uzyskuje się przez wypływ wody zewnętrznej od spodu, przez otwory w ścianie dzielącej przepławkę na dwie partje nad sobą położone (dawniejszy typ pod Martot) (fig. 13. tabl. XIX.), lub też przez 18 otworów w dnie przepławki, nie posiadającej ściany dzielącej (fig. 14. tabl. XIX.). Otwory mają kształt klinowy i sięgają przez całą szerokość przepławki, tworząc szpary mające u wylotu $50 \frac{m}{m}$ szerokości; szerokość tę można zapomocą zasuvek regulować. W nowszym typie Martot zamiast klinowego kształtu otworów widzimy kątownik nachyloną pod kątem 45° , kierującą prąd wsteczny w kierunku ukośnym. Spadek przepławki wynosi 1:4¹⁾, a cała przepławka włożona jest między dwa kozły jazu iglicowego i oparta na dolnym końcu o próg jazu, na górnym zawieszona na łańcuchach wiszących na palach tak, że położenie jej może być regulowane. Maximalne chyżości podano przez Caméré'go miały wynosić 2,62—3,30 na powierzchni, tudzież 2,11—2,35 w środku profilu; światło przepływu przepławki wynosiło 0,90 m, objętość przepływająca 450—600 *lt/sek*, koszt 2400—3000 koron.



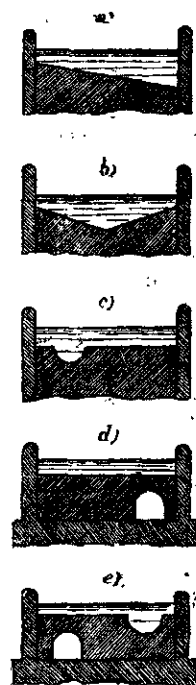
Rys. 170.

Denil wykonał w Belgji na Mozie pod d'Angleur w r. 1907. przepławkę typu Caméré'go w spadku 1:4, poczem przeprowadził całe studjum hydrologiczne, mierząc chyżości rurką Pitota. Okazało się, że w przepławce tej chyżości teoretyczne odpowiadające spadkowi, doznają skutkiem prądów wstecznych tylko nieznacznego zmniejszenia i że daty podane przez Caméré'go są mylne. Przy spadzie 1:4, teoretyczna chyżość powierzchniowa, odpowiadająca spadkowi h , $v = \sqrt{2gh}$, redukuje się tylko według stosunku 1:0,72. W przepławce Caméré'go pod d'Angleur, o absolutnym spadzie 3,45 m, chyżość powierzchniowa dochodziła do 5,60 m, a spostrzeżenia przeprowadzone w kwietniu 1908. roku, w czasie kiedy całe gromady łososi gromadziły się pod jazem, stwierdziły, że ryby ani płynąc, ani skacząc, przez przepławkę przejść nie mogły. Wobec tego musiano system ten zarzucić i Denil obmyślił inny system, o którym w dalszym ciągu pomówimy.

Wogóle, oceniając przepławki z prądem wstecznym zauważyć trzeba, że zawiodły one oczekiwania; przepławki Mac Donalda należą już zdaje się do historii, praktyczne badania okazały, że nie zmniejszają one chyżości w dostatecznym stopniu, nadto liczne przegrody i skomplikowane kierunki prądu mylą rybę, która nadto narażona jest na uderzenie prądu z boku. Co do przepławek Caméré'go, to znaczenie ich silnie zostało zachwiane przez badania Denila i zdaje się, że w praktyce nie będą dalej wykonywane.

b) Przejścia schodkowe. Powiedzieliśmy, że są one częściej stosowane jak przepławki, gdyż z powodu urządzenia przegródek przez całą szerokość rynny, mogą być zakładane w większych spadkach.

Gdyby się wykonało przegrody o koronie poziomej i bez żadnych otworów, to woda mogłaby się tylko przelewać przez koronę przegródek, a ryby mogłyby się dostawać z jednego do drugiego przedziału tylko przez przeskoczenie. Takie przejścia byłyby jednak niewygodne, dlatego wykonuje się tylko schodki umożliwiające także przepłynięcie, bądźto przez obniżenie korony przegród, według typów podanych na rysunku 171. *a—c*, bądźteż przez wykonanie w przegrodach otworów do przejścia (tz. przepławka Cail'a), jak to wskazują rysunki *d—e*. Zagłębienia, względnie otwory, powinny się znajdować w przegrodach raz z jednej, raz z drugiej strony, aby skutkiem



Rys. 171.

¹⁾ Przy innych zwiększono spadki do 1:3,5.

przedłużenia drogi wody zmniejszyć jej chyżość. Szerokość otworu powinna wynosić przynajmniej 0,3 m, głębokość 0,35—0,40 m.

Wymiary przejść schodkowych dla łososi wykonanych w praktyce, obejmuje następująca tabelka (według Denila):

	Granica górną	Średnio	Granica dolną	U w a g a
Nachylenie	1 : 6,5	1 : 9	1 : 13	1,5 przy kanalizacji Wełtawy
Długość basenów między ściankami przedziałowemi	2,10	2,50	3,00	
Szerokość koryta	1,80	2,00	2,50	
Głębokość wody	0,50	0,60	0,70	
Różnica poziomów poszczególnych basenów . . .	0,38	0,30	0,25	
Wymiary otworów, jeżeli istnieje przelew przez koronę przegród	0,25/0,30	0,30/0,35	0,40/0,40	
Wymiary otworów, jeżeli nie ma przelewu . . .	0,40/0,40	0,40/0,45	0,45/0,45	

Pierwowzorem całego szeregu przejść schodkowych było **przejście schodkowe**, wykonane w Niemczech **na Wezerze pod Hameln** w roku 1887. Wykonano je w środku jazu skośnie do jego kierunku; długość cała wynosi 26 m, szerokość 2,4 m; długość basenów, których jest razem 8, wynosi 2,5 m. Otwory w przegrodach są prostokątne 0,35 × 0,35, różnice poziomów basenów wynoszą 0,33 m. Całe przejście wykonane z betonu i nakryte jest od góry stropem na dźwigarach żelaznych. Koszt wykonania był znaczny, wynosił bowiem 24,000 koron.

Na tablicy XVI. fig. 16. a — b podane jest **przejście schodkowe kanalizacji Menu** w jazach między Frankfurtem a ujściem do Renu. Jak widać założone jest ono przy lewym przyczółku i obchodzi go dookoła. Składa się z basenów 2,5 m szerokości, a 2,5—3,2 m długości, wysokość przegród wynosi 0,8 m, różnica poziomów 0,3 m. Wykonano je w ten sposób, że na ławie betonowej 0,5 m grubości osadzono ściany boczne z kamienia łamanego, oraz przegrody z płyt piaskowcowych 0,3 m grube. W przegrodach tych u góry, raz z prawej, raz z lewej strony, znajdują się półkoliste zagłębienia o średnicy 0,6 m. Początek przejścia stanowi kanał 1,2 m szeroki, zamykany zastawką drewnianą. Przez przegrody odbywa się przelew 0,1 m grubości. Koszta przejścia wyniosły przy jazach kanalizacji Menu od 5000 do 8500 koron. Aby zwabić rybę w to miejsce gdzie jest przejście, wyciąga się w jazu kilka iglic na długości 9 m od przyczółka, celem wytworzenia prądu wody w pobliżu przejścia.

Na fig. 16. i 17. tabl. XVI. przedstawione są **schodki dla ryb kanalizacji Wełtawy i Łaby**. Rzut poziomy jest łamany, przejście obchodzi również przyczółek jazowy i jest z góry przesklepione. Szerokość przejścia wynosi 1,5 m, długość komór 2 m, przegrody mają 75 cm wysokości, różnica poziomów poszczególnych stopni wynosi 30 cm. Przegrody wykonane są z betonu o grubości 15 cm i mają u spodu otwory, a u góry zagłębienia 50 cm szerokie. Ściany boczne i dno wykonane są z szorstkiego muru. Przy prowadzeniu przejścia w nasypie fundowano mury boczne głęboko na zwięzłym gruncie, a samo koryto spoczywa na sklepieniu.

W Steti na Łabie użyto innego systemu przegród; zamiast przedziałek kamiennych dano drewniane, z których jedna otwarta jest od dołu, następna zaś przymyka od dołu zupełnie, natomiast ma przelew u góry, przez koronę niżej położoną. Stopnie w dnie zwiększone są na 60 cm, jednak znajdują się tylko przy przegrodach u dołu zamkniętych.

Fig. 18. tabl. XVI. przedstawia typ przejścia stosowanego powszechnie w Bawarii, (Iller, Rose-nau)¹⁾. Jak widać przedstawia on przepławkę, a nie schodki, gdyż przegrody nie sięgają przez całą szerokość. Spadek wynosi 1:10, szerokość 2,00; przepławka ta odznacza się prostotą konstrukcji, o ile zatem chyżości przepływu nie są zbyt wielkie, przedstawia ona przejście wygodne. Dopływ wody reguluje się tu zapomocą zastawki drewnianej.

¹⁾ „Die Wasserkräfte Bayerns“, Monachium, 1907.

Jak to z powyższego przedstawienia rzeczy wynika, przejście dla ryb wykonane według dotychczas przyjętych zasad, o odpowiedniej szerokości i w odpowiednim spadku, z muru lub betonu, przedstawiają obiekt kosztowny, na który sobie można pozwolić przy wielkich jazach, o znacznych ogólnych kosztach, natomiast przy jazach mniejszych obciążają nadmiernie kosztorys. Dlatego konstruktorzy dążą ciągle do stworzenia rynny drewnianej lub żelaznej, tanio zbudowanej, możliwie krótkiej, a zatem w dużym spadku wykonanej, jednak w ten sposób, aby chyżości przepływu były stosunkowo nieznaczne. Dalej na podstawie spostrzeżeń z natury ugruntowuje się przekonanie, że wykonywanie tak szerokich przejść jak dotychczas (2—3 m), nie jest potrzebne i nawet dla łososi można przy odpowiedniej konstrukcji ograniczyć szerokość na 60—80 cm, a w razie potrzeby raczej wykonać kilka przejść w jednym jazu. W ostatnich latach wybił się na pierwszy plan pomysł Denil'a¹⁾, a to dzięki gruntownym studjom hydrologicznym i obserwacjom praktycznym, wykonanym przez niego w tym przedmiocie.

Denil zwraca przedewszystkiem uwagę na to, że zwykły typ przejścia jest budowlą, która przybrała przesadne rozmiary, przyczem jednak powierzchnia użyteczna, tj. powierzchnia otworu, wynosi zaledwie około $\frac{1}{7}$ całego przekroju. Dlatego odrzuca zasadę budowania przejść z basenami oddzielnymi przegrodami, o krętym przepływie wody, lecz stwarza przejście proste, ukształtując dno i ściany boczne w ten sposób, aby ruch wody był powstrzymywany, czyli tłumiony. Typ przepławki Denila wykonanej na Mozie i Ourthe przedstawia fig. 10. tabl. XVI. Elementem tłumiącym ruch wody są tz. przegrody tłumiące (*parois d'amortissement*, *amortisseurs*); są to wzniesienia kończące się krawędzią w stronie górnej wody, mające kształt rogów. Przebiegają one wzdłuż całego dna łamiąc się w środku pod kątem, oraz na całej wysokości ścian bocznych. Powodują one wytworzenie się strug w kierunku wstecznym, a zatem zaburzenia ruchu zmniejszające znacznie chyżość przepływu. Kształt tych przegród przestudjowano gruntownie na korytach próbnym.

Pomiary chyżości okazały, że formuły empiryczne dla przepływu w łóżyskach nie stosują się do tego rodzaju łóżyska, o tak nadmiernej szorstkości, względnie trzeba by ich najwyższy współczynnik szorstkości kilkakrotnie powiększyć. Przy spadku rynny 1:4, (0,25), otrzymano przez pomiar przy różnych głębokościach wody, w korycie mającem między przegrodami bocznymi 0,58 m szerokości, następujące chyżości w osi rynny:

Głębokość	chyżość największa na powierzchni	chyżość średnia
0,24 m	2,30 m	1,87 m
0,35 „	2,70 „	2,20 „
0,47 „	3,10 „	2,42 „
1,00 „	3,30 „	2,91 „

Największa chyżość średnia (asymptotyczna, otrzymana z wykresu krzywej chyżości) wynosiła 3,53 m. Chyżości te są więc takie, że przejście może być dostępne nie tylko dla łososi, ale i dla ryb słabszych, nawet dla zwykłych białych ryb. Denil nabrał wreszcie na podstawie doświadczeń przekonania, że powiększenie spadku aż do granicy 1:1 stosunkowo nieznacznie zwiększa chyżości i wykonywał przejście o spadkach znacznie większych jak 1:4, aż do nachylenia pod kątem 45°. Jak słusznie stwierdza jednak Gerhard większe nachylenie jak 1:4 nie jest do polecenia.

Ważną zaletą jest taniość wykonania; Denil ocenia koszt rynny na 1 metr spadku pionowego na 320 franków, przyczem wykonać ją można z drzewa, lub z blachy żelaznej. Szerokość wolna wynosi 0,5—0,6 m, wysokość ścianek tłumiących około 0,15 m. Rysunek 19. a—c na tablicy XVI. przedstawia rynnę włożoną między dwa koźły i zawieszoną na koźle; zapomocą wyciągu można jej pochylenie i zanurzenie wylotu zmieniać. Cała wolna wysokość rynny wynosi 0,60 m.

Przejścia systemu Denila mogą być stosowane przy spiętrzeniach o dowolnej wysokości, gdyż jak stwierdzono doświadczalnie, ruch jednostajny ustala się w takim korycie zaraz na początku, skutkiem czego chyżości są zależne tylko od spadku względnego, a nie od spadku bezwzględnego.

Śluza Reckena. W Niemczech zaproponował Recken urządzenie do przejścia ryb, działające jak śluza komorowa, posiadająca jednak zamiast bram ściany oddzielające górną wodę od komory i komorę od dolnej wody. W tych ścianach znajdują się u spodu otwory do przepływu wody i przejście ryb

¹⁾ „Echelles à poissons“. Annales des travaux publics de Belgique j. w.

zamknięte zastawkami, które się samoczynnie otwierają, przy pomocy pływaków napęlniających się wodą. Ściana górna posiada u góry otwór, przez który się komora napęlnia. Otóż co pewien czas dolna zastawka samoczynnie się otwiera, a górna równocześnie zamyka, przyczem komora się wypróżnia, a ryby mogą przejść z komory do dolnej wody i naodwrot, z dolnej wody do komory. Zdaje się jednak, że to zarządzenie zbyt jest skomplikowane, aby mogło mieć praktyczną doniosłość.

Przesmyki dla węgorzy. Jak powiedzieliśmy poprzednio małe węgorze wylęgłe w morzu wędrują gromadnie w górę rzek, w których się następnie osiedlają, poczem jako dorosłe wędrują znowu na czas tarła do morza. Ciągłą przeważnie w nocy i to przy brzegach rzek, dostając się nieraz do zakładów wodnych i do komór turbinowych, gdzie nieraz takie masy się ich nagromadzają, że turbina się zatrzymuje. Trzeba zatem tak w jazach, jak i zakładach o sile wodnej, urządzać dla nich przejścia, czyli tz. przesmyki. Mogą to być w jazach stałych rurki drenowe, lub w jazach zastawkowych otwory u spodu zastawek, zamiast tego jednak wstawia się przy brzegach skrzynki drewniane prostokątne, o bokach kilkanaście cm długości, wypełnione częściowo plecionką faszynową, piaskiem, mchem, lub żwirem, przez które woda płynie górą tylko cienką strugą. Rynny takie mogą się składać albo z jednej skrzynki drewnianej, idącej od górnej do dolnej wody, albo z dwu ze sobą połączonych, jednej pionowej, mającej wlot pod górną wodą, a drugiej poziomej, uchodzącej pod dolną wodą. Tak wlot jak i wylot są zamknięte deską o otworach klinowych (szerszych od strony dolnej wody, aby się nie zamulały), o przekroju około 1 cm w kwadrat. Tego rodzaju przesmyki wykonuje się jednak tylko w pobliżu morza, gdzie przechodzą węgorze całkiem małe, dalej powyżej takie przejścia nie miałyby celu, gdyż dla większych węgorzy trzeba urządzać zwykłe przejścia, tak jak i dla innych gatunków ryb¹⁾.

¹⁾ Bardzo cenne spostrzeżenia co do działania różnych systemów przejść dla ryb i ich skuteczności zawiera publikacja; „Die Fischwege an Wehren und Wasserwerken in der Schweiz“, Zurych, 1917.



T R E Ś Ć.

Przedmowa	Str. III
---------------------	-------------

CZĘŚĆ I.

1. Uwagi ogólne i podział jazów	1
Wyzyskanie sił wodnych	2
Kanalizacja rzeki	3
2. Obliczenia hydrologiczne	6
Jazy przelewowe i zatopione	6
Wzory na przepływ przez jazy	7
Współczynniki do wzorów	8
Nowsze badania	9
Doświadczenia Bazina	9
Przelew niezupełny	13
Przelew ze zwężeniem bocznym, formuły Ponceleta i Lesbros, Badaszewskiego, Braschmanna, Frezgo i Kinzera	14
Śluzy wpustowe i upusty	16
Przepusty dla tratw	17
Jaz o skrzydłach ukośnych, jaz ukośny, łamany i krzywy	22
Wysokość i dalekość spiętrzenia powyżej jazu, krzywa spiętrzenia	23
Tabela Rühlmanna dla spiętrzeń	25
Tabela Haponowicza dla spiętrzeń	30
Krzywa spiętrzenia z uwzględnieniem sił żywych, oraz przy znacznej szerokości koryta	30
Tabela Bresse dla spiętrzeń	33
Parabola drugiego stopnia jako krzywa spiętrzenia	34
Obliczenie spiętrzenia wywołanego przez most	36

CZĘŚĆ II. Przyczółki i filary jazów, fundament, podłoże

1. Przyczółki i filary	41
Przyczółki z muru i betonu	41
Obliczenie bulwaru	42
Bulwary żelazno-betonowe	43
Bulwary drewniane	46
2. Fundament jazu i podłoże	48

CZĘŚĆ III. Jazy stałe

1. Jazy stałe kamienne	55
----------------------------------	----

Kształt jazu kamiennego	Str. 55
Przykłady jazów stałych (tablica II.)	56
Obliczenie statyczne przekroju jazu stałego	58
2. Jazy żelazno-betonowe	64
3. Jazy stałe drewniane	65

CZĘŚĆ IV. Jazy ruchome

1. Jazy ruchome drewniane	68
Jazy drewniane zastawkowe	69
Zasuwy drewniane	70
Wyciągi do stawideł	73
Jazy drewniane ze słupami (odrzwiami) ruchomymi	78
2. Jazy ruchome żelazne	79
Podział	79
I. Jazy zasuwowe	81
A. Jazy z mostem górnym i podporami (odrzwiami) pośrednimi	84
Przykłady (tablica IV.)	87
Zasłony zwijane systemu Caméré	89
Przykłady (tablica V.)	92
Przykłady (tablica VI.)	93
B. Jazy z zasuwami między filarami żelaznymi, lub żelazno-betonowymi, przykłady (tablica VII.)	97
C. Jazy z zasuwami między filarami murowanymi, przykłady (tablica VIII. i IX.)	98
II. Jazy kozłowe	105
a) Jazy iglicowe	105
Iglice	106
Uszczelnienie jazu	107
Kozły	108
Łożyska	108
Pomost	109
System Kummera	111
Przyczółki i filary jazów kozłowych	112
Część stała jazu	112
Jazy o dużym odstępie kozłów	113
Przykłady (tablica X.)	115
Nowe jazy iglicowe amerykańskie	115
b) Jazy kozłowe z zasłonami zwijanymi i zastawkami	117
Jazy kozłowe z zastawkami	117
Przykłady (tablica XI.)	118

	Str.		Str.
c) Inne systemy jazów koźlowych	124	Winda różnicowa Levy'ego	147
III. Jazy walcowe	125	Kłapy dwoiste	149
Przykłady (tablica XII. i XIII.)	126	VI. Jazy bębnowe	151
IV. Jazy odcinkowe (segmentowe)	132	Przykłady (tablica XVI.)	152
Obliczenie jazu odcinkowego	134	CZĘŚĆ V. Przejścia dla ryb	156
Przykłady (tablica XIV.)	135	Położenie, kształt, wymiary, spadki i objętości wody	156
V. Jazy klapowe	141	a) Przepławki	158
A. Kłapy o osi obrotu poziomej, umieszczonej u spodu (tablica XV.)	142	b) Przejścia schodkowe	159
B. Kłapy o osi obrotu poziomej, umieszczonej powyżej jednej trzeciej ich wysokości	144	Przykłady (tablica XVI.)	160
Kłapa Chanoine'a	146	Śluza Reckena	161
		Przesmyki dla węgorzy	162

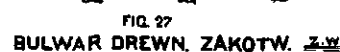
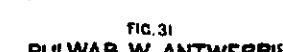
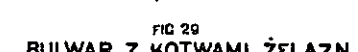
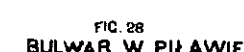
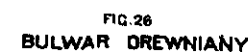
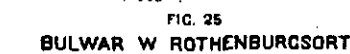
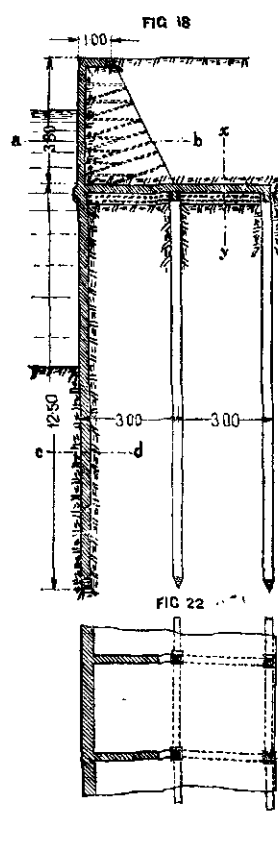
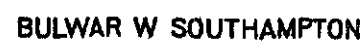
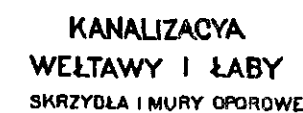
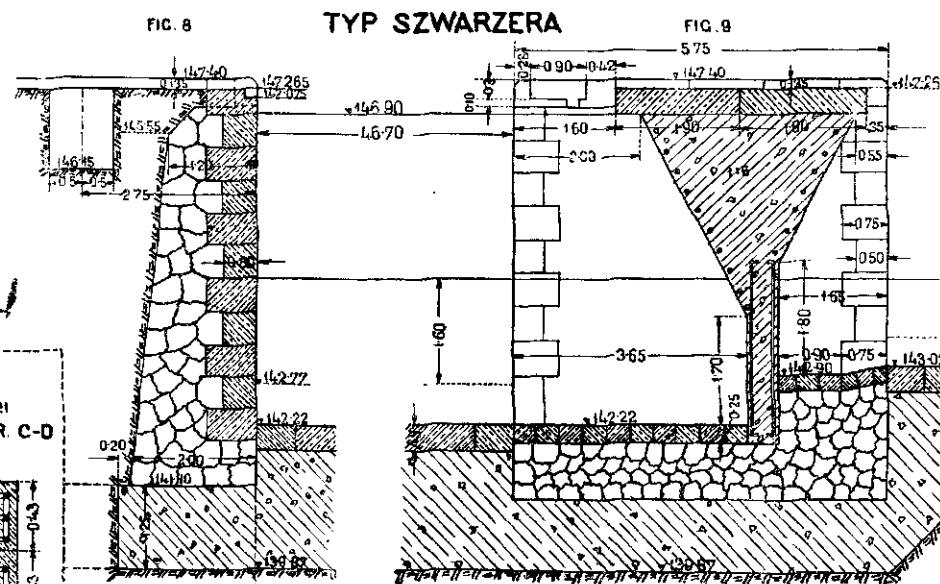
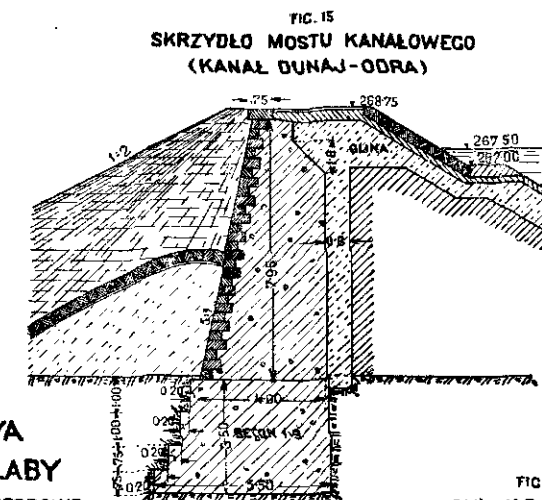
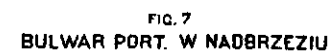
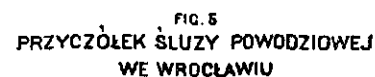
SPIS TABLIC ATLASU.

I. Przyczółki i filary jazów.	IX. Jazy z zasuwami między filarami murowanymi.
II. Jazy stałe.	X. Jazy koźlowe (iglicowe).
III. Jazy zastawkowe drewniane.	XI. Jazy koźlowe z zasuwami, lub zasłonami.
IV. Jazy zasuwowe i z zasłonami (z mostem górnym i podporami pośrednimi).	XII. Jazy walcowe.
V. Jazy zasuwowe i z zasłonami (z mostem górnym i podporami pośrednimi).	XIII. Jazy walcowe.
VI. Jazy zasuwowe i z zasłonami (z mostem górnym i podporami pośrednimi).	XIV. Jazy odcinkowe (segmentowe).
VII. Jazy z zasuwami między filarami żelaznymi, lub żelazno-betonowymi.	XV. Jazy klapowe.
VIII. Jazy z zasuwami między filarami murowanymi.	XVI. Jazy bębnowe i przejścia dla ryb.
	XVII. Fotografie jazów zasuwowych.
	XVIII. Fotografie jazów koźlowych.
	XIX. Fotografie jazów walcowych.
	XX. Fotografie jazów segmentowych i klapowych.

OMYŁKI DRUKU.

Strona:	wiersz:	zamiast:	ma być:
9.	18. od dołu ustęp d)	tj.	czy
10.	tabela do wzoru Bazina	$h = 0,30, \mu = 0,1774$	$h = 0,30, \mu = 0,4174$
14.	5. od góry	przyptyw	przepływ
15.	6. od góry	$m^3 = \frac{1}{m^2} \frac{v^3}{2g}$	$m^3 = \frac{1}{m^2} \frac{v^2}{2g}$
16.	17. od góry	zupełny	niezupełny
19.	14. od góry	$x = \frac{1}{m^2} \frac{v^3}{2g}$	$x = \frac{1}{m^2} \frac{v^2}{2g}$
20.	11. od dołu	f_k	Y_k
24.	Rys. 40.	—	odwrócony
71.	11. od góry	do	po
78.	21. od dołu	$Pr = W(f + \mu a) + G$	$P = \frac{W}{r}(f + \mu a) + G$
78.	7. od dołu	$P \cdot 2r = fW + G$	$P = \frac{fW}{2r} + G$
83.	16. od dołu	ponad	popod
86.	Rys. 123.	—	obrócony o 90°
132.	4. od góry	łańchowe	łańcuchowe
138.	9. od dołu	XIII	XIV
145.	3. od góry	a^3	a^2
145.	5. od góry	cos	cos
145.	6. i 18. od góry w mianowniku	b	6

TABLICA I.
PRZYCZÓŁKI (BULWARY)
FILARY JAZÓW



TABLICA II JAZY STAŁE.

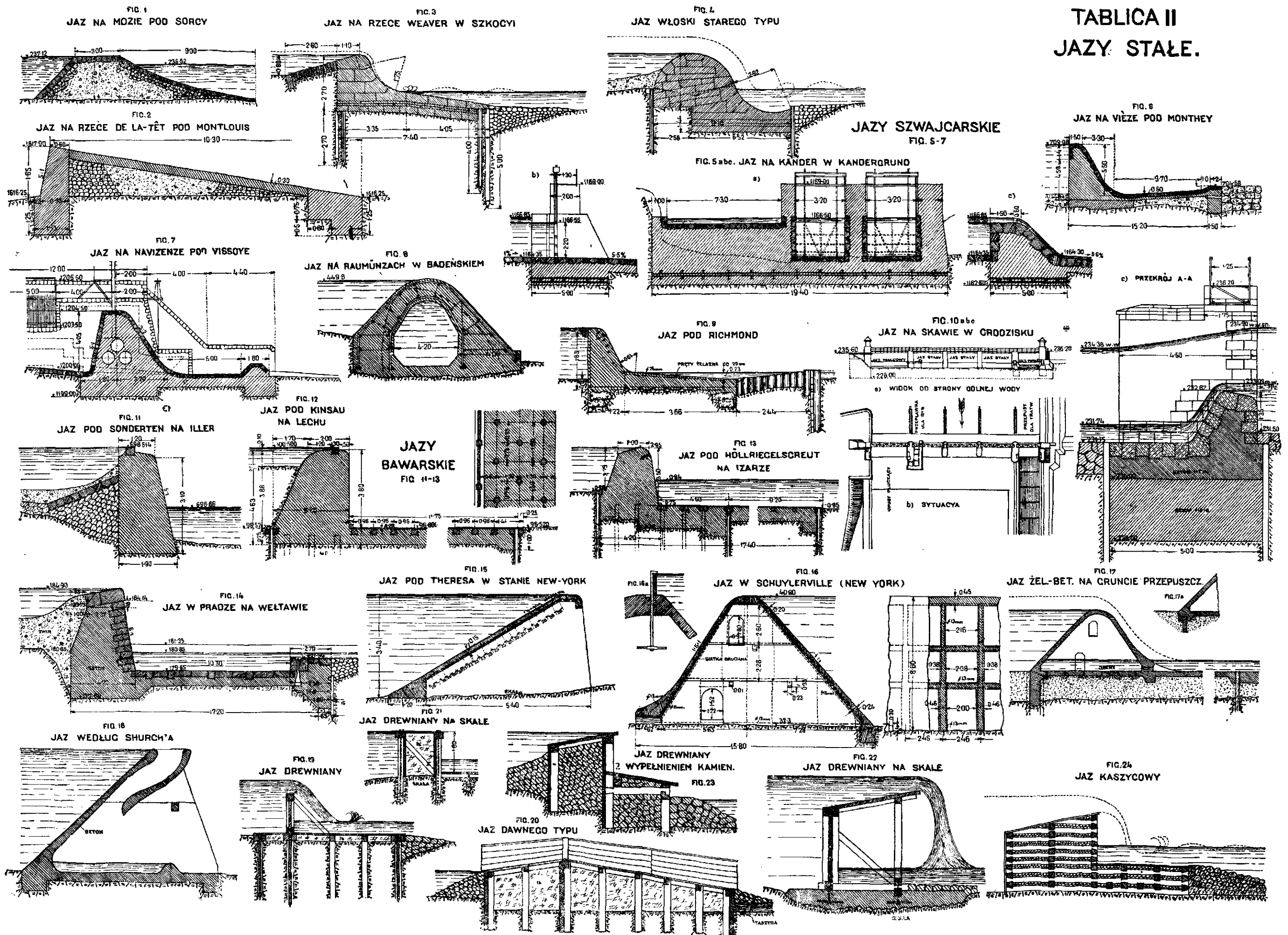


FIG. 8.
EKROJ A-B

Technical drawing of a building floor plan. The drawing shows a rectangular room with a door on the right wall. The dimensions are as follows:

- Overall width: 220
- Overall height: 540
- Door width: 615
- Door height: 2035
- Room width (excluding door): 220
- Room height (excluding door): 540

The drawing is a black and white line drawing with dimensions in millimeters. The door is shown in an open position, swinging outwards. The room is labeled with dimensions 220 and 540. The door is labeled with dimensions 615 and 2035. The drawing is a technical drawing of a building floor plan.

FIG. 4-7.

FIG. 8-10
ŚLUZA NA CÖRNYM. WIEPRZU

FIG. 4

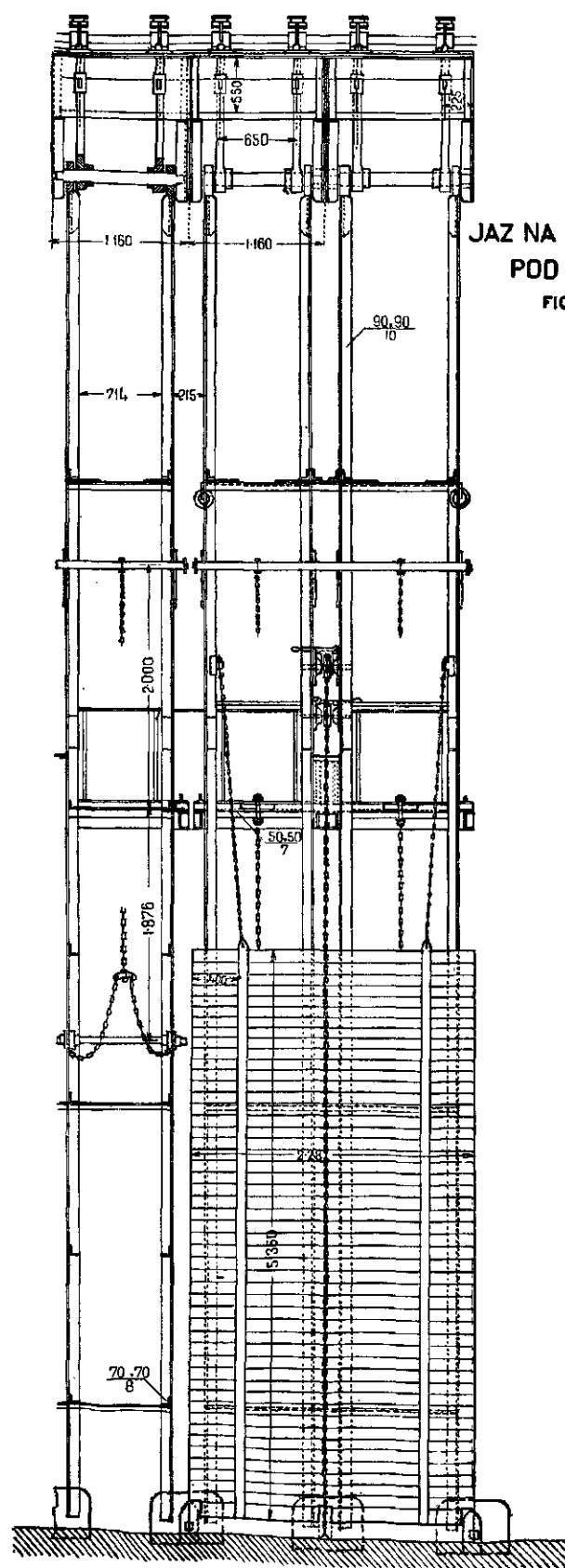


FIG. 2
PRZEKRÓJ POPRZECZNY

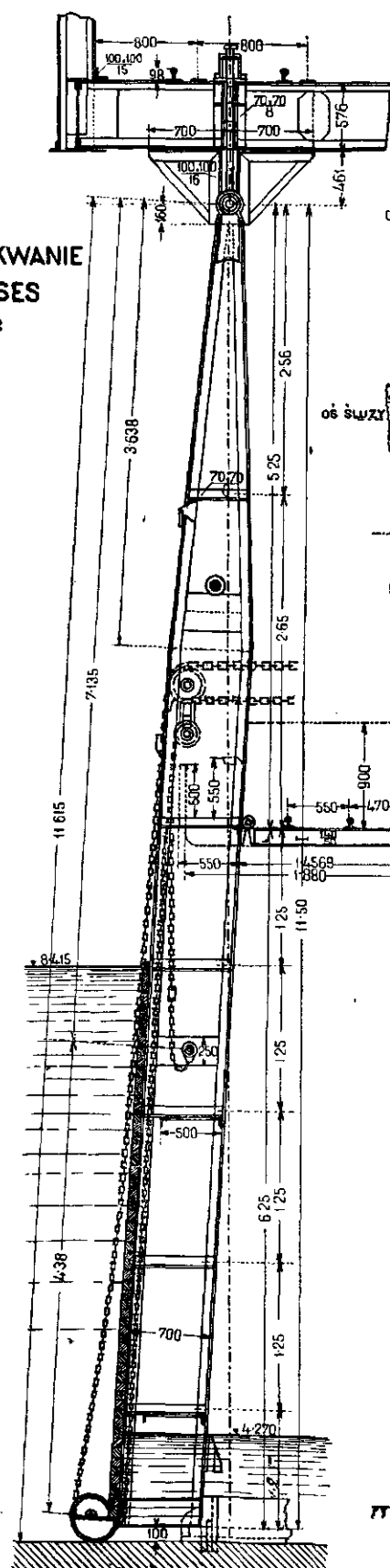


FIG. 3
PRZĘKROJ PODŁUŻNY W OSI JAZU

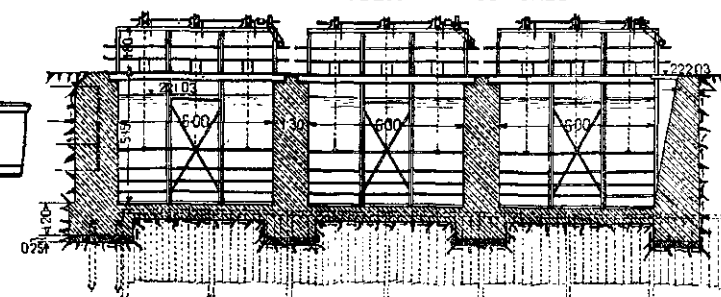


FIG. 4 WIDOK Z GÓRY I PLAN FUNDAMENTÓW

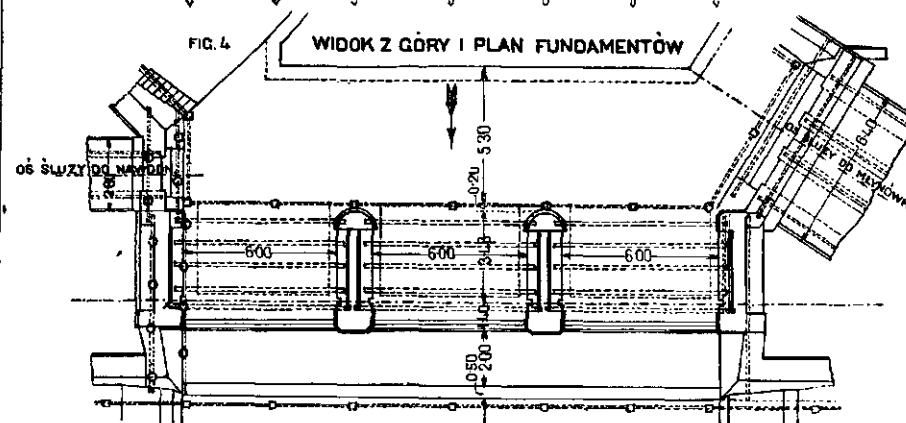


FIG. 5
WIDOK NA JAZ OD STRONY ODPLYWU

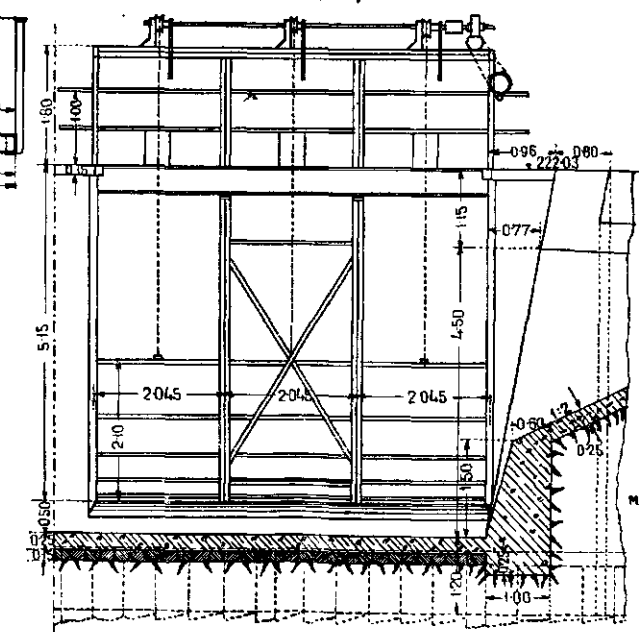
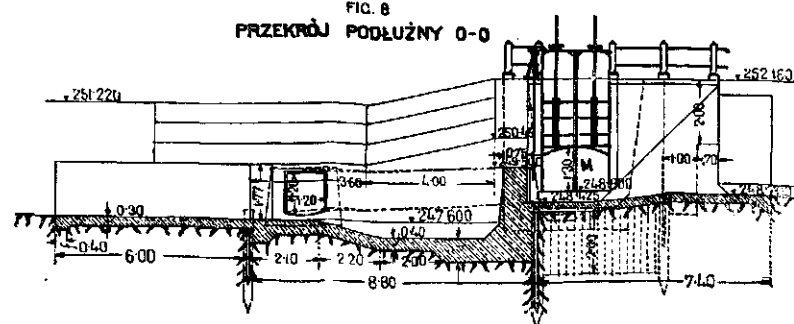


FIG. 8
PRZEKROJ PODŁUŻNY 0-0



TABLICA IV.
JAZY ZASUWOWE I Z ZASŁONAMI.

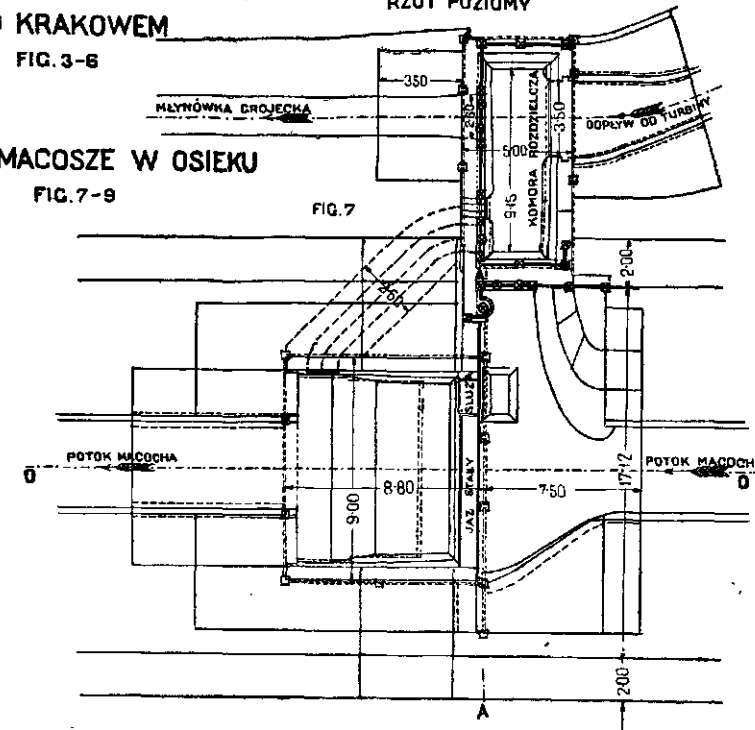
JAZ NA RUDAWIE W BALICACH POD KRAKOWEM

FIG. 3-6

JAZ NA MACOSZE W OSIEKU

FIG. 7-9

RZUT POZIOMY



PRZEKROJ POPRZECZNY JAZU PRZY PRAWYM FILARZE
Z WIDOKIEM MURÓW NA PRAWYM BRZEGU

FIG. 6

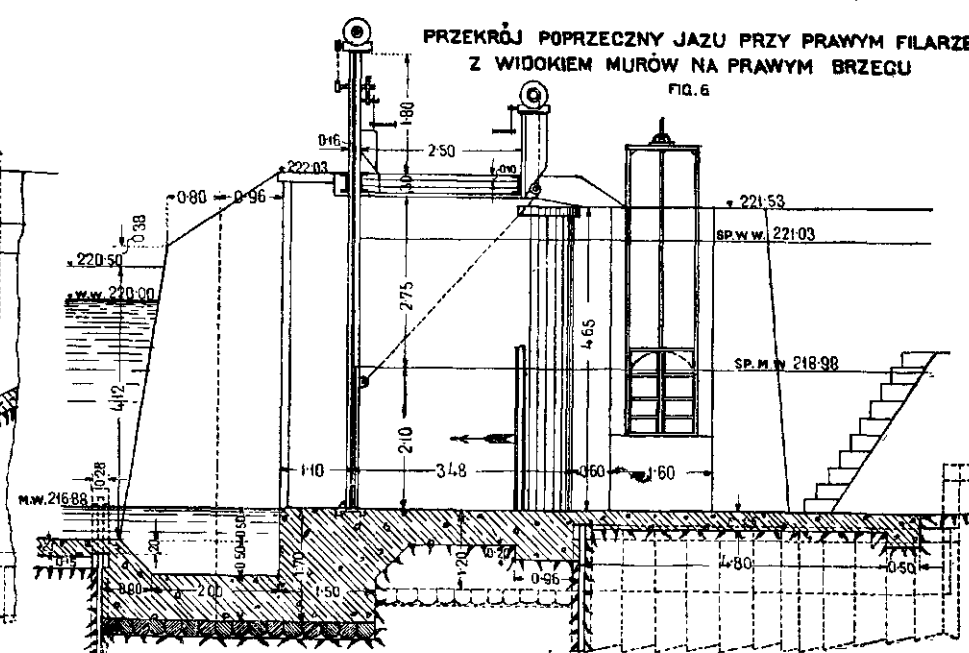
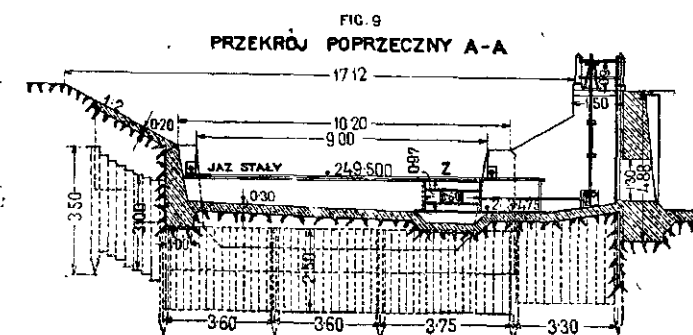


FIG. 9
PRZEKROJ POPRZECZNY A-A



JAZ I MOST W MIRZOWICACH.

TABLICA V. JAZY ZASUWOWE.

FIG. 1.

WIDOK NA PRZESŁO ŚRODKOWE.

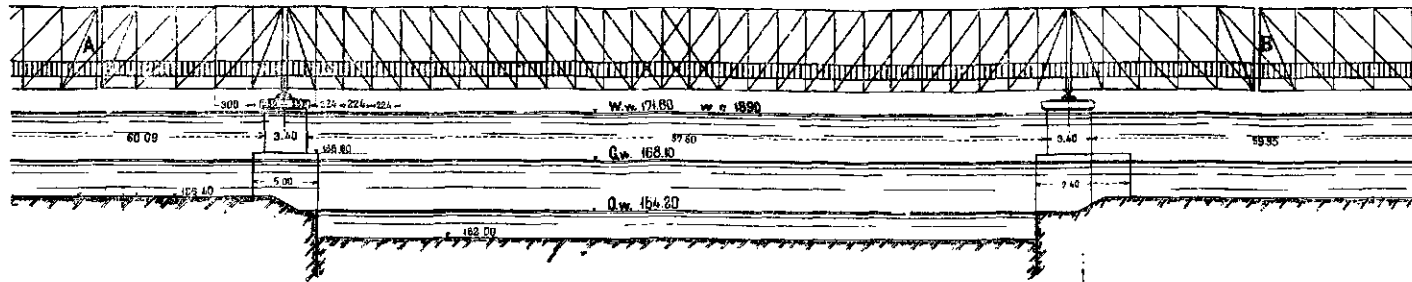


FIG. 2.

RZUT POZIOMY.

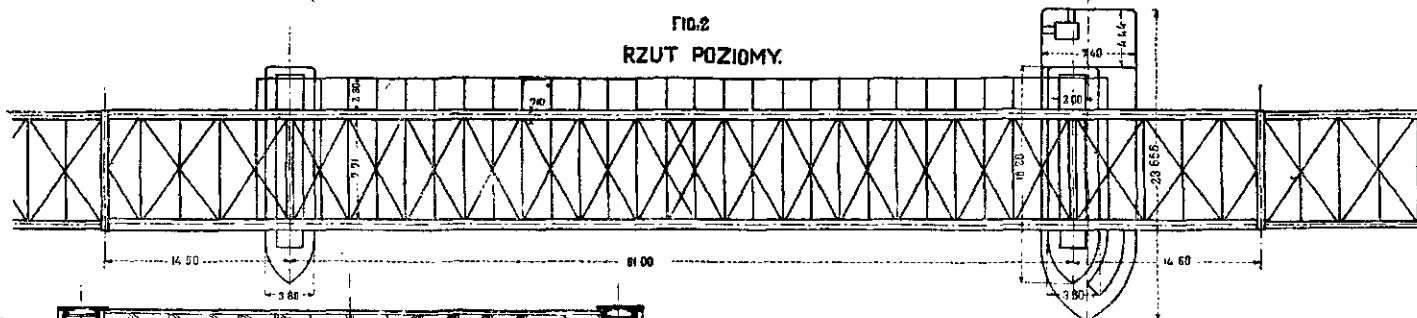


FIG. 3.

PRZĘKRÓJ POPRZECZNY PRZESŁA.

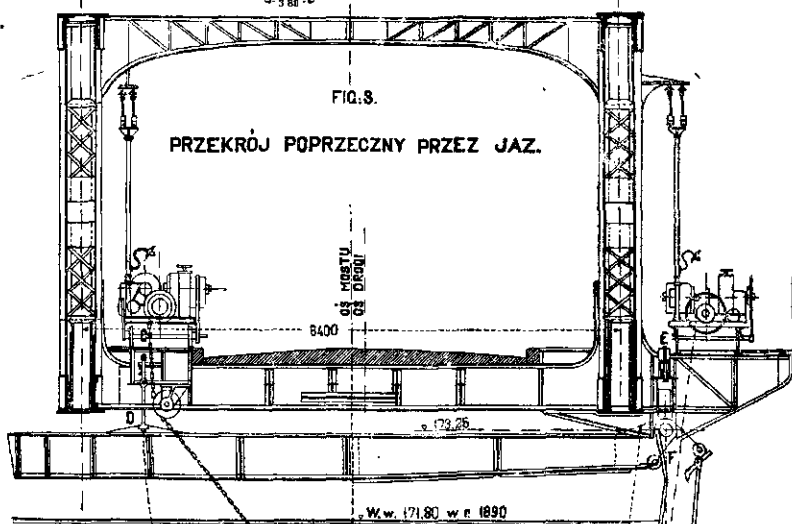
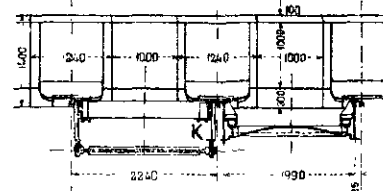


FIG. 4.
PRZĘKRÓJ C-H.



ODRZEWIA
BEZ ZASUWY
Z ZASUWĄ

FIG. 5.

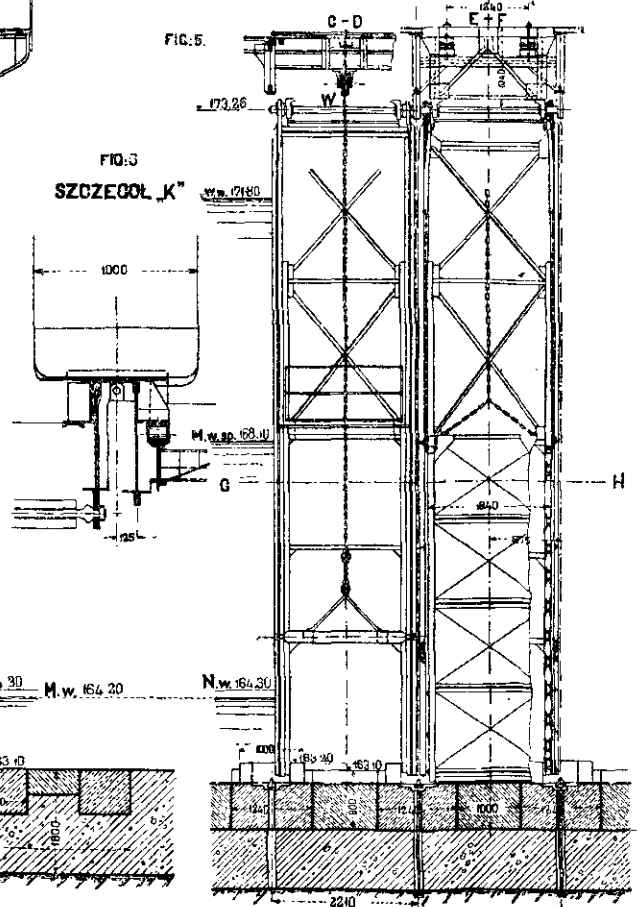


FIG. 6.
SZCZEGÓŁ „K”

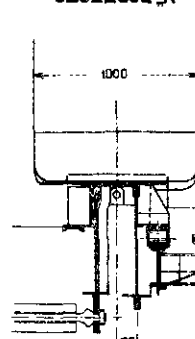


FIG. 14.

SZCZEGÓŁ ZASUWY „A”

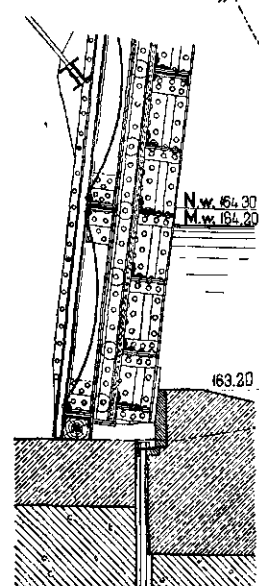


FIG. 7.

ZAKOTWIENIE MOSTU NA FILARZE I ŁOŻYSKO PIONOWE.
PRZĘKRÓJ POPRZECZNY.

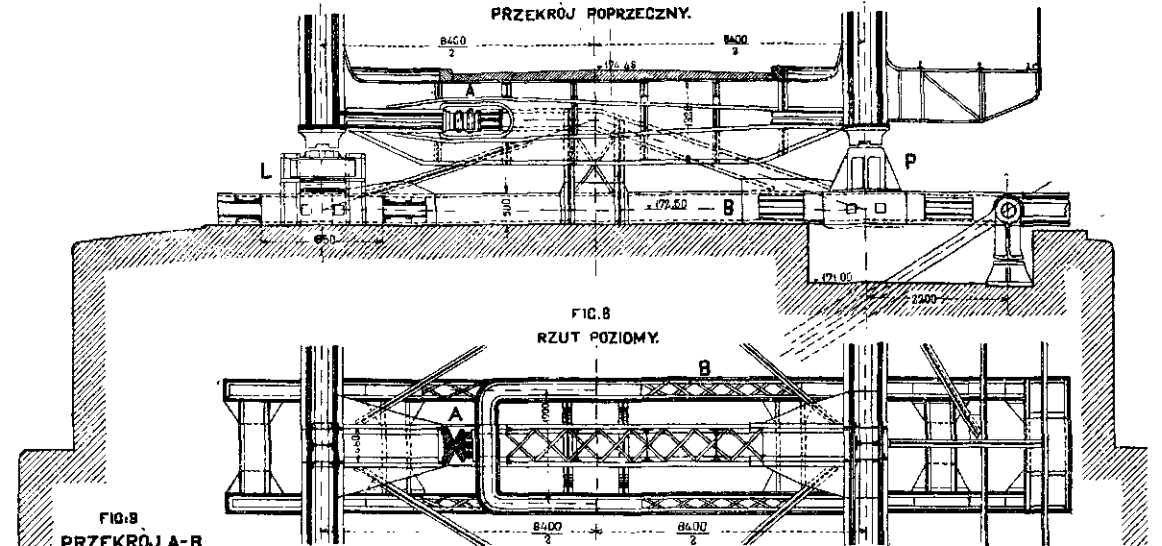


FIG. 8.
RZUT POZIOMY.

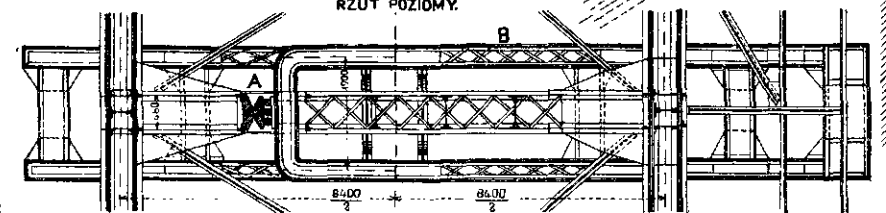


FIG. 9.
PRZĘKRÓJ A-B

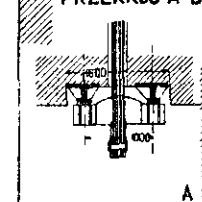
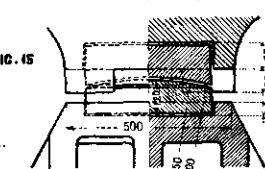
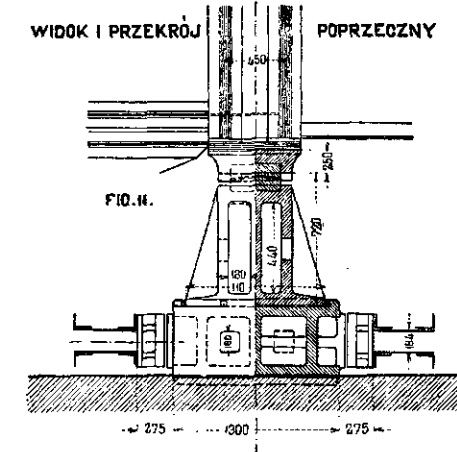
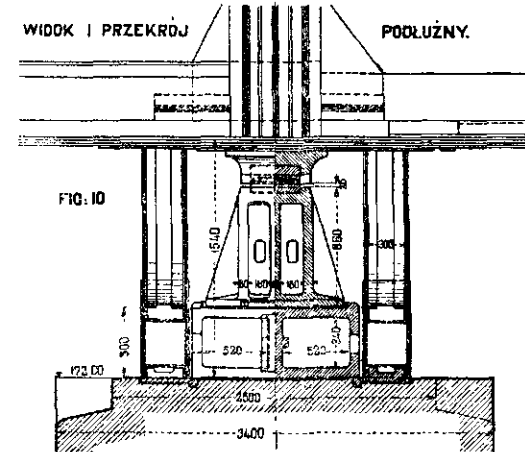


FIG. 15.

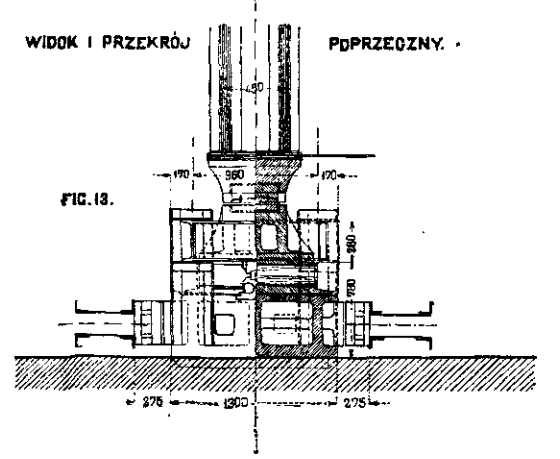
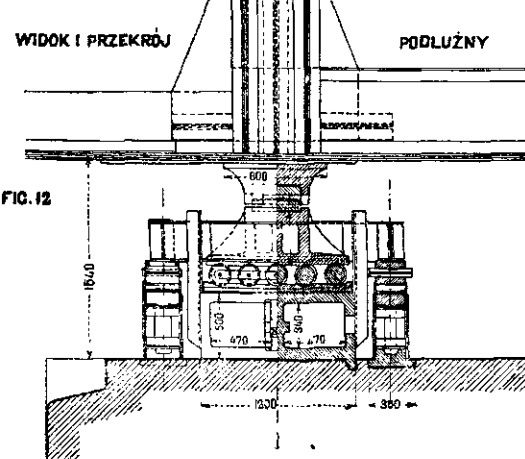


SZCZEGÓŁ KALOTY
ŁOŻYSKA.

STAŁE ŁOŻYSKO BELKI GŁÓWNEJ.



RUCHOME ŁOŻYSKO BELKI GŁÓWNEJ.



JAZ NA DNIESTRZE W DOŁOBOWIE.

FIG. 1-12.

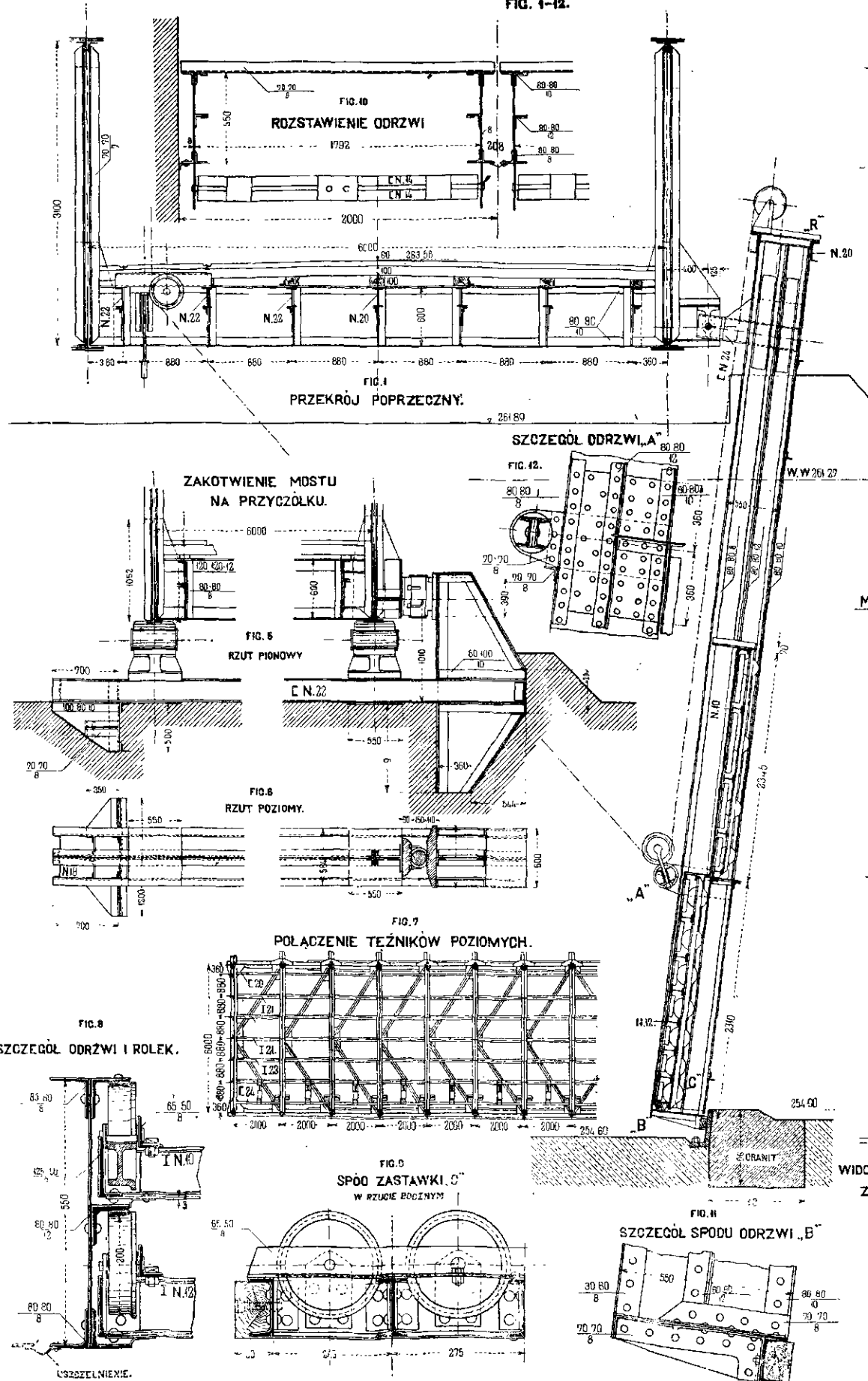
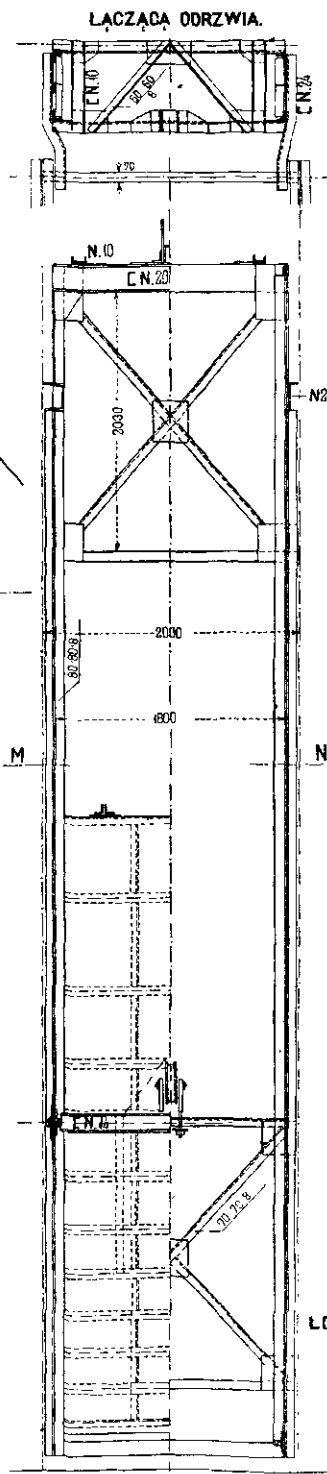
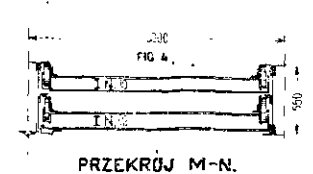


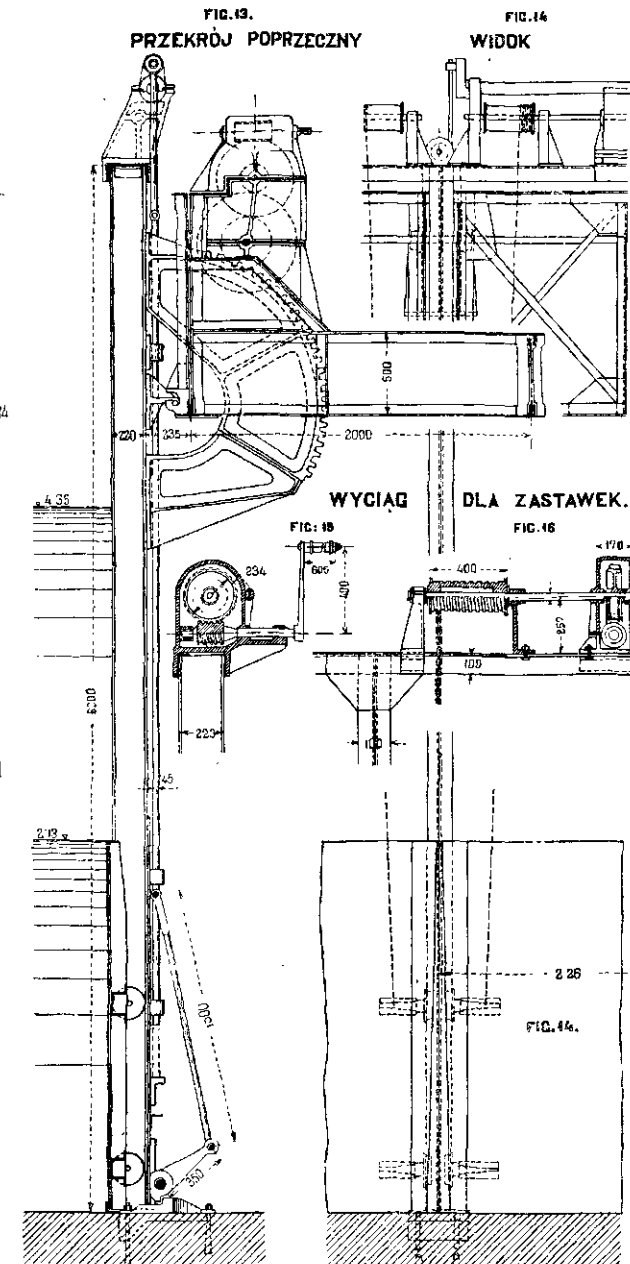
FIG. 3.
WIDOK Z GÓRY NA RAMĘ "R"
ŁĄCZĄCĄ ODRZWIĄ.



WIDOK NA ODRZWIĄ PRZĘKRÓJ PRZECZ ODRZWIĄ BEZ ZASTAWEK.



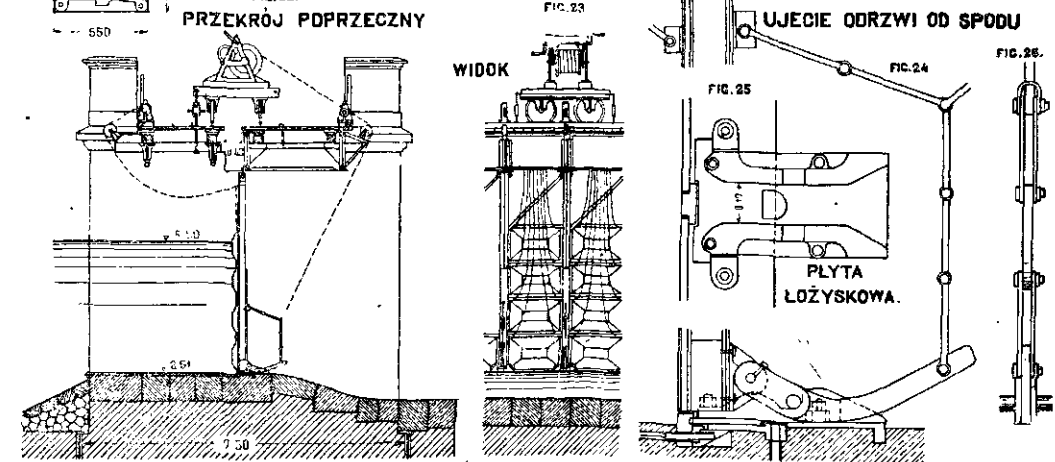
JAZ NA MULDZIE POD BITTERFELD (FIG. 13-17)



PLYTA
ŁOŻYSKOWA.

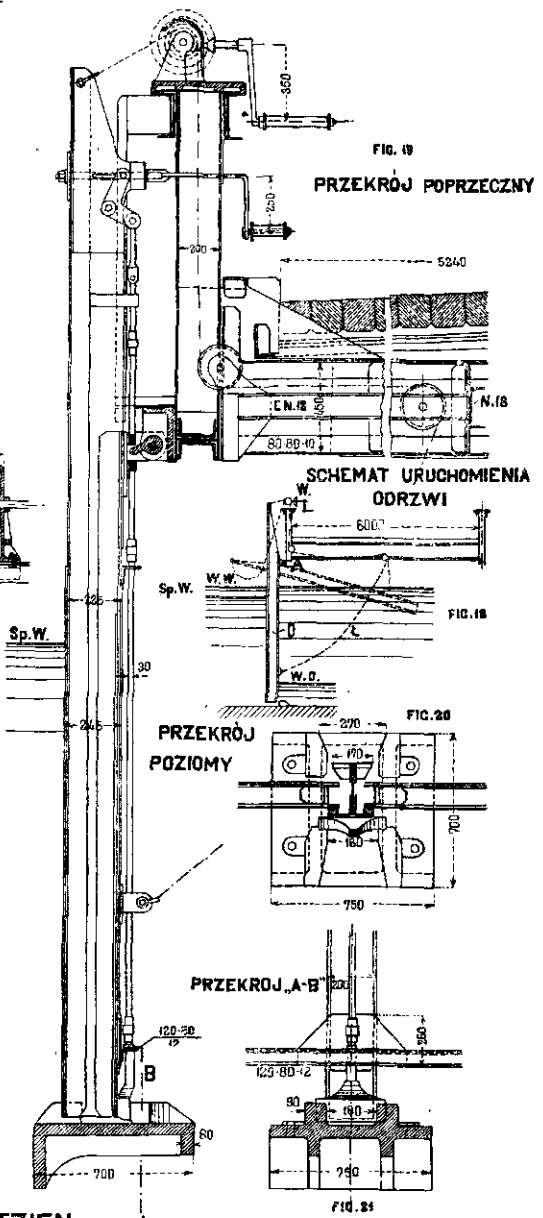
JAZ NA ŁABIE POD PRETZIEN

FIG. 22. (FIG. 22-26)



TABLICA VI. JAZY ZASUWOWE.

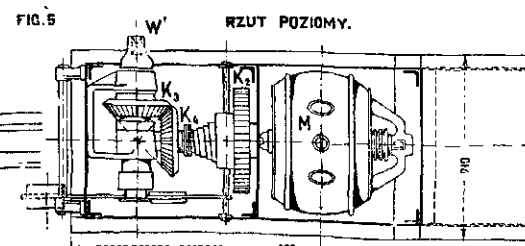
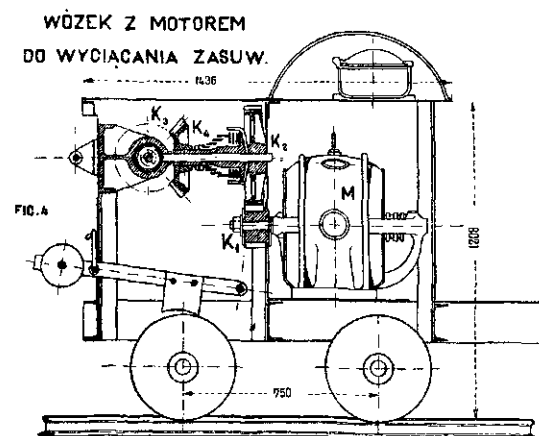
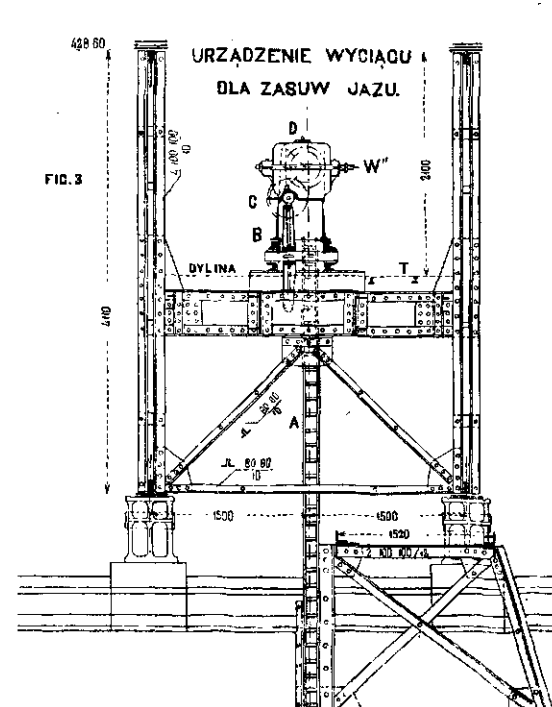
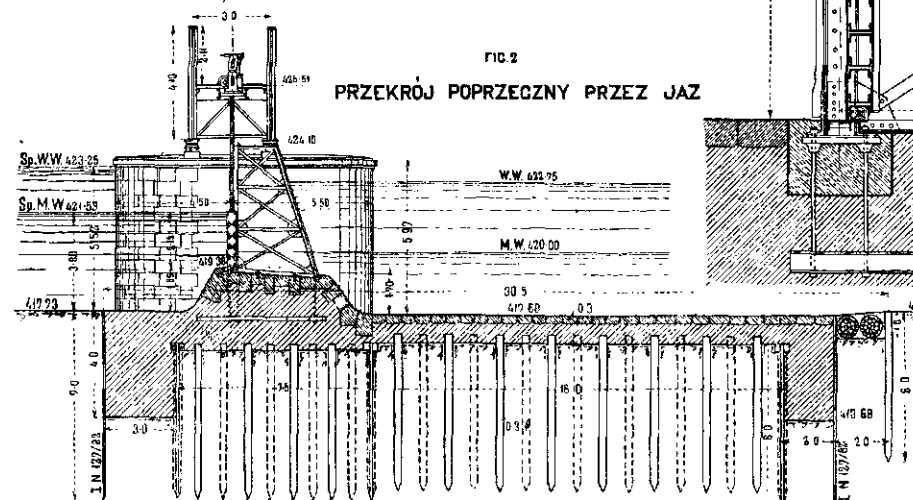
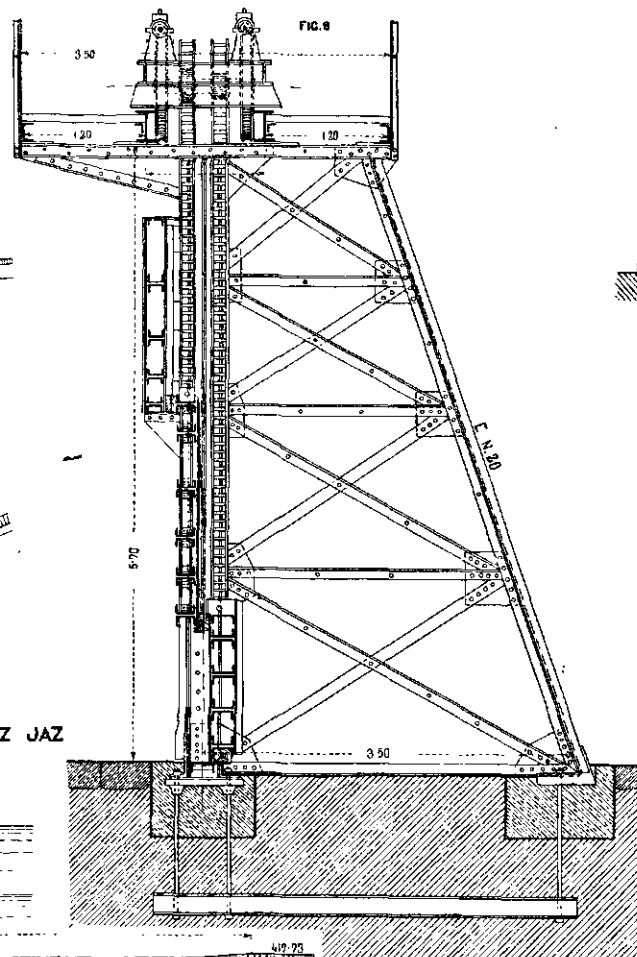
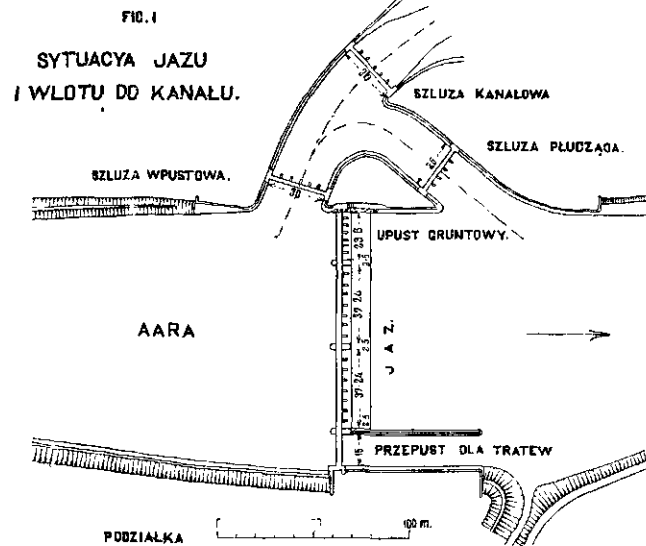
SZLUZA POD BOCHOLT FIG. 18-21.



TABLICA VII. JAZY ZASUWOWE.

JAZ NA AARZE POD WANGEN.

FIG. 1-8.



JAZ NA IZARZE POD MONACHIUM.

FIG. 9-11

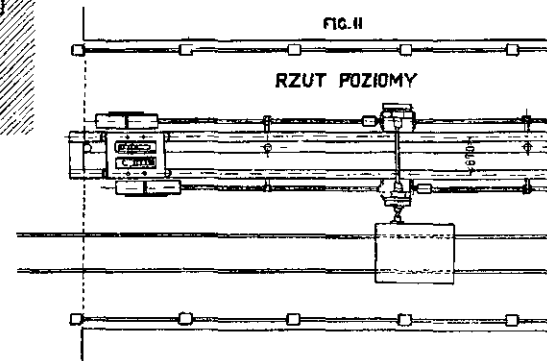
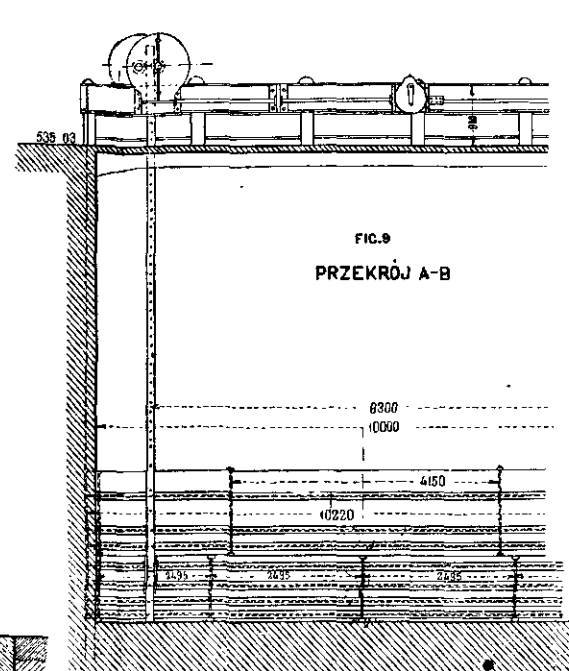


FIG. 9
PRZĘKÓJ PIONOWY
A-B

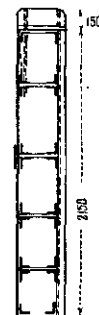
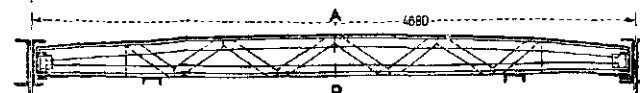


FIG. 10
PRZĘKÓJ POZIOMY ZASUWY JAZU POD WANGEN.



SCHEMAT ZASUWY

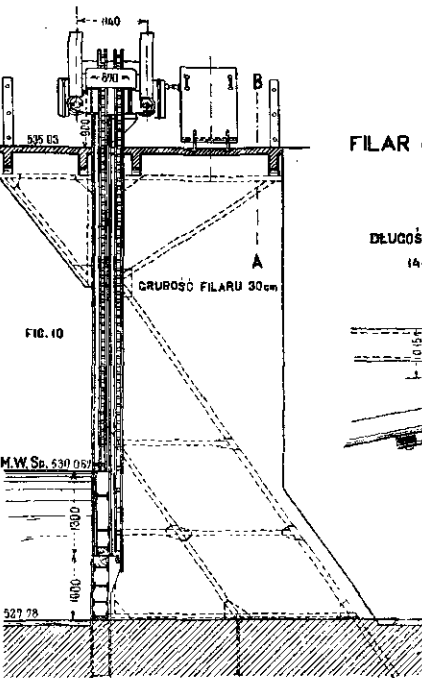
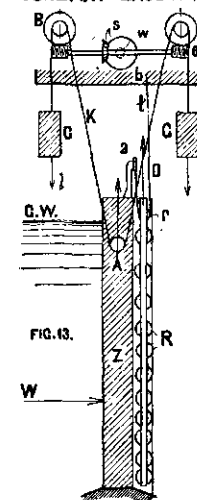
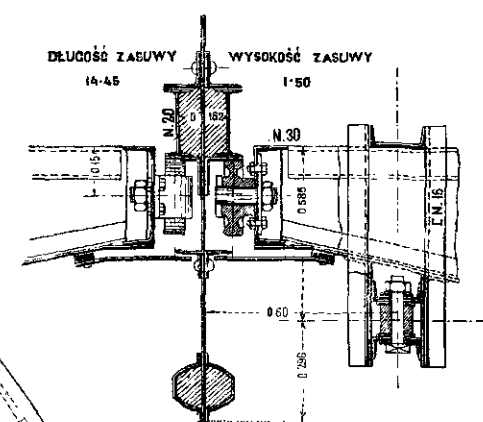
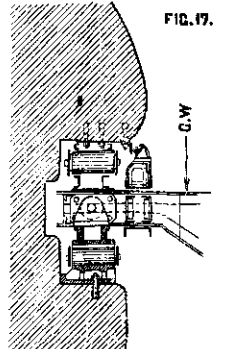
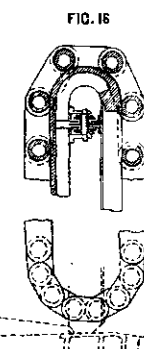
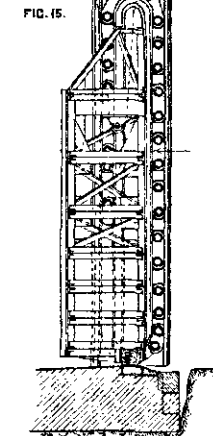


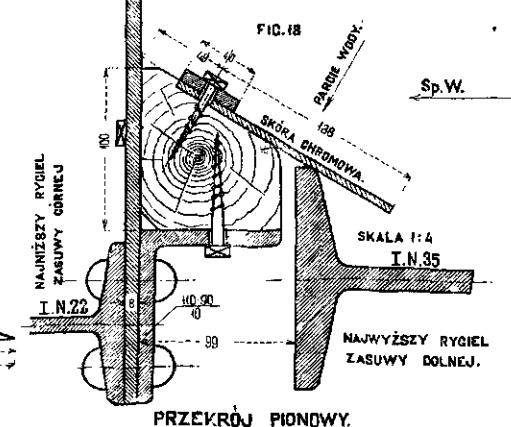
FIG. 12
FILAR JAZU NA RZĘCE LIMMAT
KOLDO HONG



OPARCIE ZASUWY NA ŁANCUCHU WALKÓW.
FIG. 15-17.

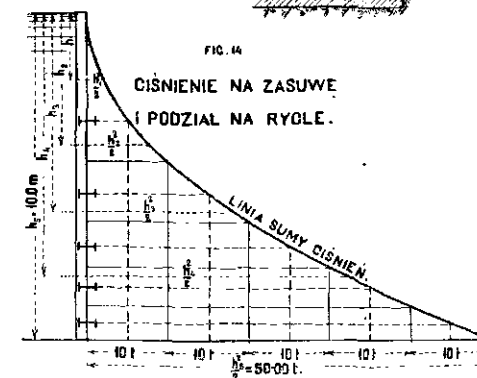


USZCZELNIENIE ZASUW DZIELONYCH.



PRZĘKÓJ PIONOWY.

FIG. 14
CIŚNIENIE NA ZASUWE
I PODZIAŁ NA RYGIE.



JAZ ZASUWOWY ZAKŁADU WODNEGO „ALBULA”

FIG. 1-12.

FIG. 1. PRZEKRÓJ PODPRZECZNY PRZES. JAZ.

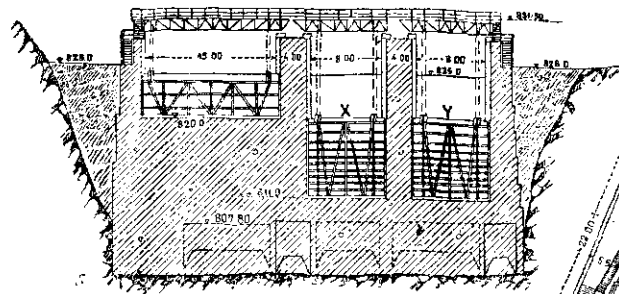


FIG. 2. RZUT POZIOMY

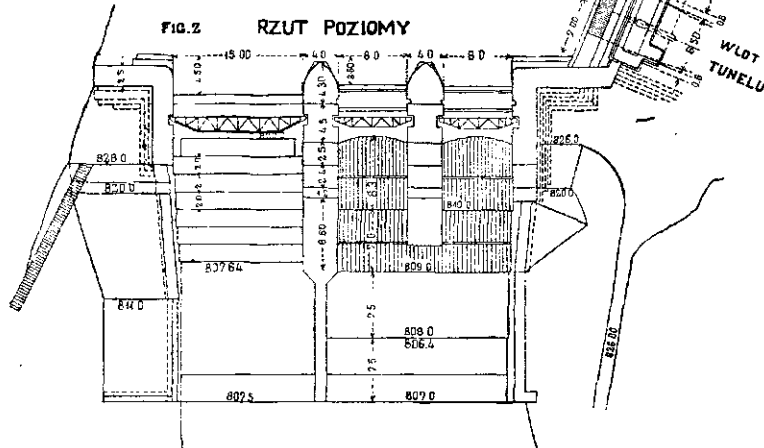


FIG. 3. WIDOK NA ZASUWĘ X.Y.

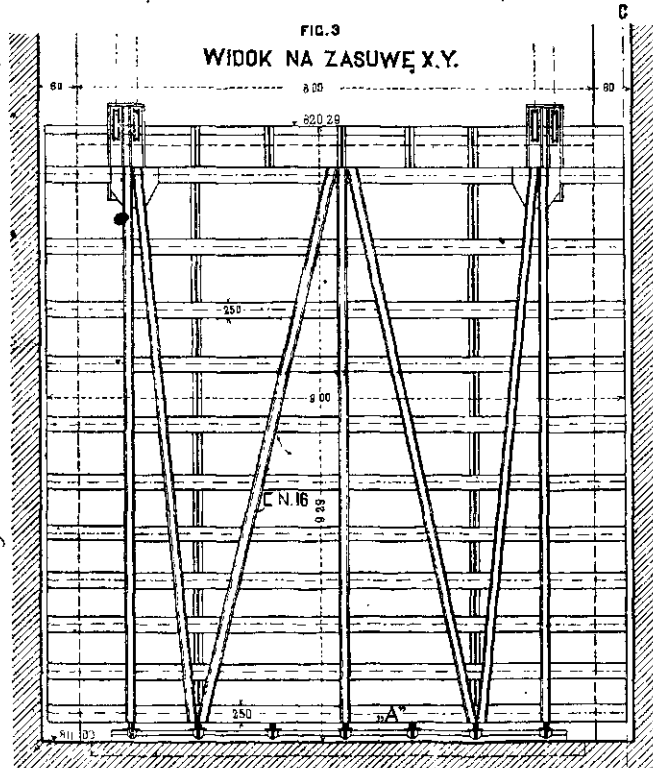


FIG. 4. RYCIEL DOLNY „A”

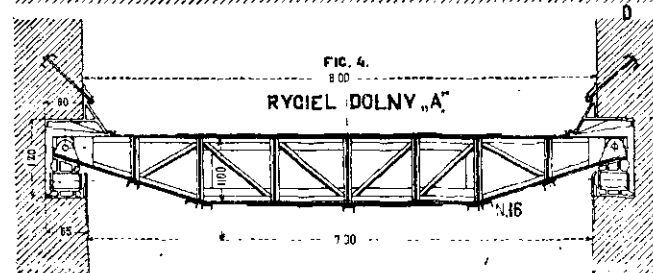
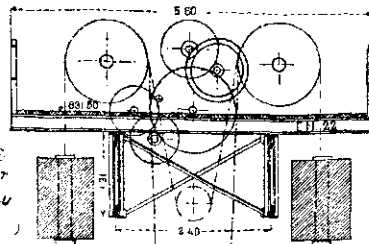


FIG. 5. PRZEKRÓJ POPRZECZNY



TABLICA VIII. JAZY ZASUWOWE.

FIG. 6. SZCZEGÓŁ ŁOŻYSKA STONEYA.

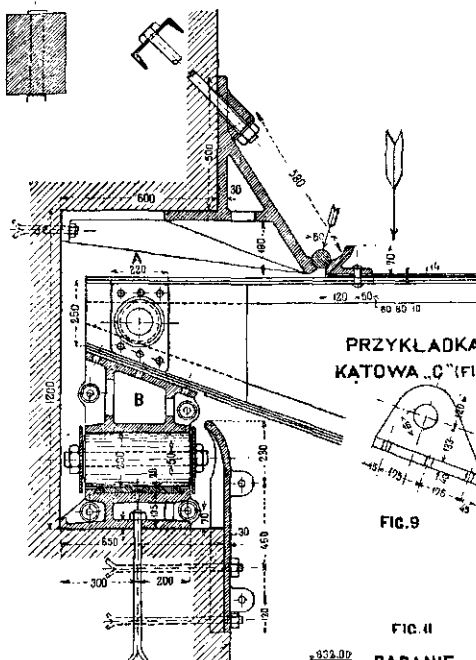
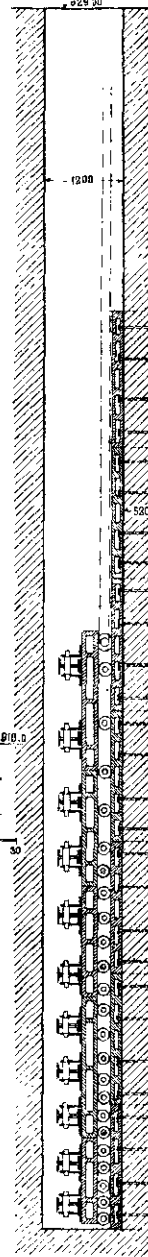


FIG. 12. PRZEKRÓJ PIONOWY C-D. PRZES. ŁOŻYSKO STONEYA.

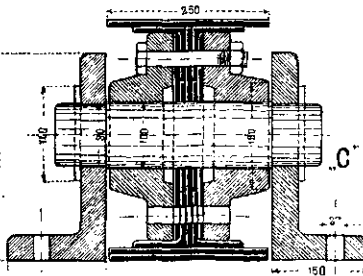
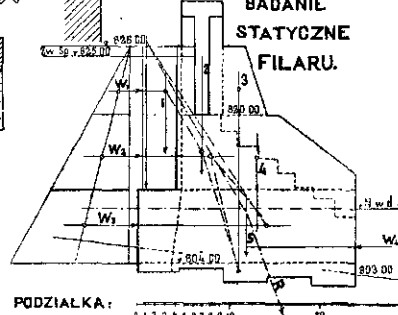
(FIG. 3.)



PRZYKŁADKA KĄTOWA „C” (FIG. 10).

FIG. 9

FIG. 11. BADANIE STATYCZNE FILARU.

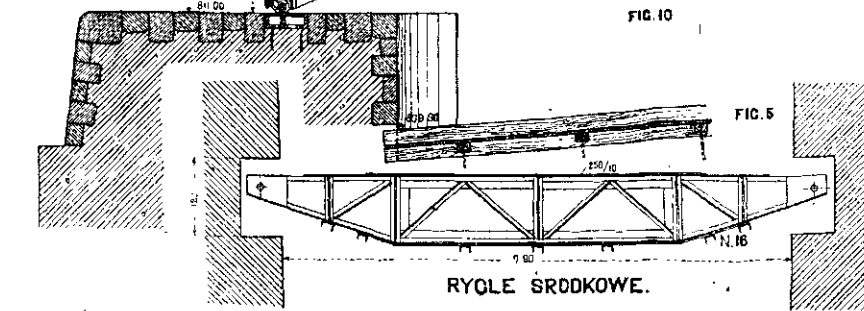


SZCZEGÓŁ ŁOŻYSKA: PRZEKRÓJ A-B. (FIG. 6)

FIG. 10

FIG. 5

RYCIE ŚRODKOWE.

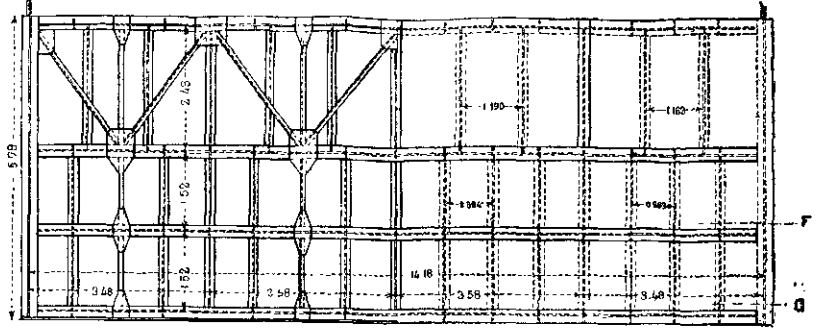


ZASUWA PRZELEWU POD CATUN (KANAL PANAMSKI).

FIG. 13-19.

FIG. 13.

WIDOK.



PRZEKRÓJ: G.

PRZEKRÓJ: F.



FIG. 14.

FIG. 15. SZCZEGÓŁ ŁOŻYSKA STONEYA.

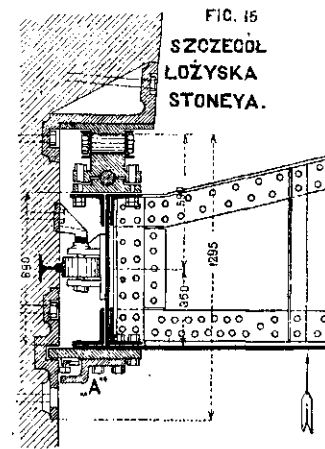


FIG. 16

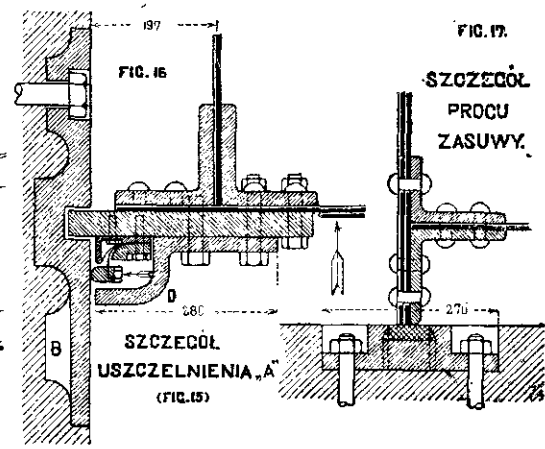


FIG. 17. SZCZEGÓŁ PROCU ZASUWY.

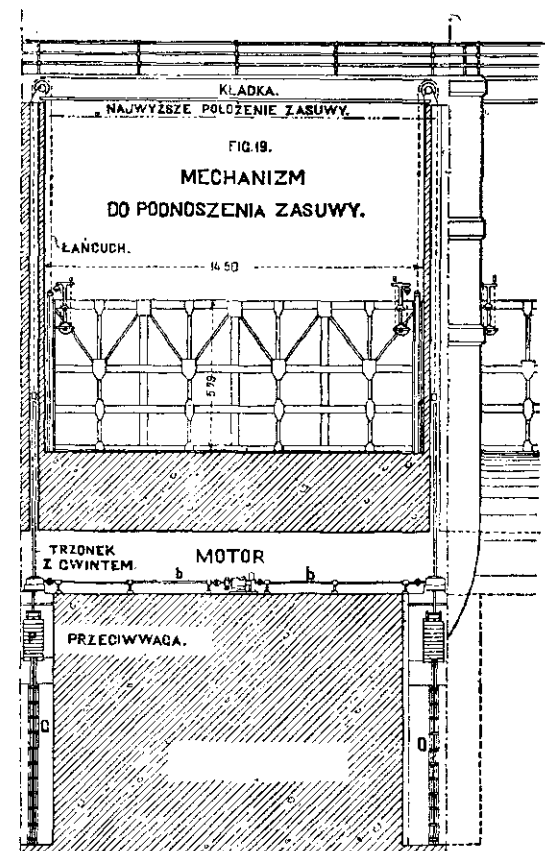


FIG. 18

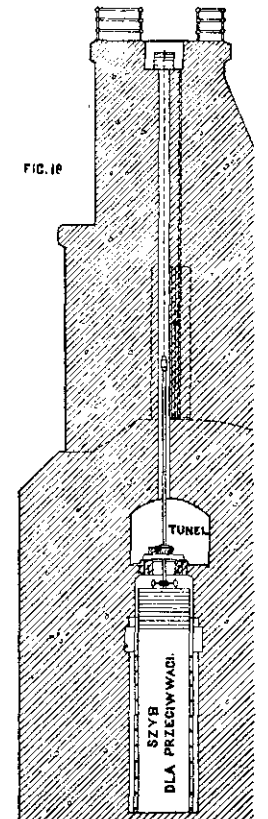
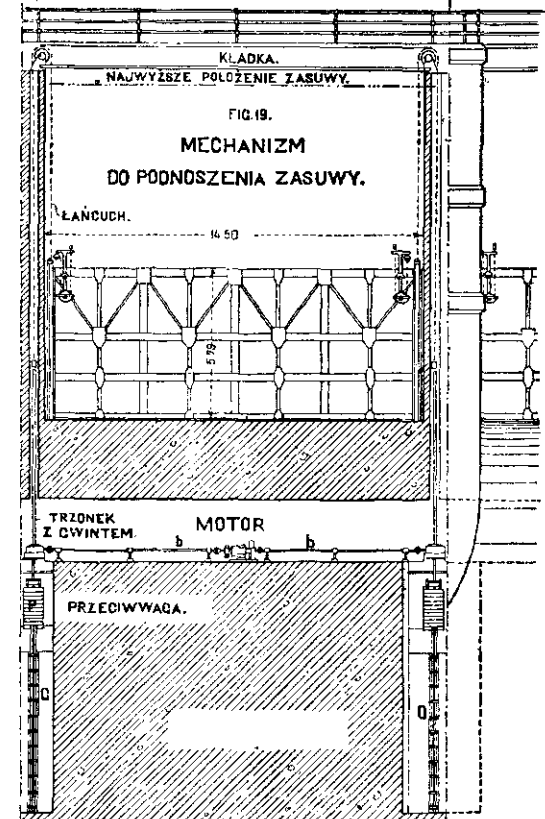


FIG. 19. MECHANIZM DO PODNOSZENIA ZASUWY.



JAZ NA AARZE W BEZNAU.

FIG. 1-8:
FIG. 1
WIDOK.

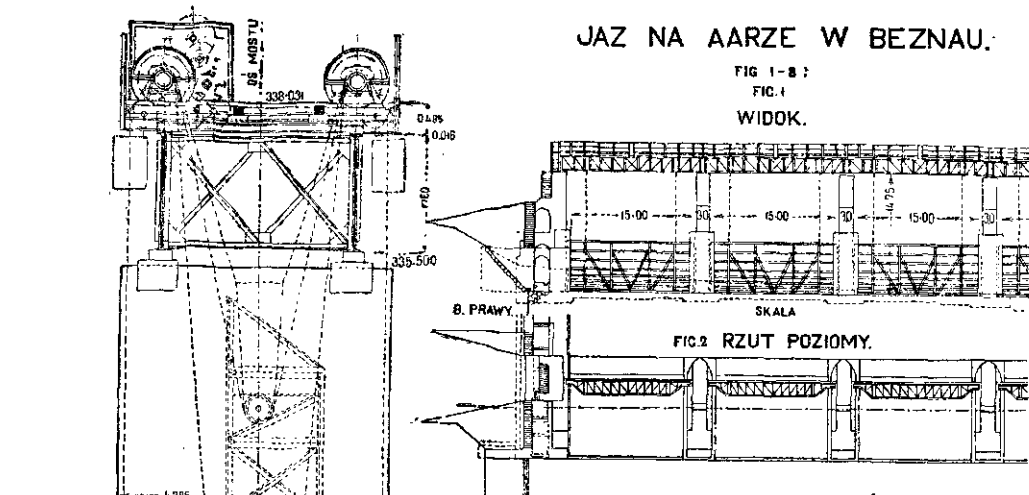
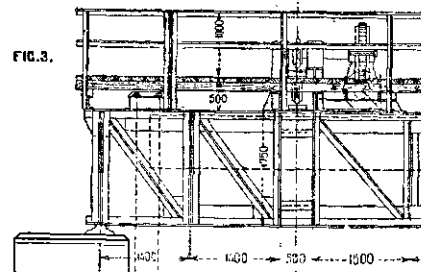


FIG. 2 RZUT POZIOMY.

PRZEKRÓJ PODŁUŻNY.
W OSI MOSTU.

FIG. 3.



WÓZEK Z WALKAMI
PRZEKRÓJ C-D.
FIG. 8

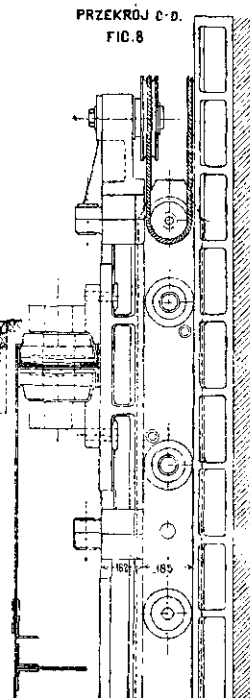


FIG. 4.
PRZEKRÓJ PODPRZECZNY
PRZECZ JAZ.

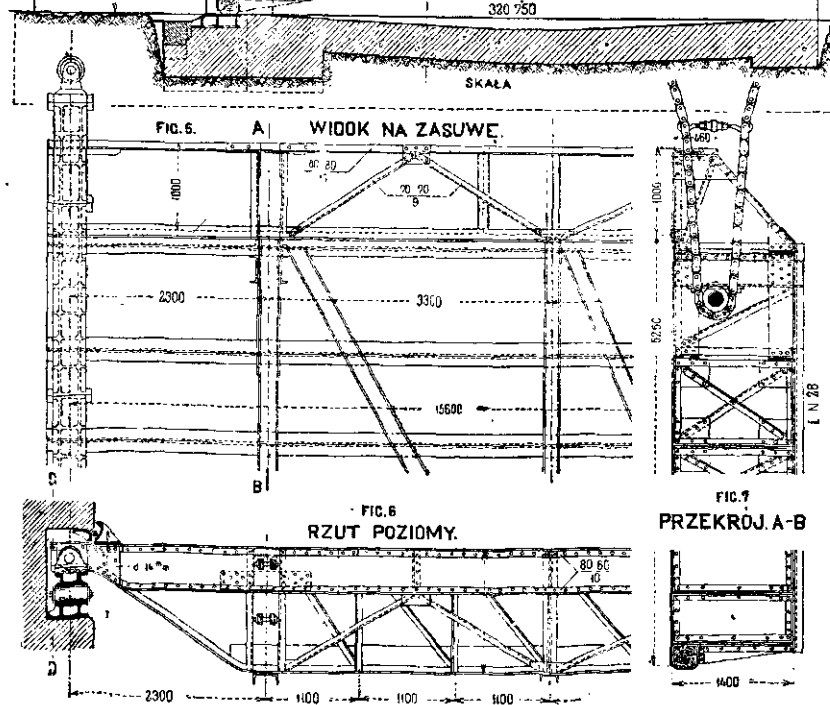


FIG. 5. A WIDOK NA ZASUWE.

FIG. 6 RZUT POZIOMY.

FIG. 7 PRZEKRÓJ A-B

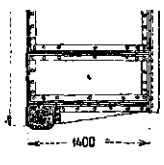


FIG. 15
UMOCNIENIE KLAPY DLA ŁODU.

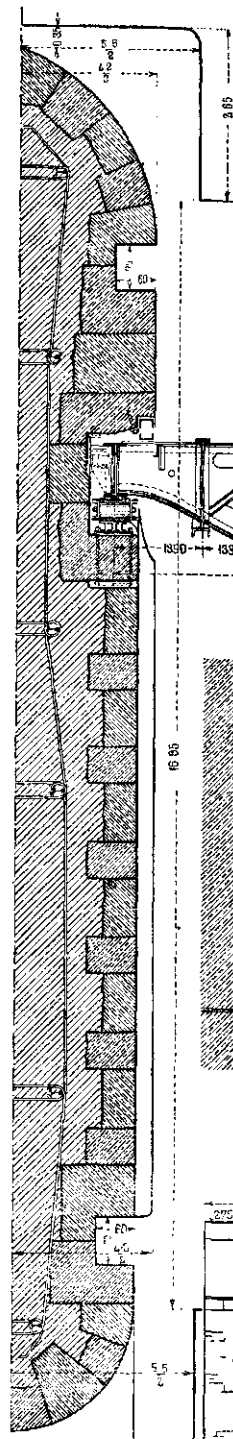
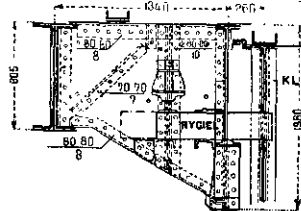


FIG. 9 PRZEKRÓJ POZIOMY ZASUWY I FILARU.

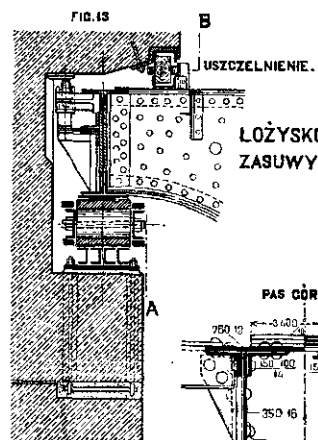


FIG. 13
USZCZELNIENIE.
ŁOŻYSKO
ZASUWY.

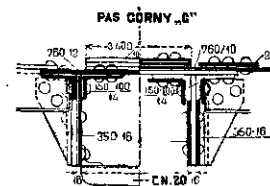


FIG. 16
RYGIEL ZASUWY

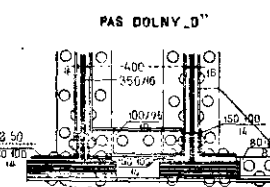
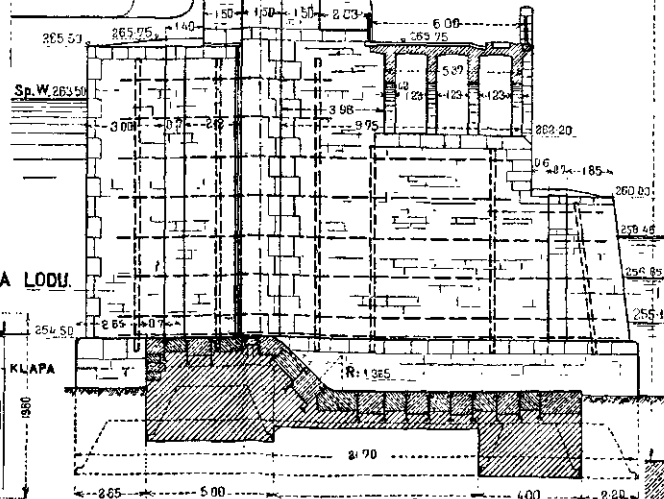


FIG. 14
WIDOK BOCZNY FILARU



KLADKA SŁUŻBOWA.

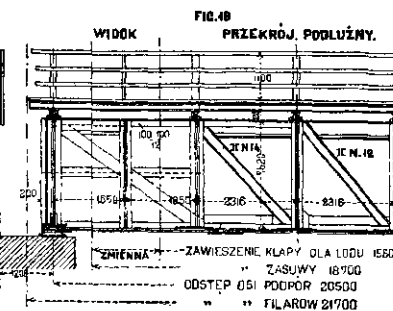
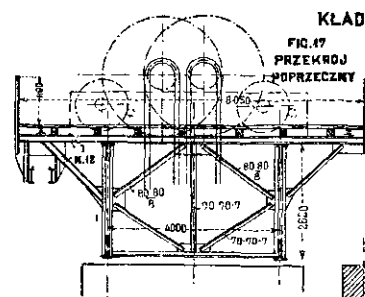


FIG. 17
PRZEKRÓJ
POPRZECZNY

WIDOK

FIG. 18
PRZEKRÓJ PODŁUŻNY.

ZAWIESZENIE KLAPY DLA ŁODU 15500
ZASUWY 18700
ODSTĘP OSI PODOPÓR 20500
FILAROW 21700

FIG. 12
USZCZELNIENIE
BOCZNE.

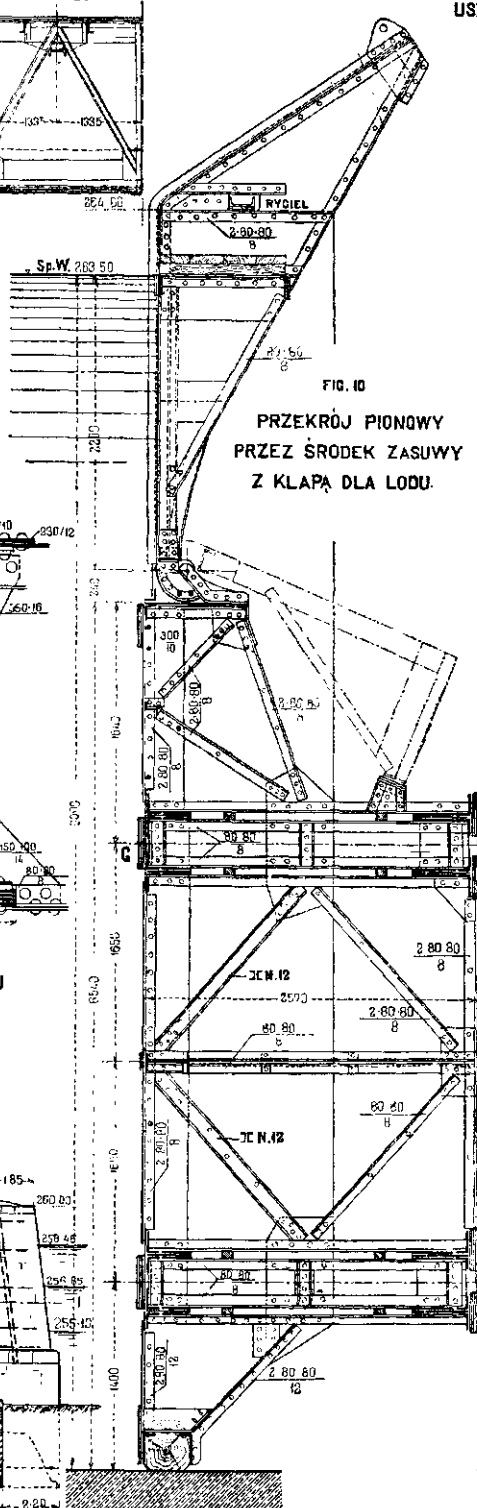


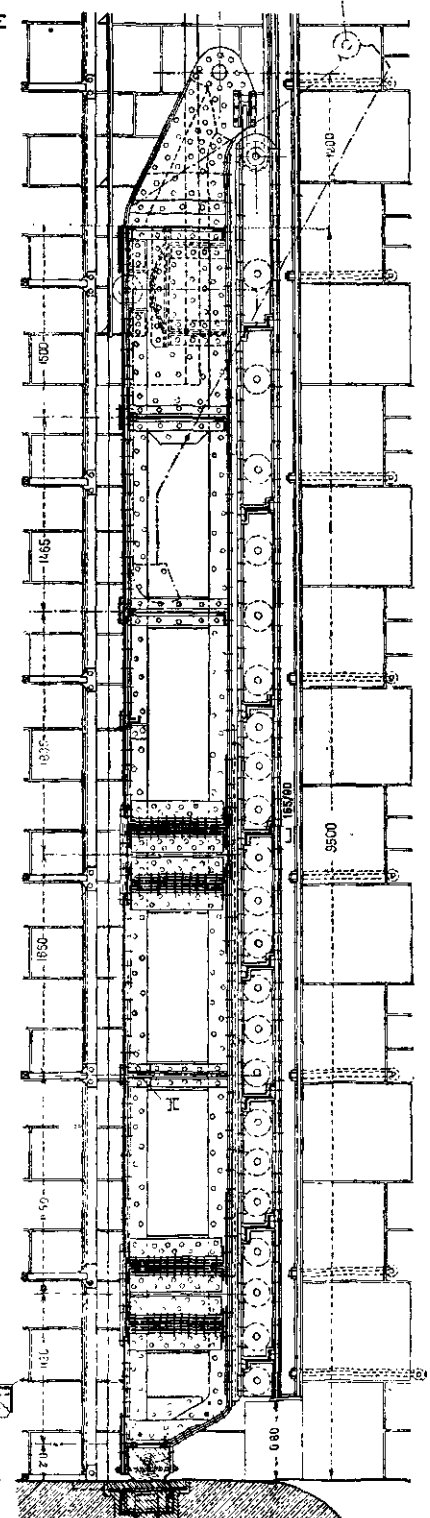
FIG. 10
PRZEKRÓJ PIONOWY
PRZECZ ŚRODEK ZASUWY
Z KLAPĄ DLA ŁODU.

TABLICA IX. JAZY ZASUWOWE.

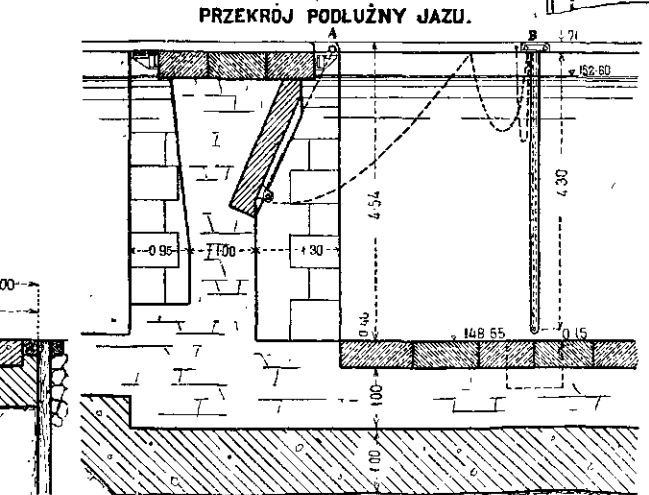
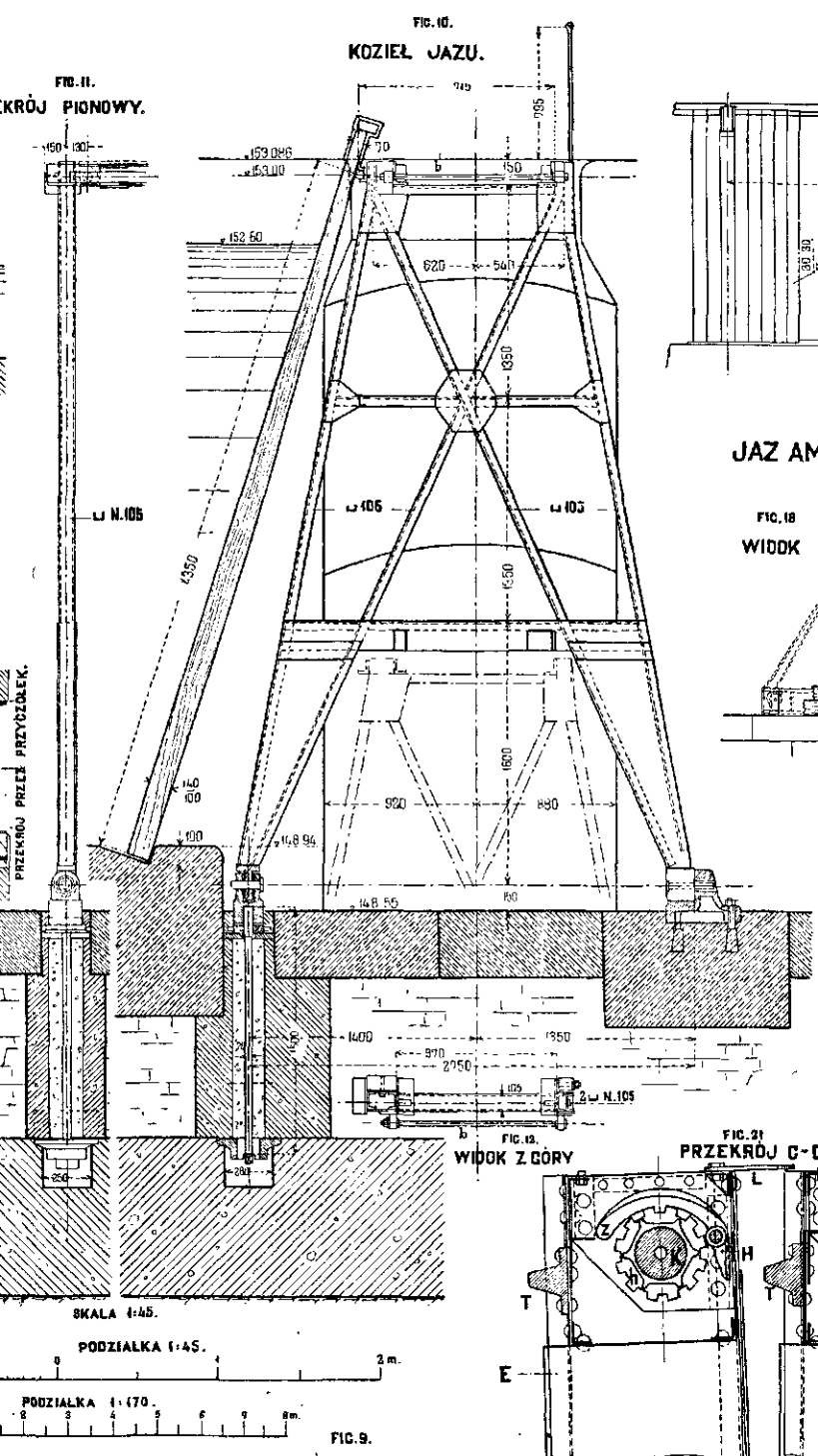
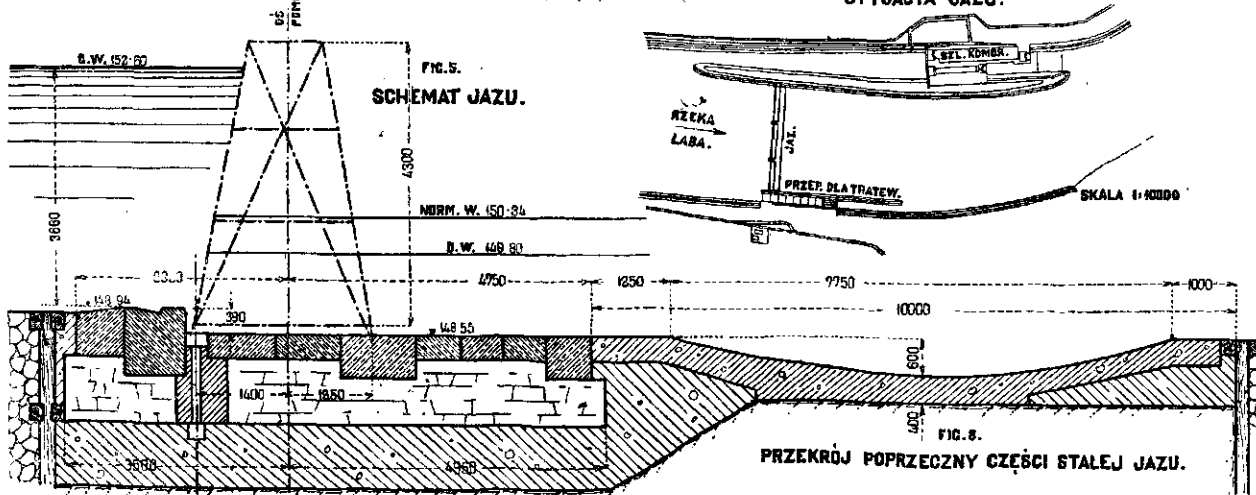
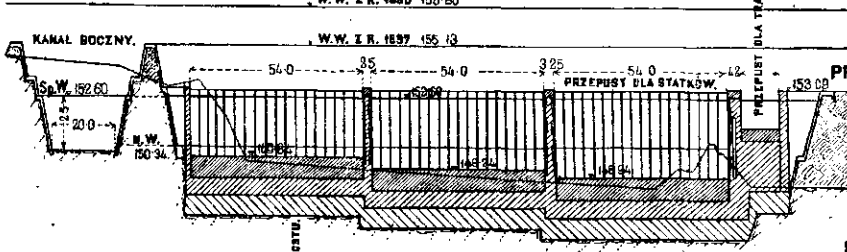
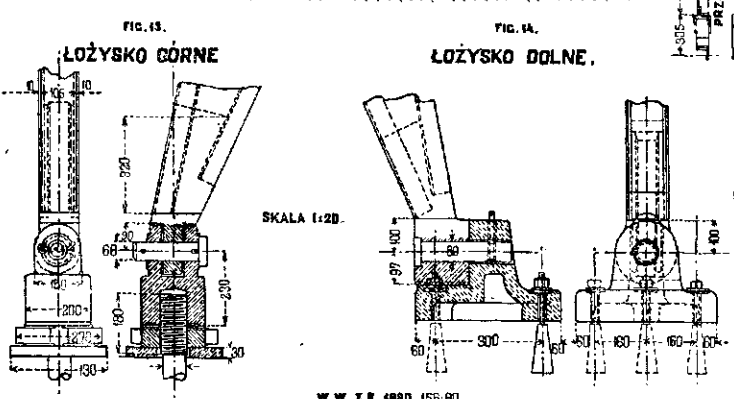
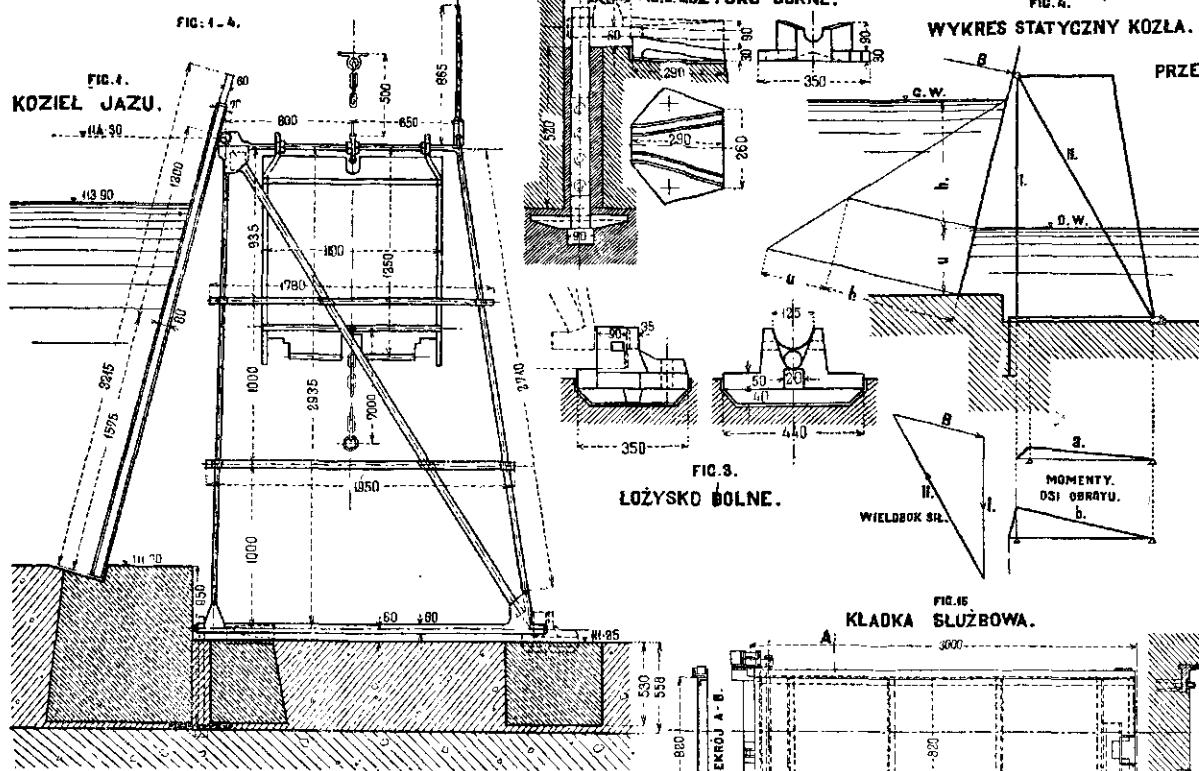
JAZ NA RENIE POD AUGST-WYHLEN.

(FIG. 9-18)

FIG. 11
PRZEKRÓJ PIONOWY „A-B” (FIG. 13)
OZWIGAR PIONOWY SKRAJNY.



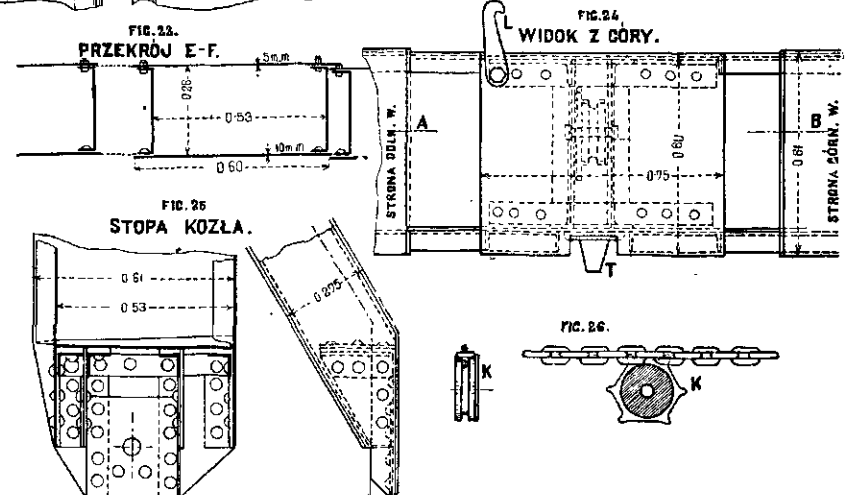
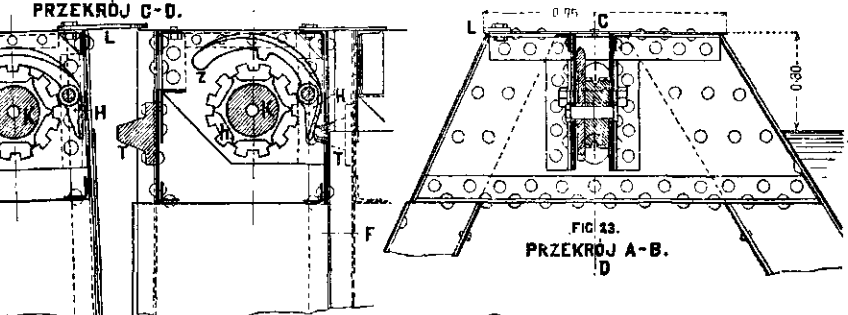
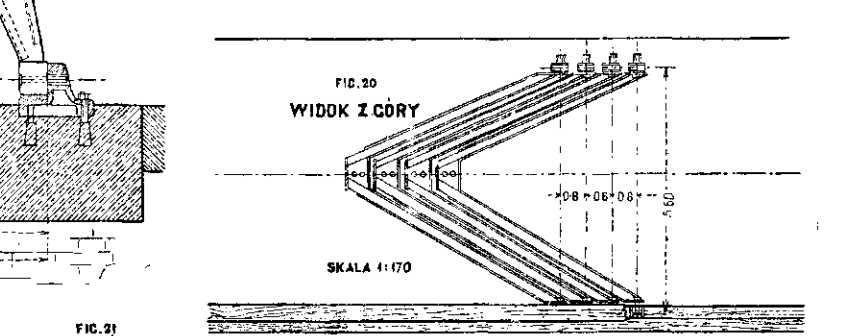
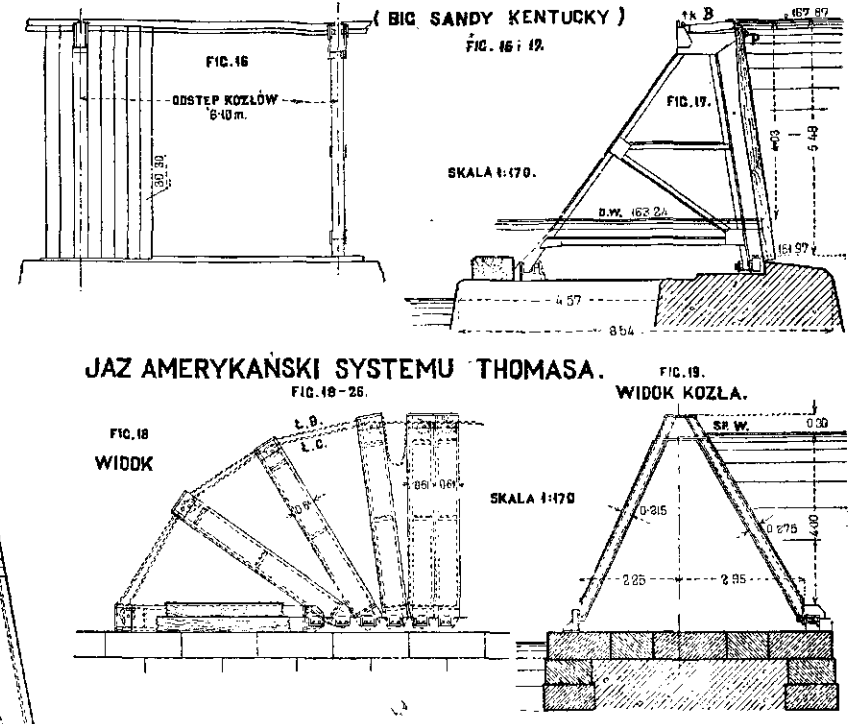
JAZ IGLICOWY KANALIZACYI ODRY.



TABLICA X. JAZY KOZŁOWE.

JAZ AMERYKAŃSKI TYPU „A”

(BIG SANDY KENTUCKY)



JAZ ZASUWOWY NA KOZŁACH W LIPSZICACH. (WELTAWA)

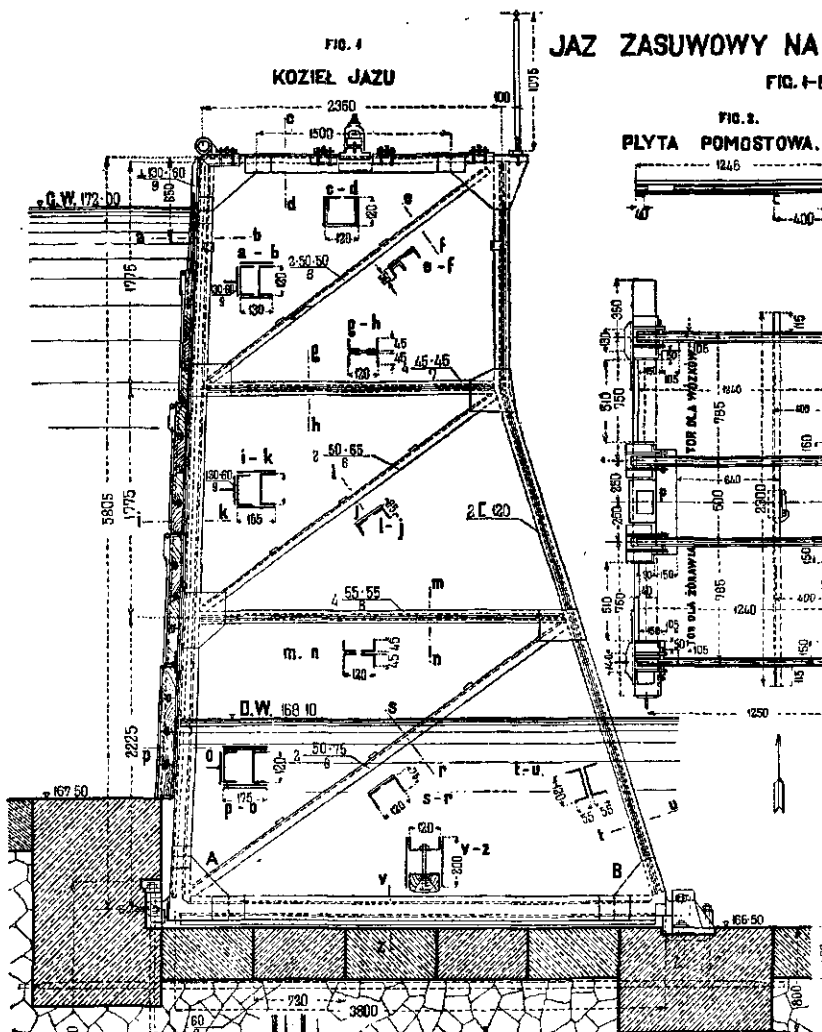


FIG. 2. PLYTA POMOSTOWA.

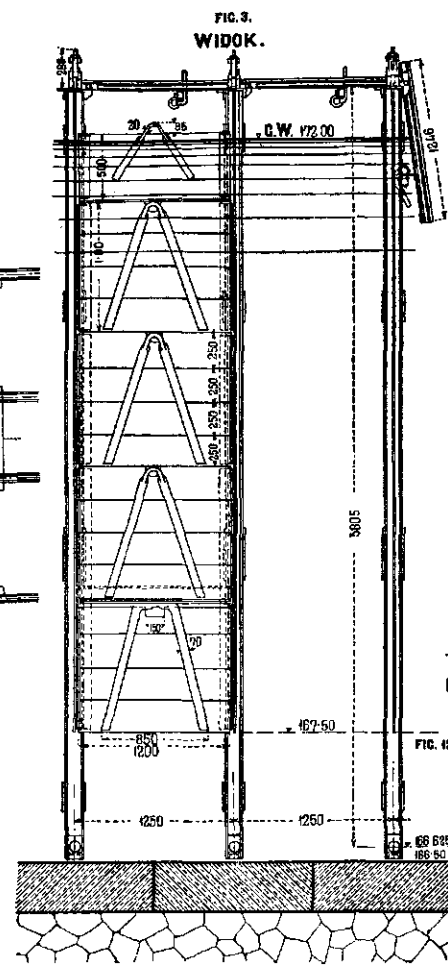


FIG. 12.3. WIDOK Z BOKU.



FIG. 13. PRZESZCZĄTNIK ZASUW.

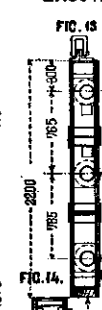


FIG. 14. PRZESZCZĄTNIK ZASUW.

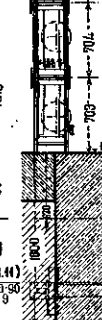


FIG. 15. PRZESZCZĄTNIK ZASUW.

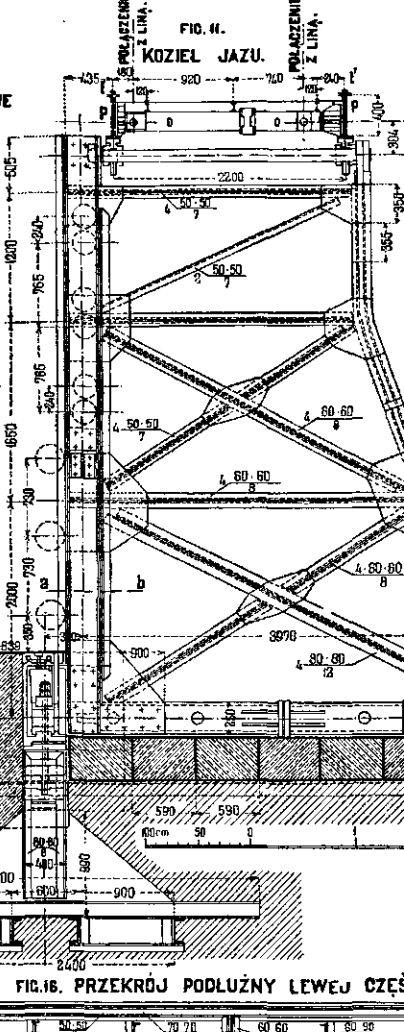
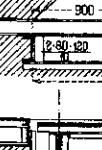


FIG. 16. PRZESZCZĄTNIK ZASUW.

FIG. 17. OGÓLNY WIDOK JAZU.

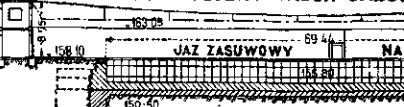


FIG. 18. WIDOK KOZŁA.

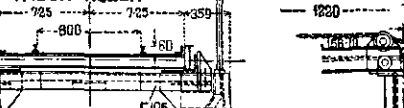
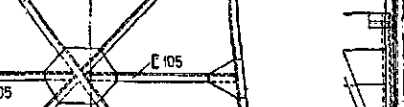


FIG. 19. ELEMENT JAZU W CZASIE SKŁADANIA.



TABLICA XI. JAZY KOZŁOWE.

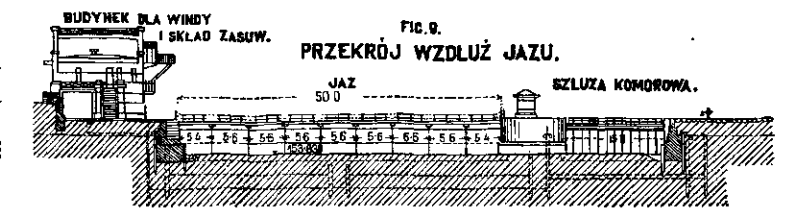


FIG. 9. PRZESZCZĄTNIK ZASUW.

FIG. 10. FUNDAMENT JAZU.



FIG. 11. PRZESZCZĄTNIK ZASUW.

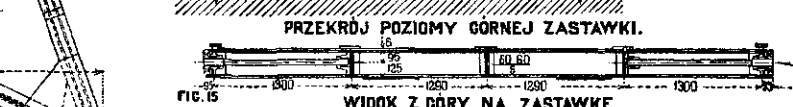


FIG. 12. WIDOK Z GÓRY NA ZASTAWKĘ.



FIG. 13. JAZ ZASUWOWY NA KOZŁACH WE WIEDNIU (KANAL DUNAJU).

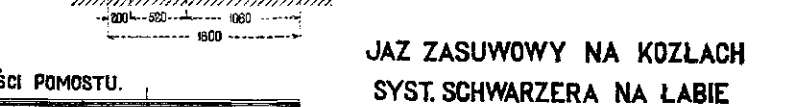


FIG. 14. JAZ ZASUWOWY NA KOZŁACH SYST. SCHWARZERA NA LABIE POD MELNIKIEM.



FIG. 15. JAZ ZASUWOWY Z MOSTEM DO PODNOSZENIA NA KOZŁACH.



FIG. 16. GÓRNY OTWÓR PODPORY POMOCNICZEJ.

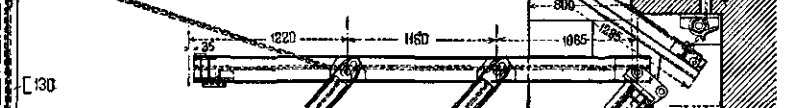


FIG. 17. ELEMENT JAZU W CZASIE SKŁADANIA.



FIG. 18. ELEMENT JAZU W CZASIE SKŁADANIA.

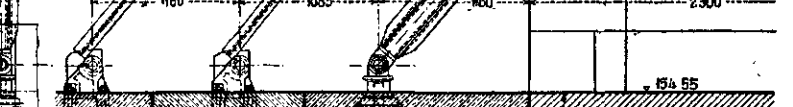


FIG. 19. ELEMENT JAZU W CZASIE SKŁADANIA.

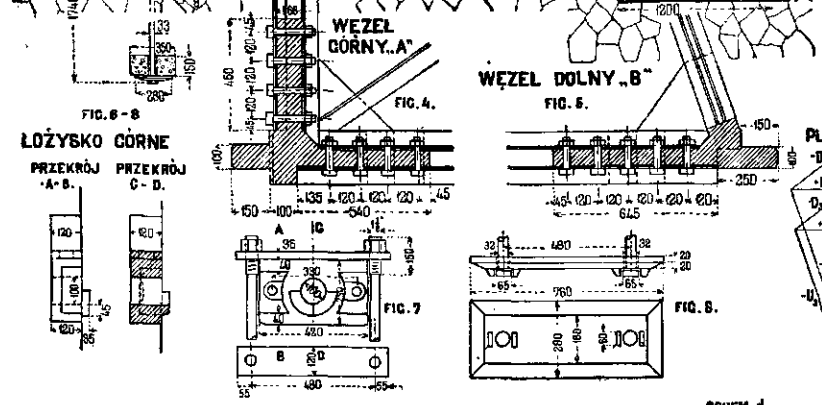
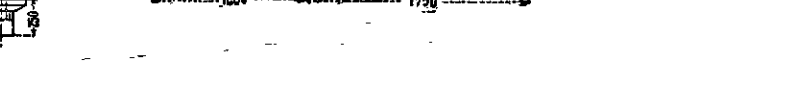


FIG. 4. WEZEŁ GÓRNY.

FIG. 5. WEZEŁ DOLNY.

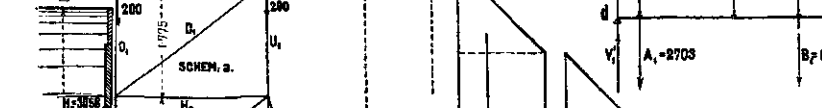


FIG. 6. PRZESZCZĄTNIK ZASUW.

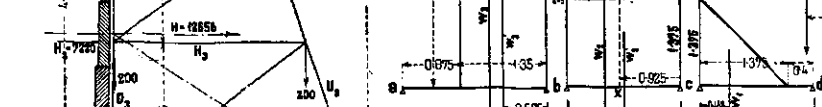
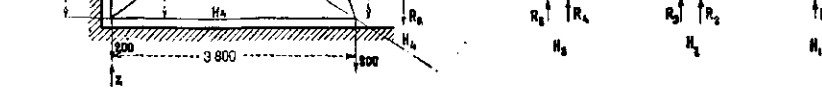
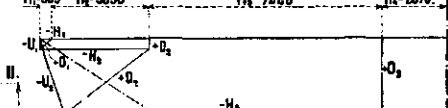


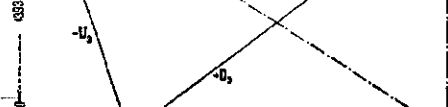
FIG. 7. PRZESZCZĄTNIK ZASUW.



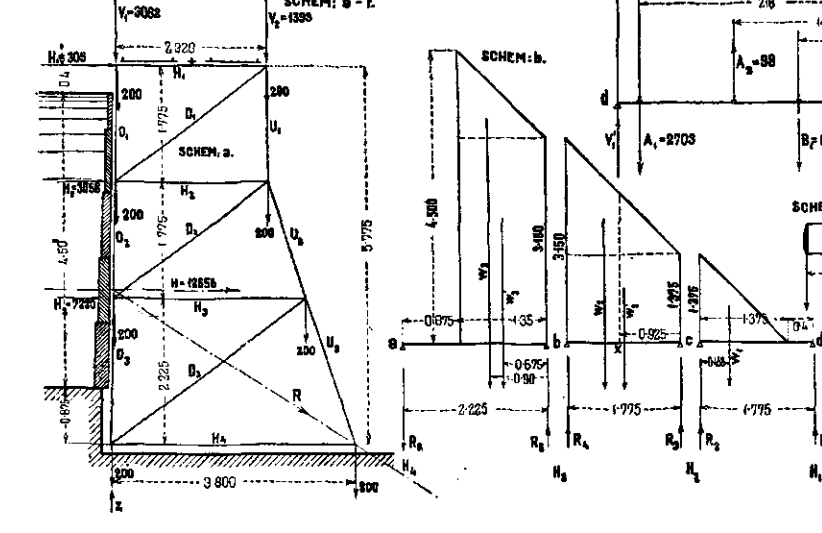
PLAN SIL I.



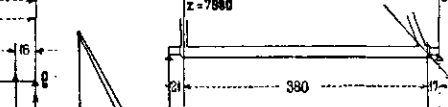
PLAN SIL II.



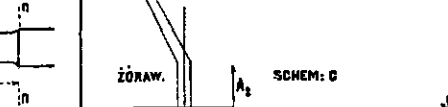
OBLICZENIE STATYCZNE JAZU W LIPSZICACH.



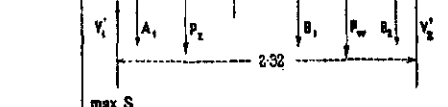
SCHEM. d.



SCHEM. e.



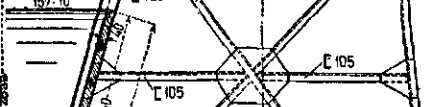
SCHEM. f.



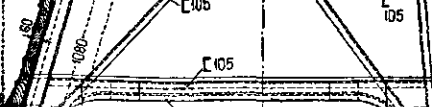
SCHEM. g.



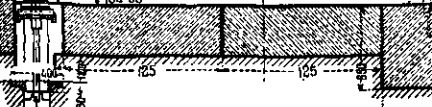
SCHEM. h.



SCHEM. i.



SCHEM. j.



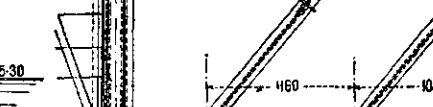
SCHEM. k.



SCHEM. l.



SCHEM. m.



SCHEM. n.



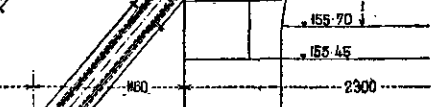
SCHEM. o.



SCHEM. p.



SCHEM. q.



SCHEM. r.



SCHEM. s.



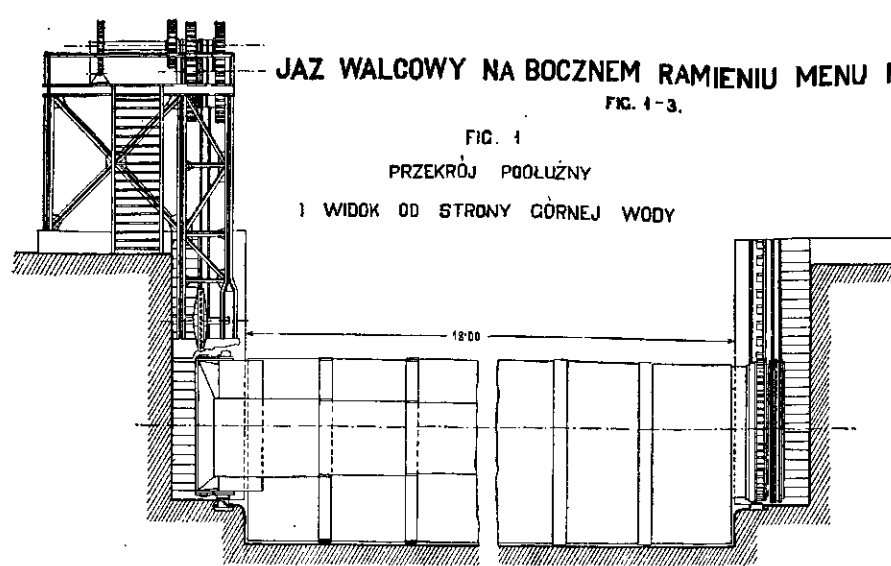
JAZ WALCOWY NA BOCZNYM RAMIENIU MENU POD SCHWEINFURTEM.

FIG. 1-3.

FIG. 1

PRZĘKROJ POŁOŻNY

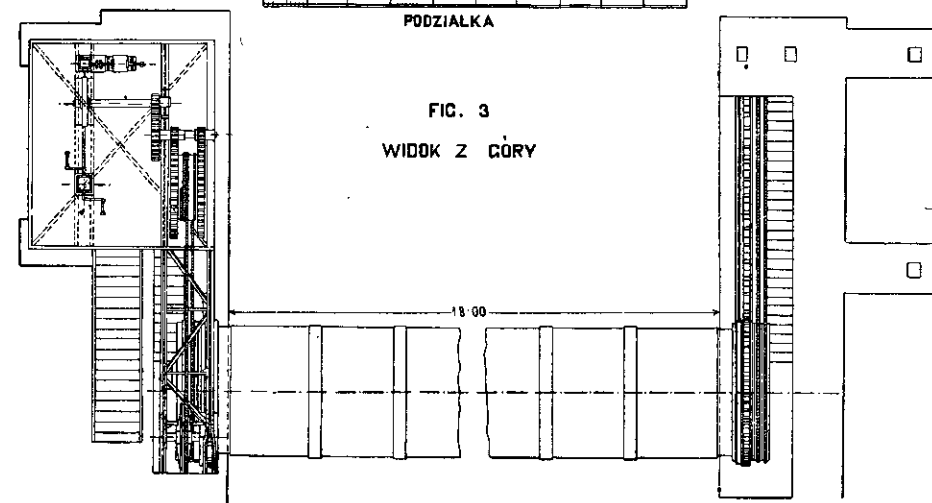
1 WIDOK OD STRONY CÖRNEJ WODY



1800
PODZIAŁKA

FIG. 3

WIDOK Z CÖRY



OBŁICZENIE STATYCZNE JAZU

FIG. 7-13.

POPEŁ OBUSTRONNY

FIG. 7

POPEŁ JEDNOSTRONNY

FIG. 8a

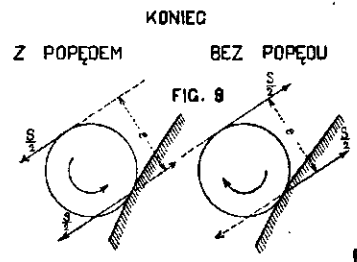
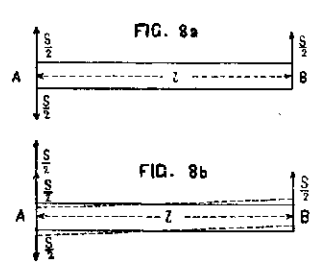
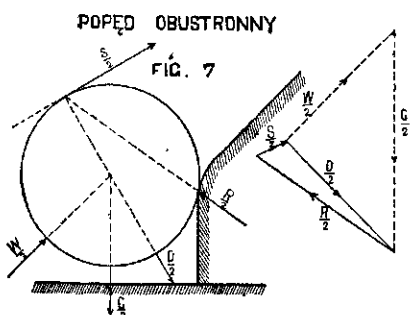
FIG. 8b

KONIEC

Z POPEŁEM

BEZ POPEŁU

FIG. 8



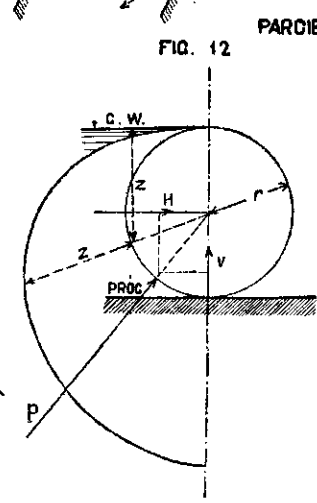
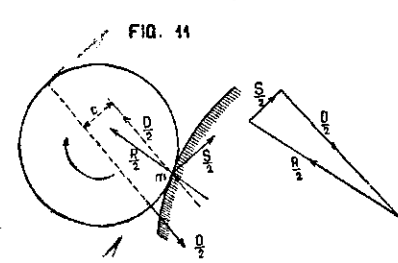
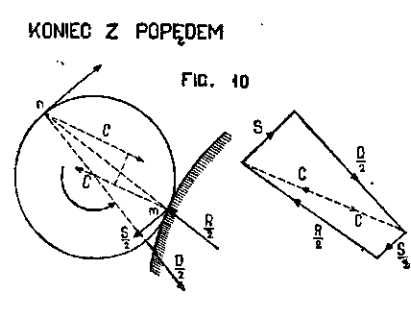
POPEŁ JEDNOSTRONNY

KONIEC Z POPEŁEM

FIG. 10

KONIEC BEZ POPEŁU

FIG. 11



PARCIE WODY NA WALEC

FIG. 12

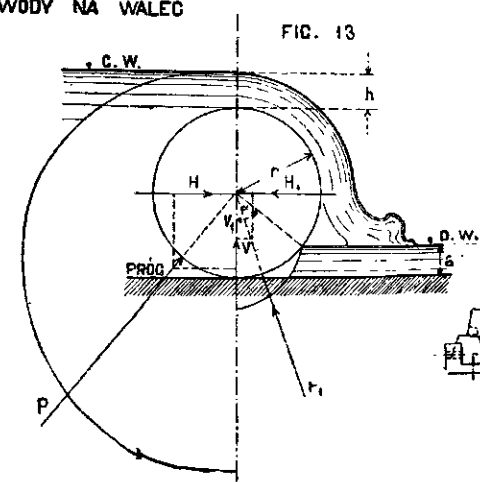
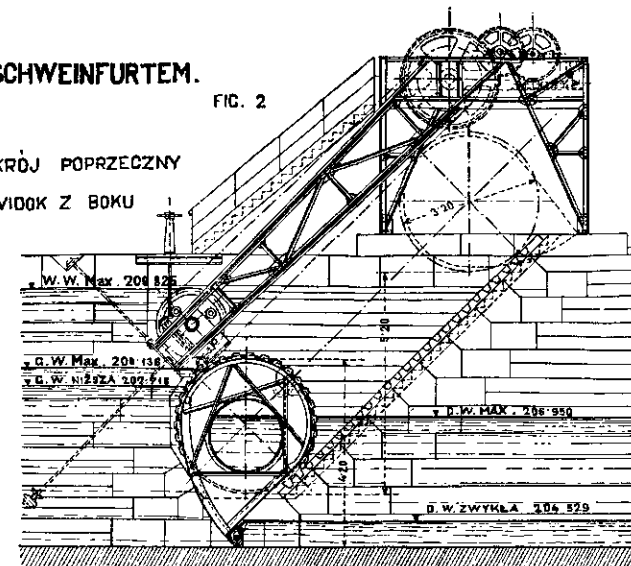


FIG. 13

PRZĘKROJ POPRZECZNY

1 WIDOK Z BOKU

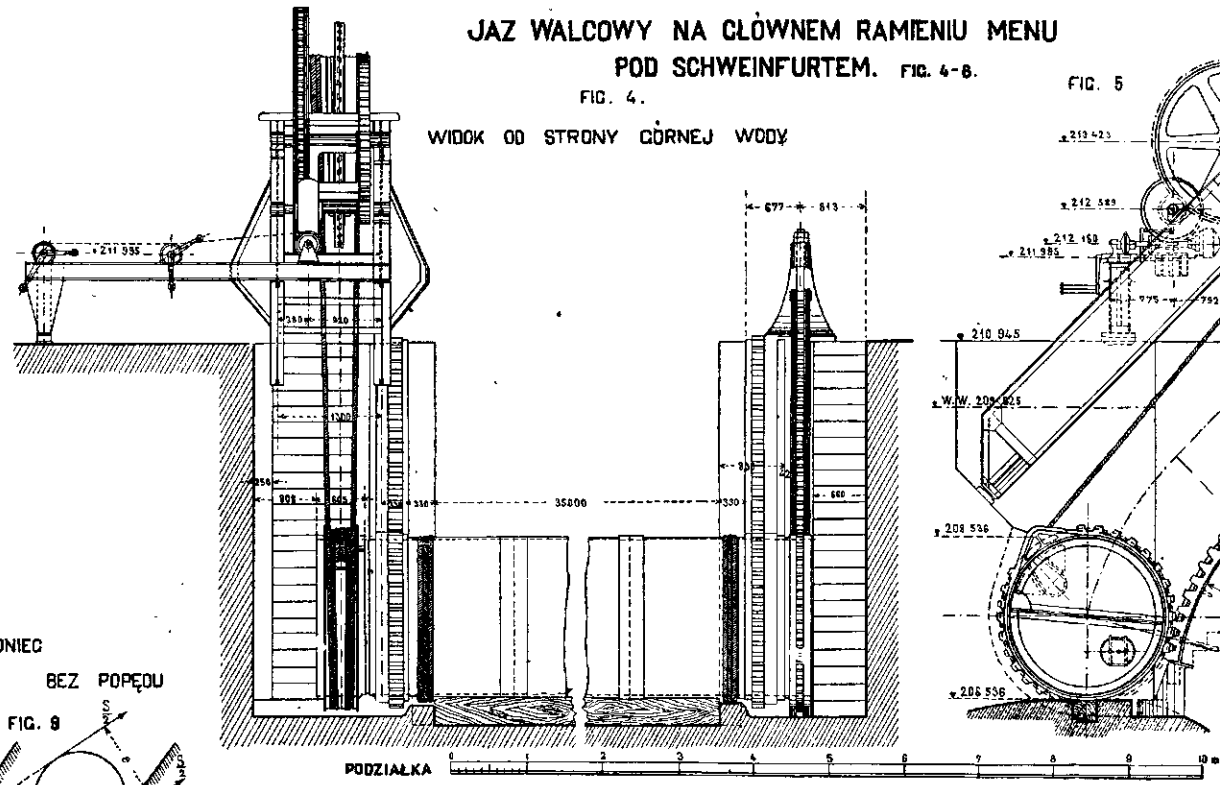
FIG. 2



JAZ WALCOWY NA CŁÖWNYM RAMIENIU MENU POD SCHWEINFURTEM.

FIG. 4-6.

WIDOK OD STRONY CÖRNEJ WODY



PODZIAŁKA

PRZYZCÖLEK PRAWY.

FIG. 6

JAZY WALCOWE.

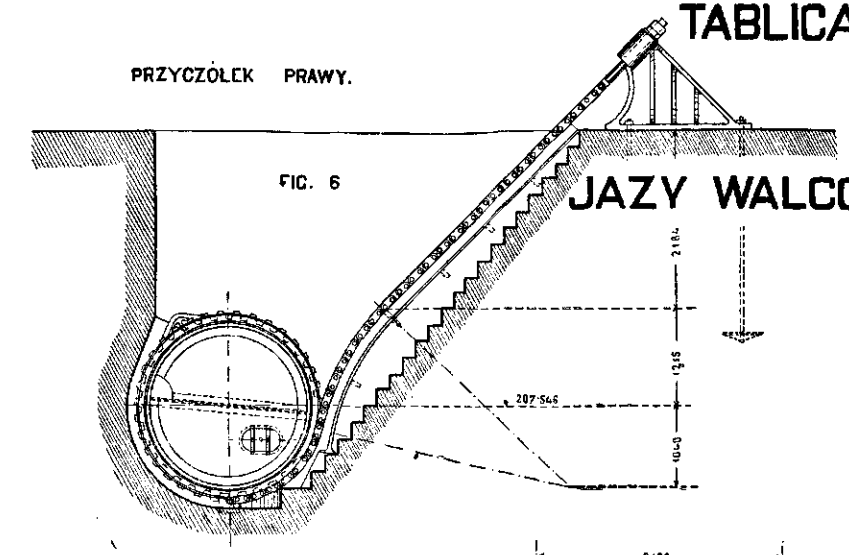
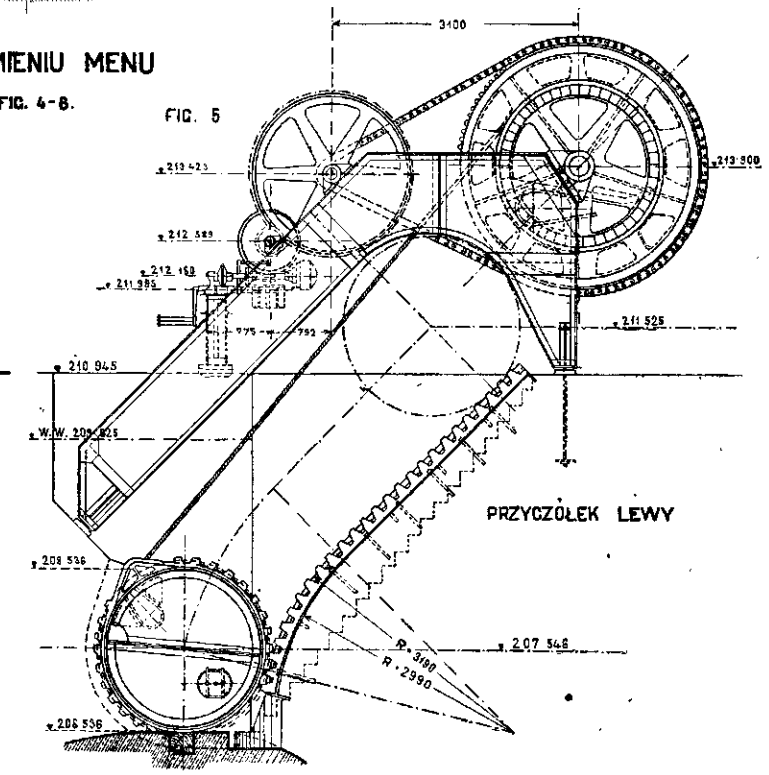


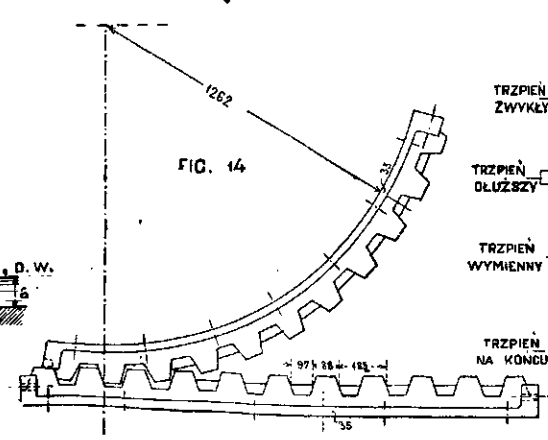
FIG. 5



PRZYZCÖLEK LEWY

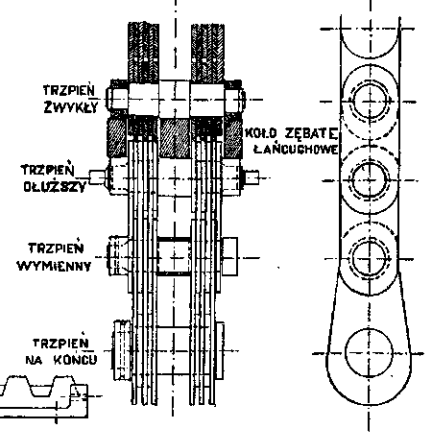
SZCZECÖŁ KÖŁA ZĘBATEGO I SZYNY

FIG. 14



SZCZECÖŁ ŁÄNCUCHA

FIG. 15



ZAKŁAD WODNY NA RZECIE NECKAR POD NECKARWESTHEIM.

FIG. 1-12.

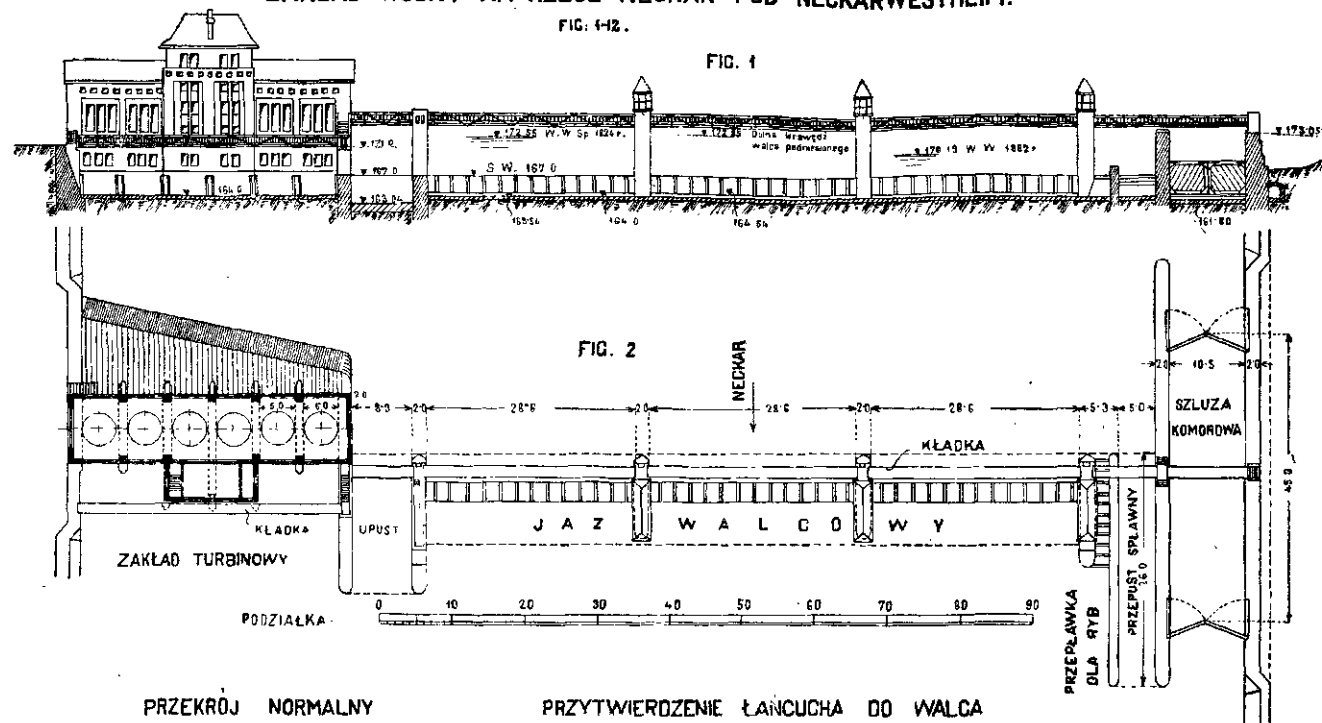


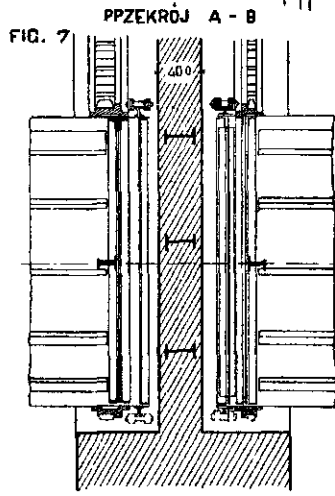
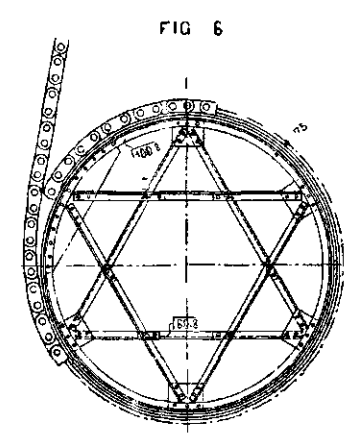
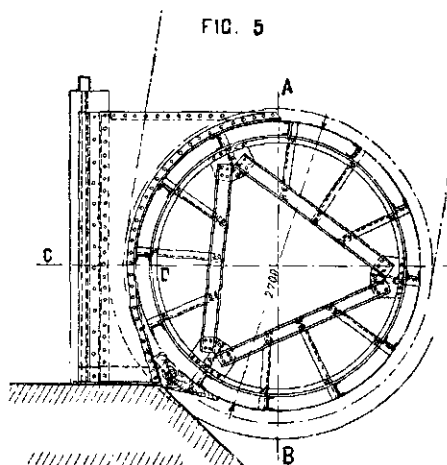
FIG. 2

FIG. 1

PRZĘKROJ NORMALNY

PRZYTWIERDZENIE ŁANCUCHA DO WALCA

PPZĘKROJ A-B



PODZIAŁKA

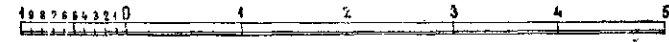


FIG. 8

CZCNA WODA

PRZĘKROJ C-D

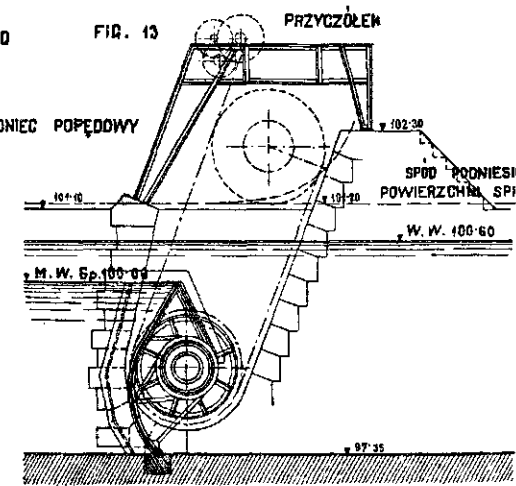
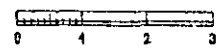
FIG. 13

PRZCZOLEN

JAZ NA SALI POD KISSINCEN.

FIG. 13-16.

PODZIAŁKA



PRZĘKROJ PRZĘ CZĘŚĆ SPIĘTRZAJĄCĄ I USZCZELNIENIE BOCZNE

FIG. 14

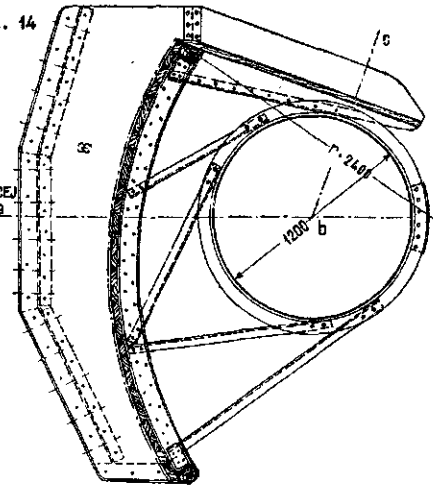
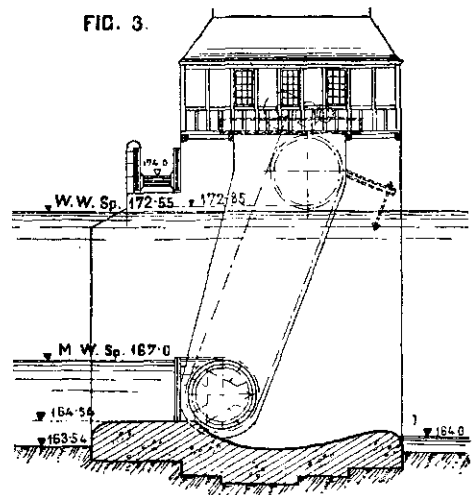


FIG. 15

FILAR Z WYCIĄGIEM DLA OTWORU ŚRODKOWEGO I Z POPEŁOWYM KONCEM WALCA

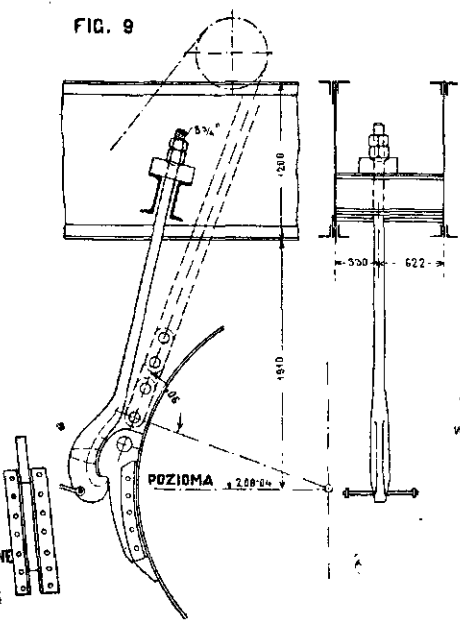
FIG. 3.



ZAWIESZENIE WALCA W NAJWYŻSZYM POŁOŻENIU

PODZIAŁKA 1:50

FIG. 9



BADANIE STATYCZNE FILARU

PODZIAŁKA

FIG. 11

FIG. 10

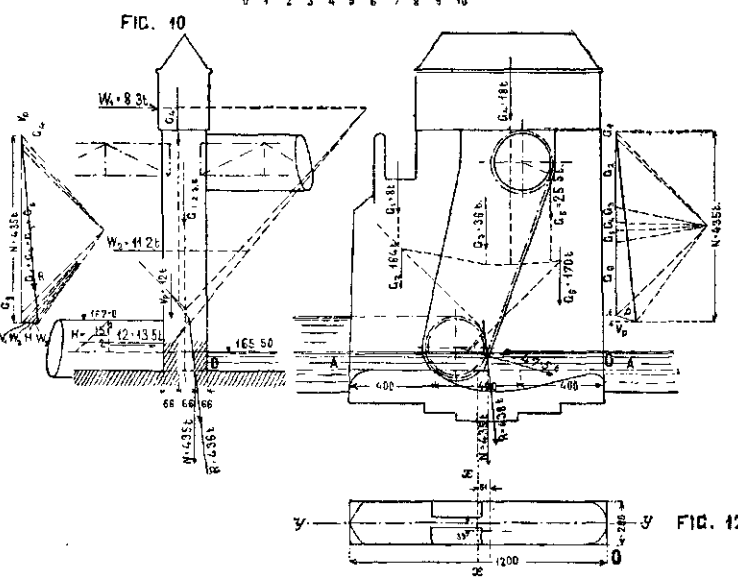
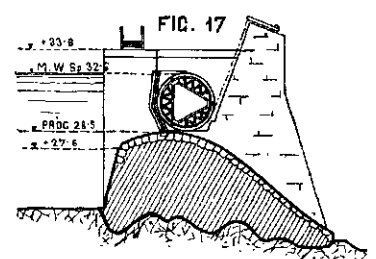


FIG. 12

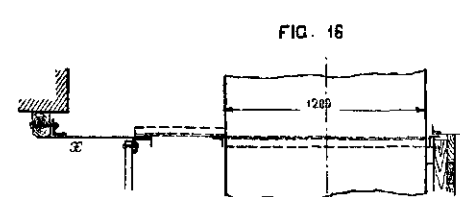
JAZ POD ENSOKOSKI.

FIG. 17

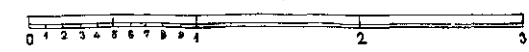


PRZĘKROJ a-b-c

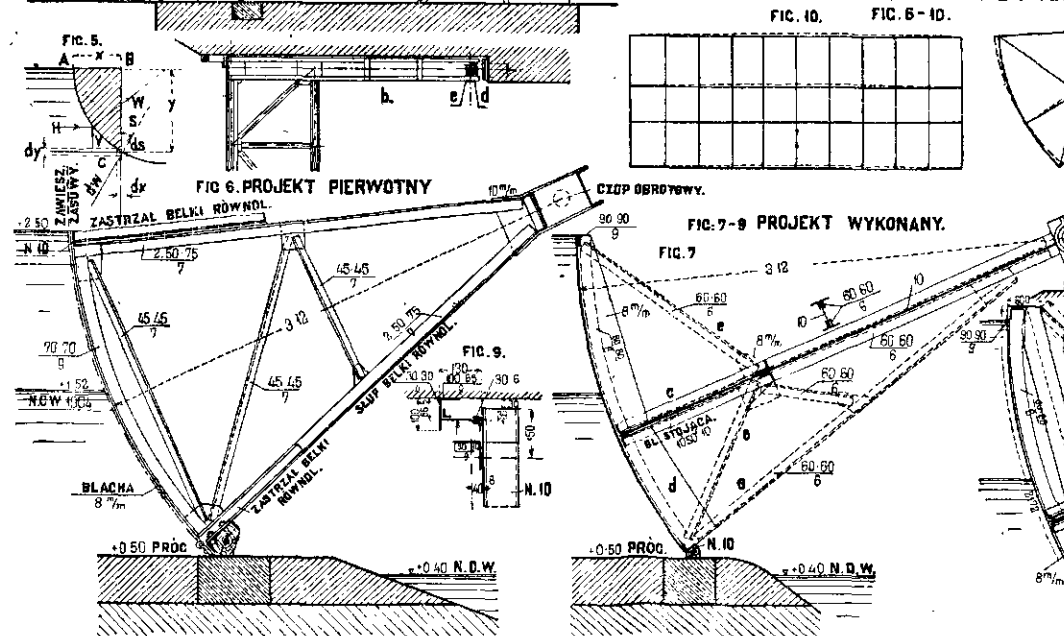
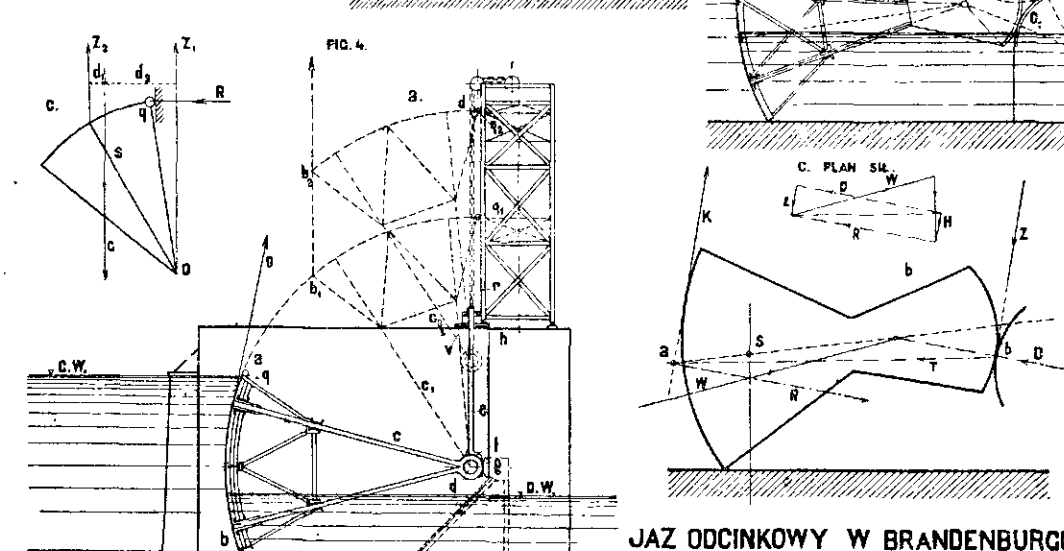
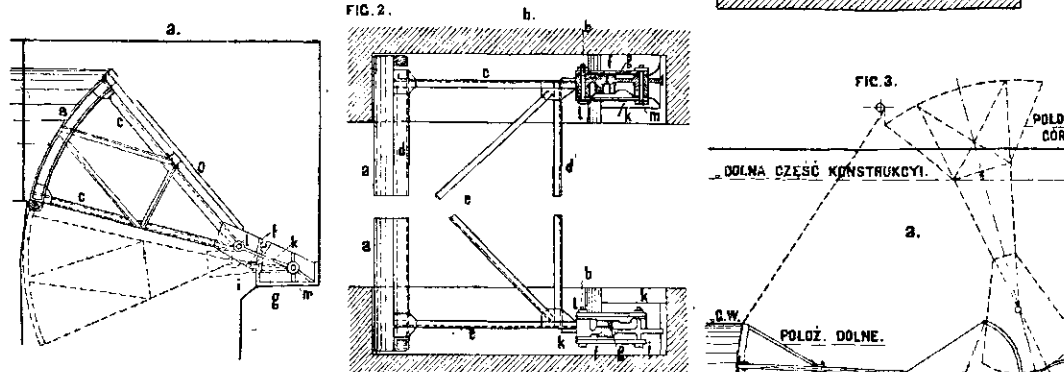
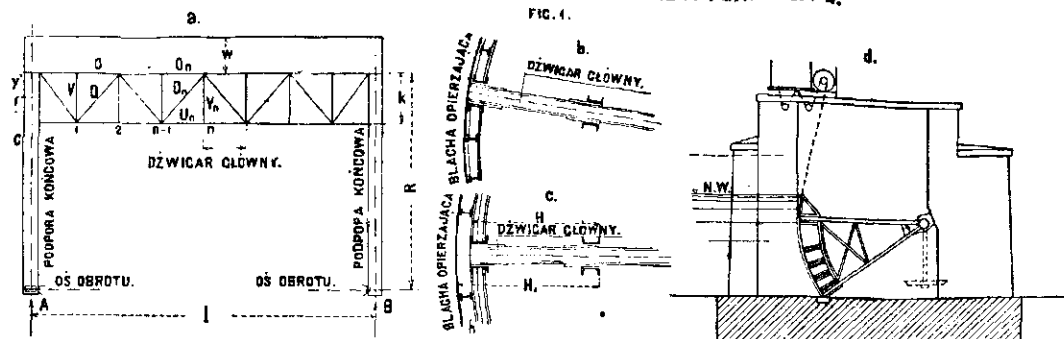
FIG. 16



PODZIAŁKA

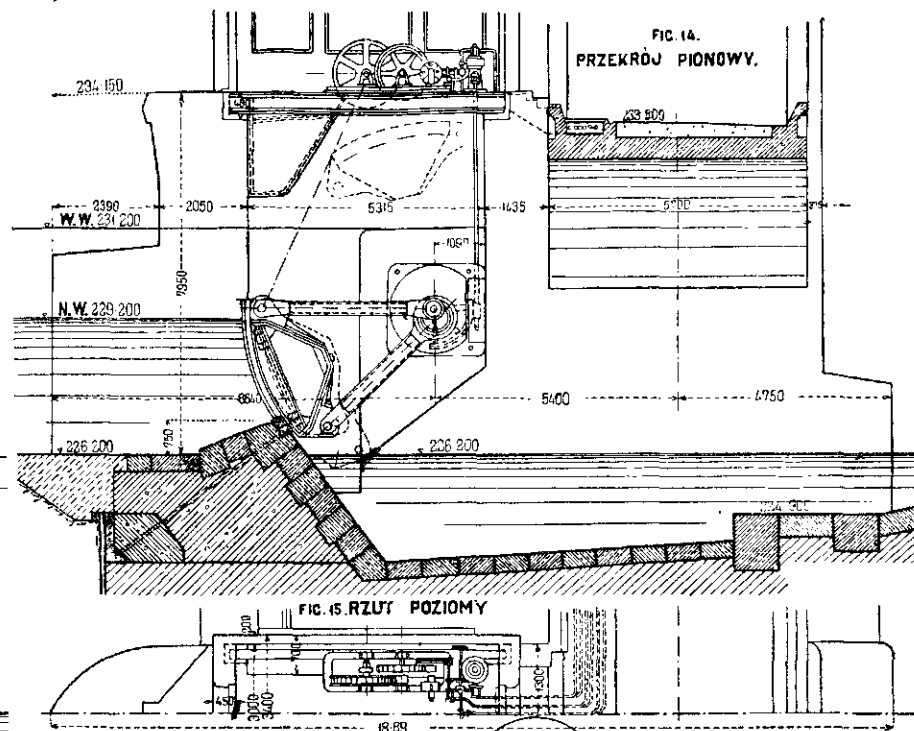


SCHEMATY KONSTRUKCYI JAZÓW ODCINKOWYCH. FIG. 1-4.



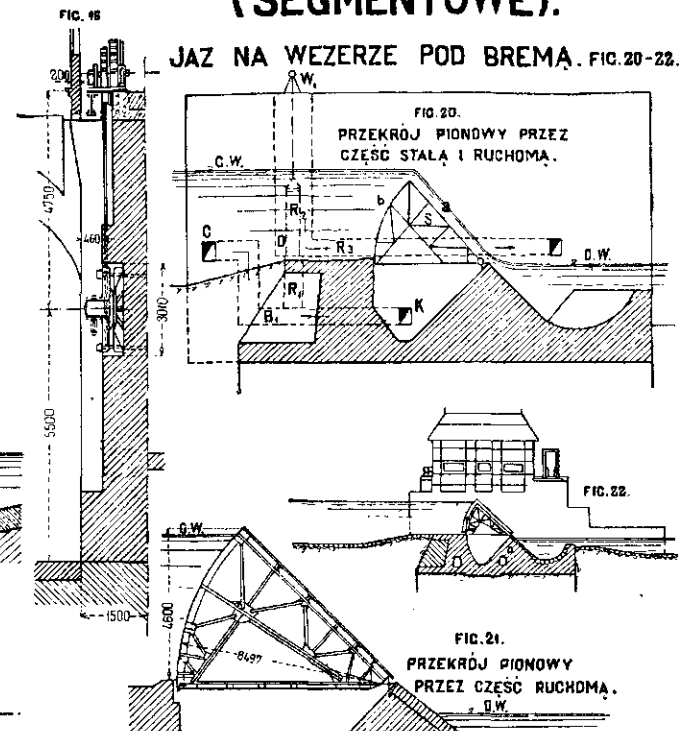
JAZ ODCINKOWY W KRALOWYM - HRADCU.

FIG. 14-16.

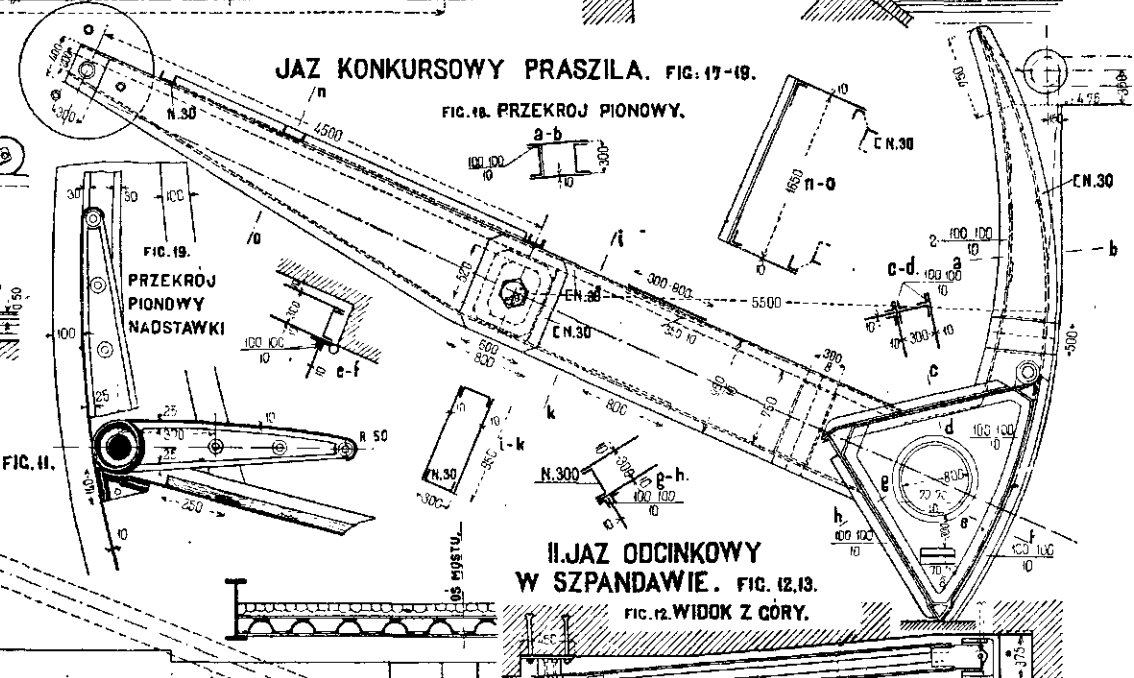


TABLICA XIV. JAZY ODCINKOWE (SEGMENTOWE).

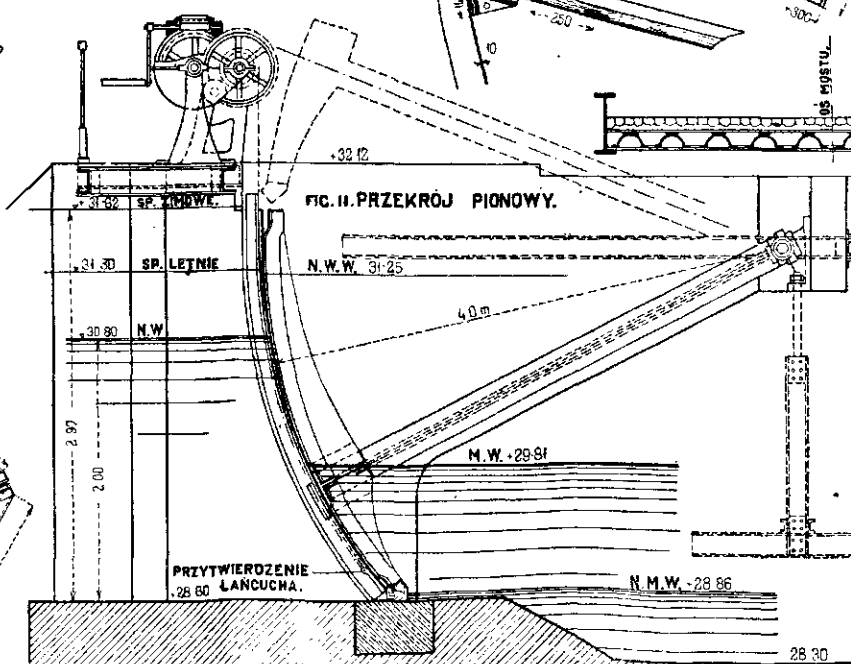
JAZ NA WEZERZE POD BREMĄ. FIG. 20-22.



JAZ KONKURSOWY PRASZILA. FIG. 17-19.

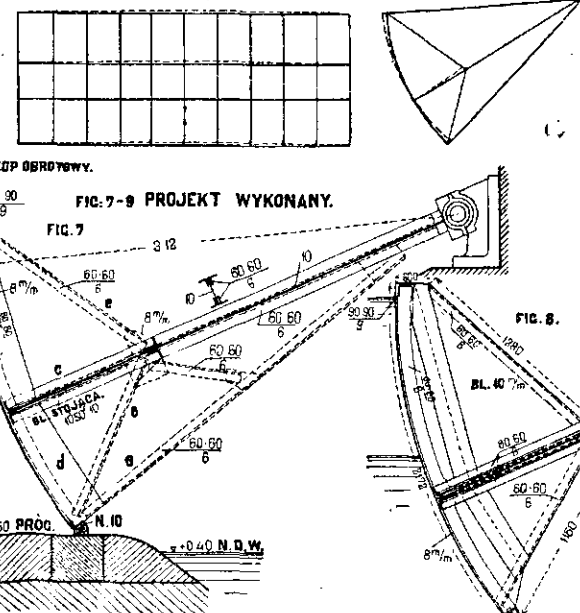


I. JAZ ODCINKOWY W SZPANDAWIE. FIG. 11.



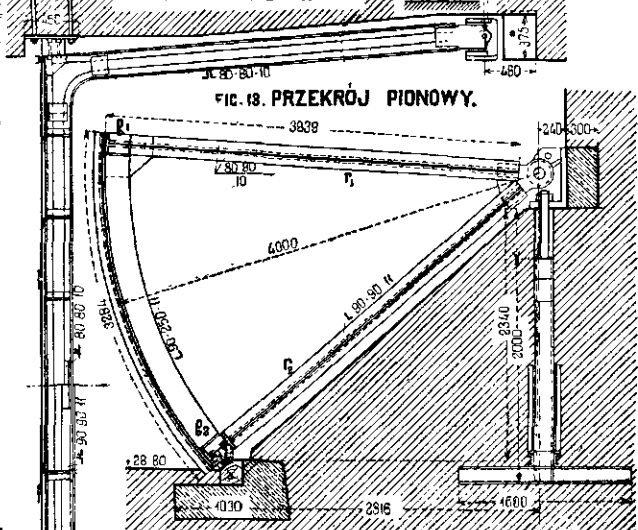
JAZ ODCINKOWY W BRANDENBURGU.

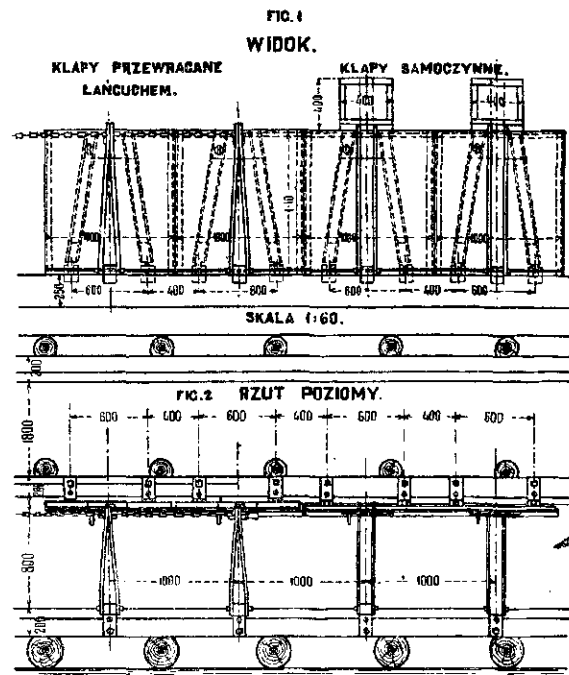
FIG. 10, FIG. 8-10.



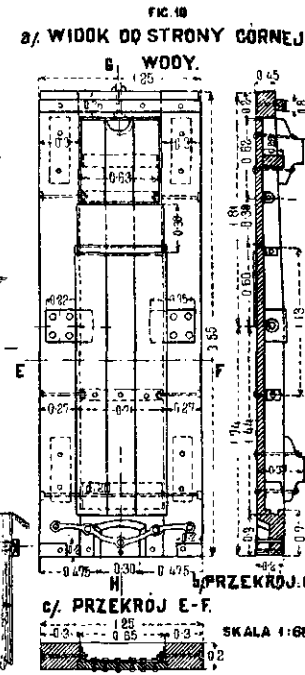
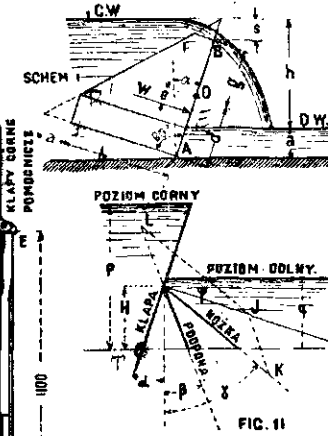
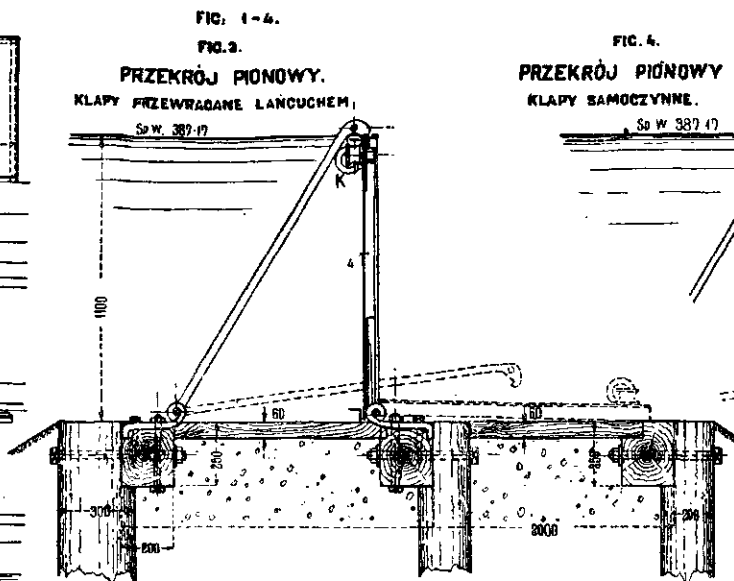
II. JAZ ODCINKOWY W SZPANDAWIE. FIG. 12, 13.

FIG. 12. WIDOK Z GÓRY.



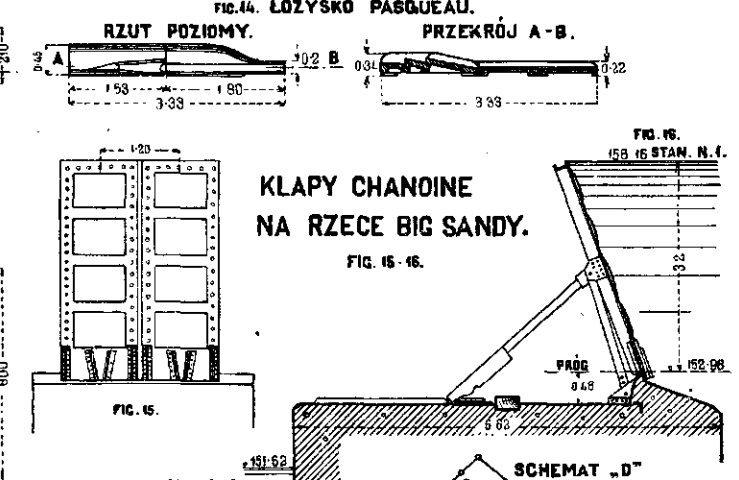
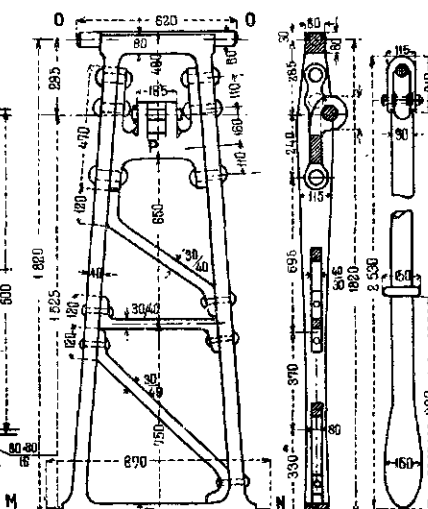
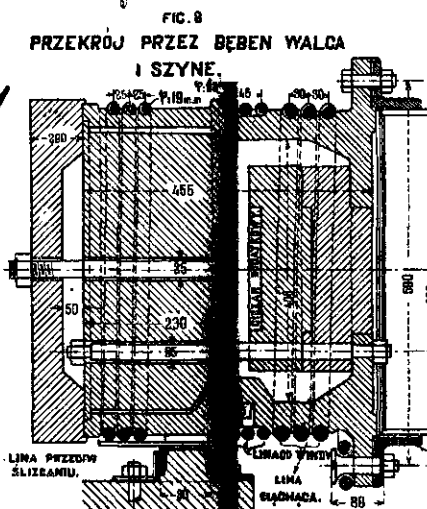
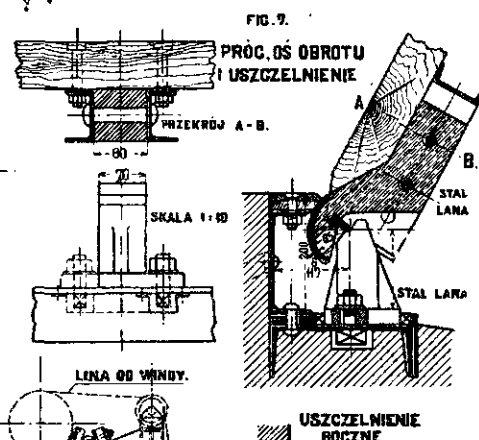
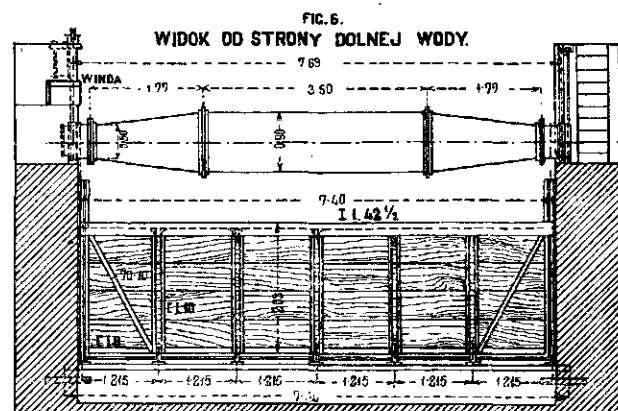
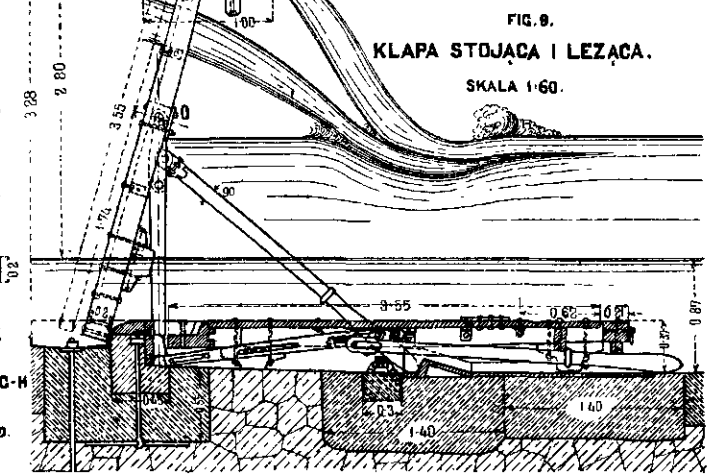


KLAPA SYSTEMU BOLLERA NA LIMMACIE POD DIETIKON.



TABLICA X V. JAZY KLAPOWE.

KLAPY CHANOINE NA CÖRNEJ SEKWANIE.



SAMOCZYNNÄ KLAPA SZWAJCARSKA Z WALCÖM TOCZÄCYM SIÖ.

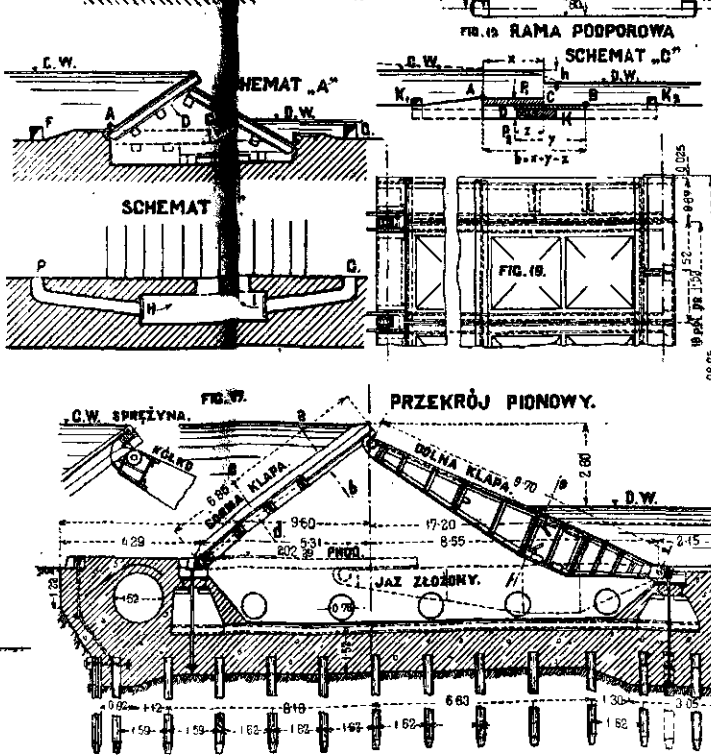
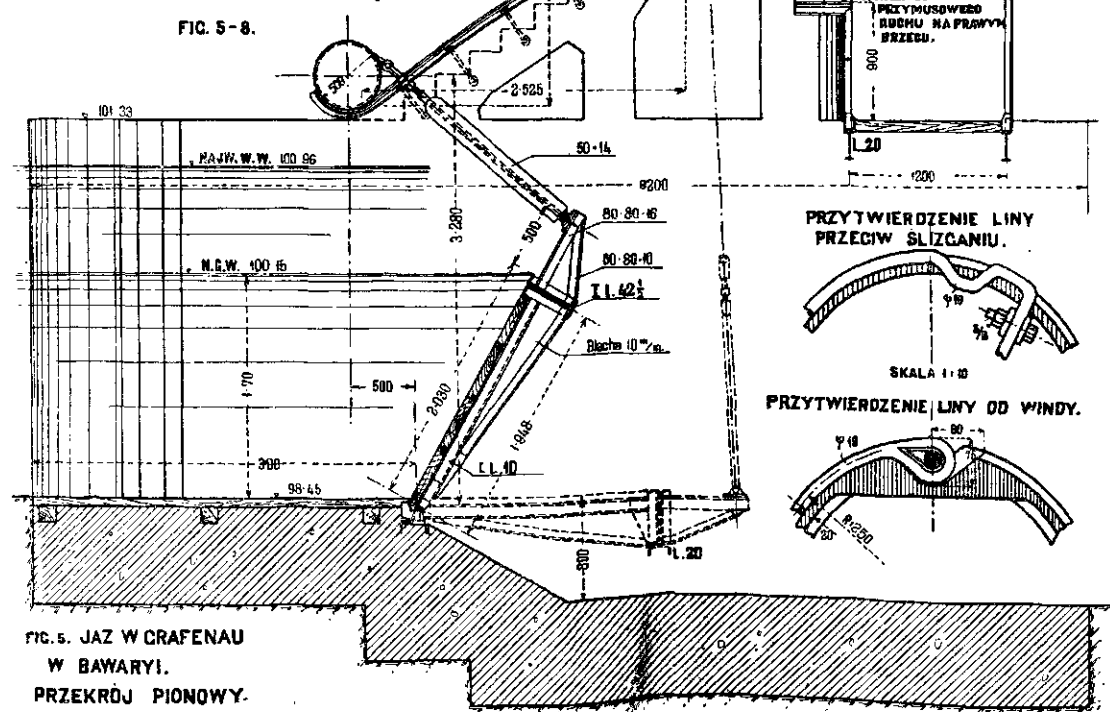


FIG. 4-7.

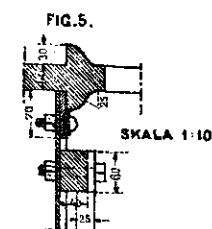
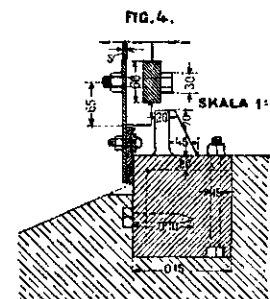
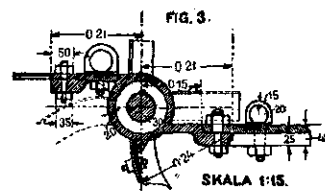
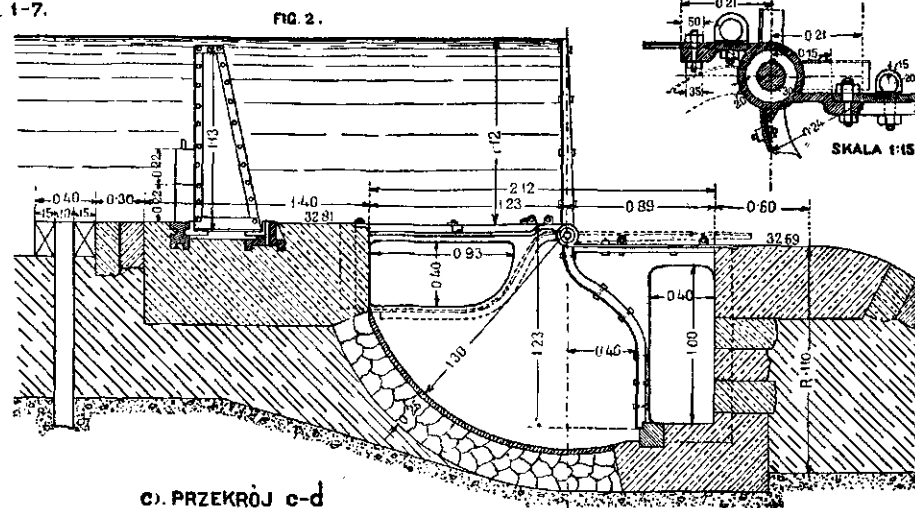
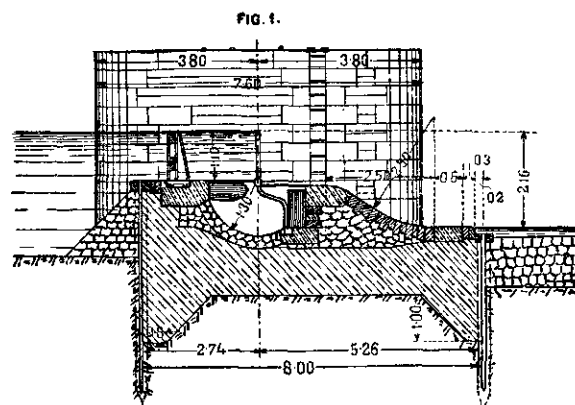


FIG. 6.

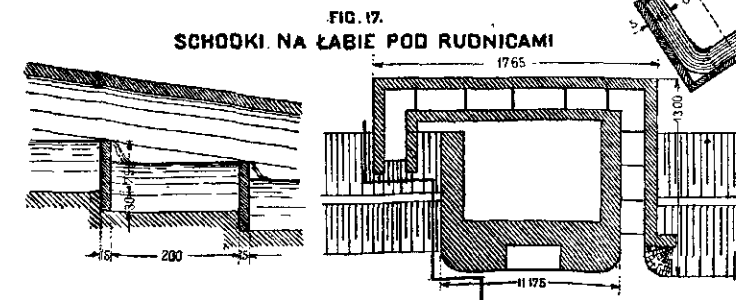
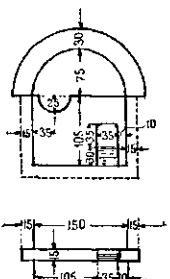
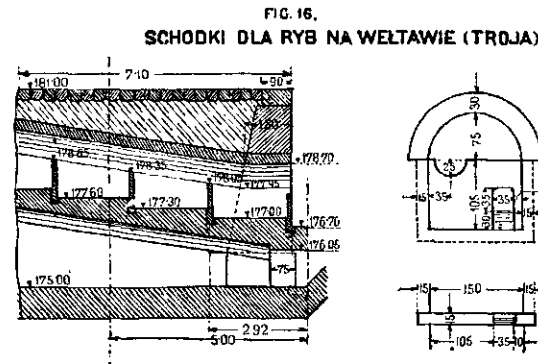
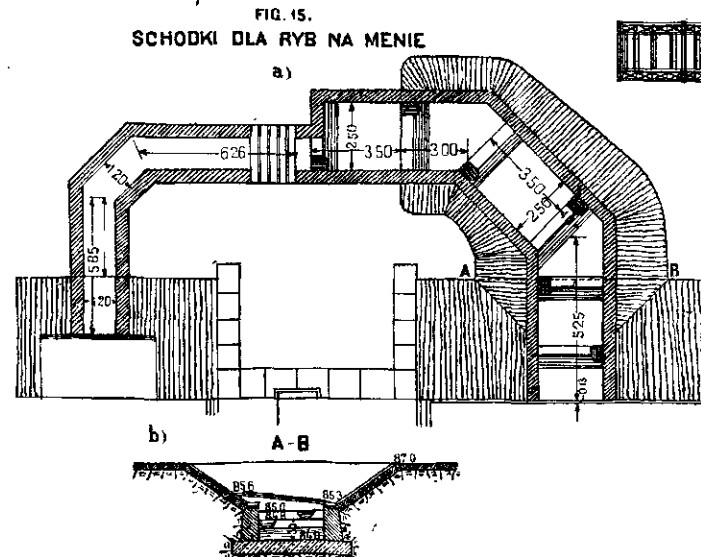
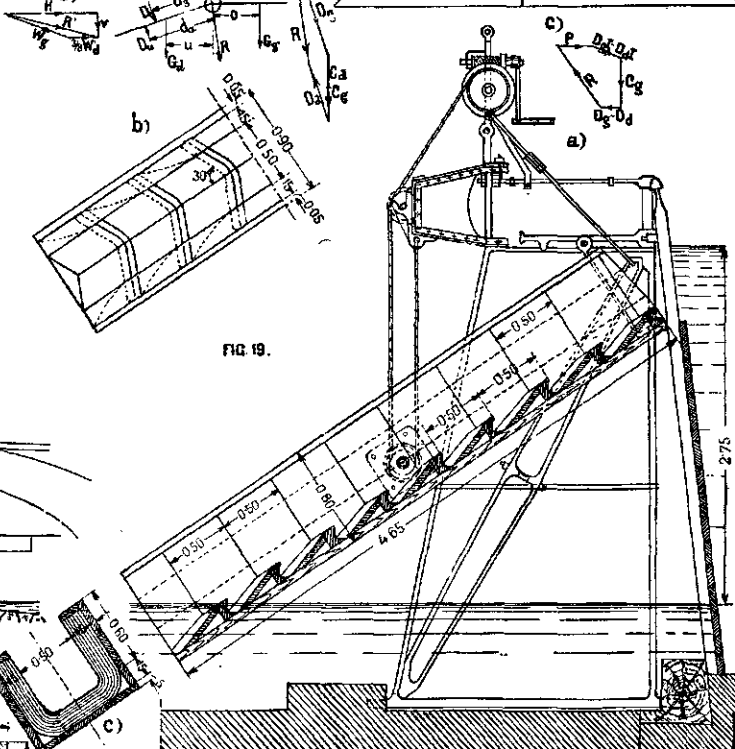
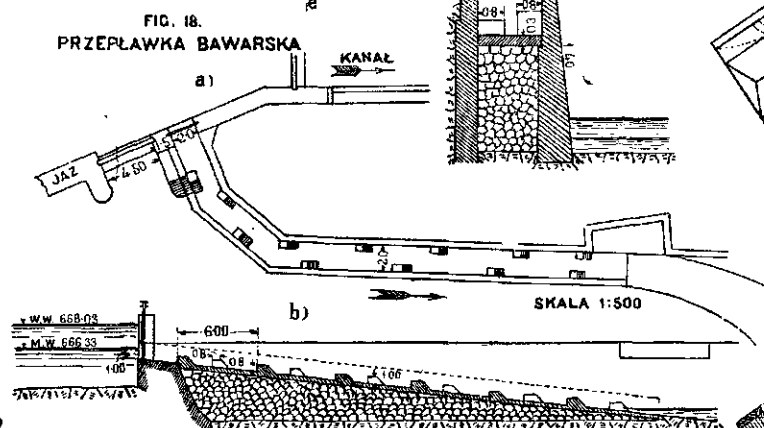
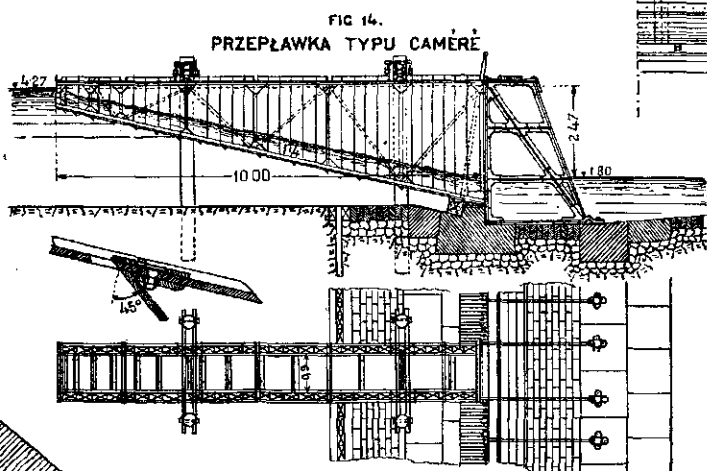
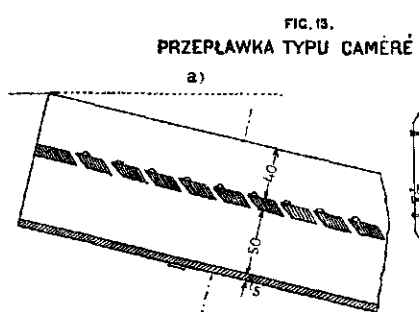
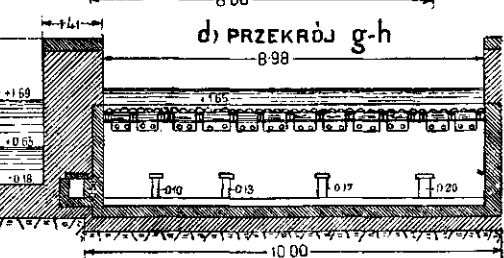
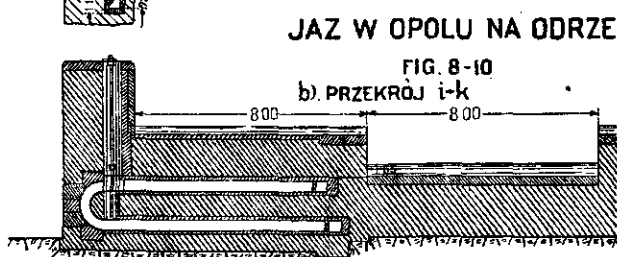
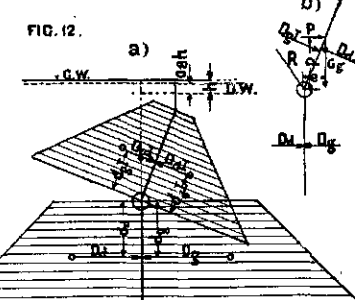
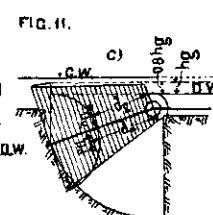
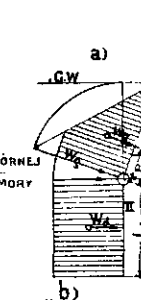
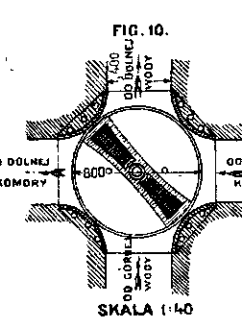
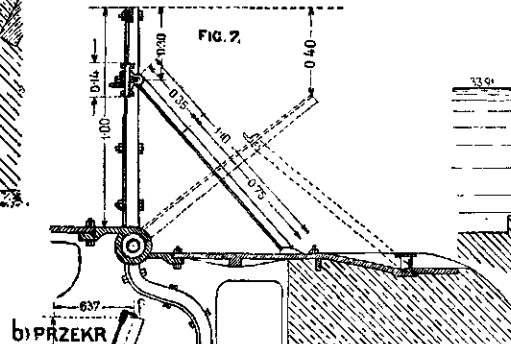
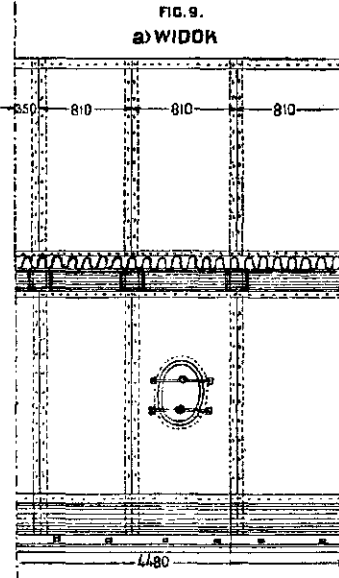
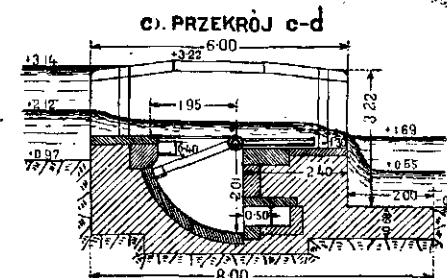
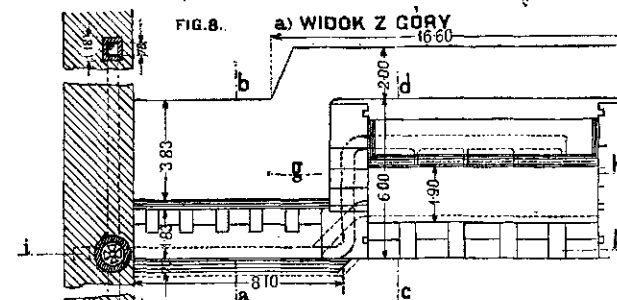
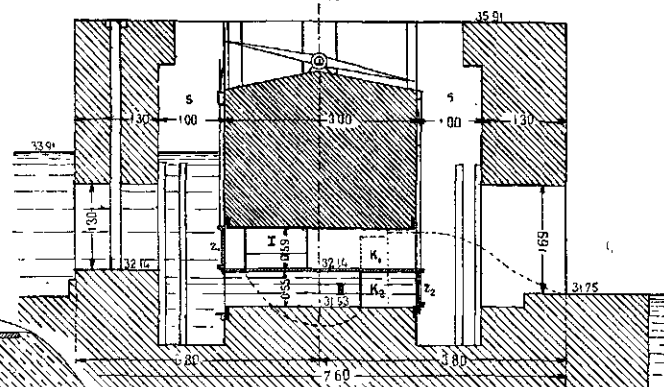


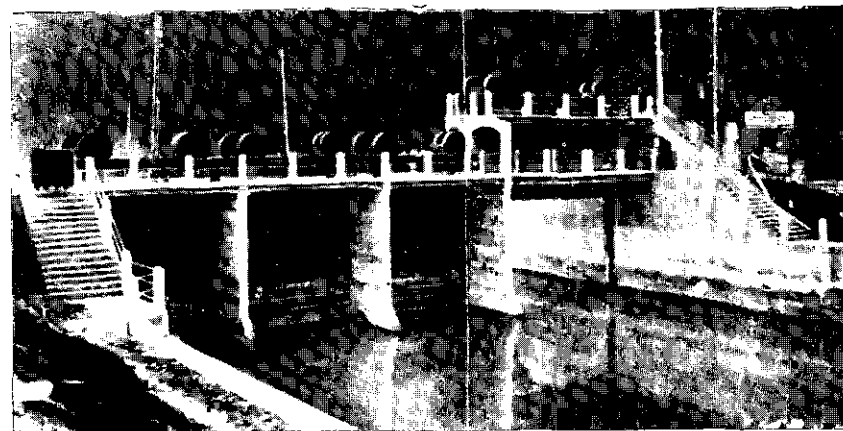
FIG. 19a-c.

TABLICA XVII. JAZY ZASUWOWE.

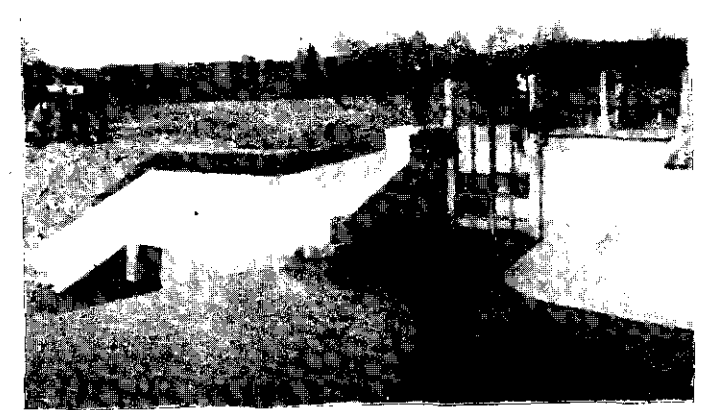
JAZ NA RUDAWIE W BALICACH.
(OD STRONY GÓRNEJ WODY)



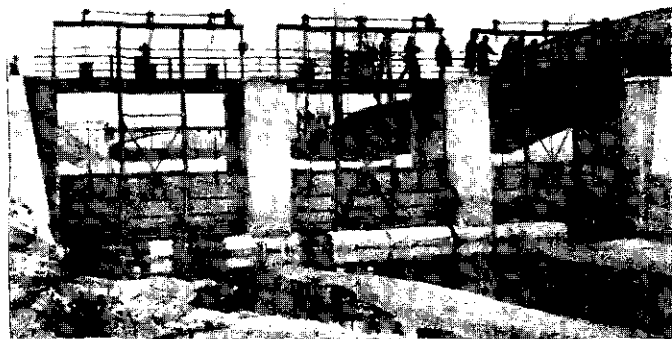
JAZ NA KANALE IZARY W MONACHIUM.



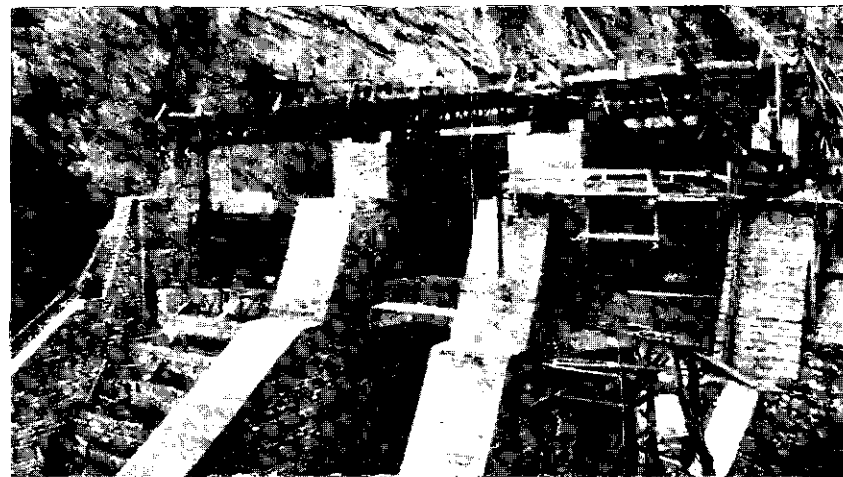
JAZ NA MACOSZE POD OSIEKIEM.



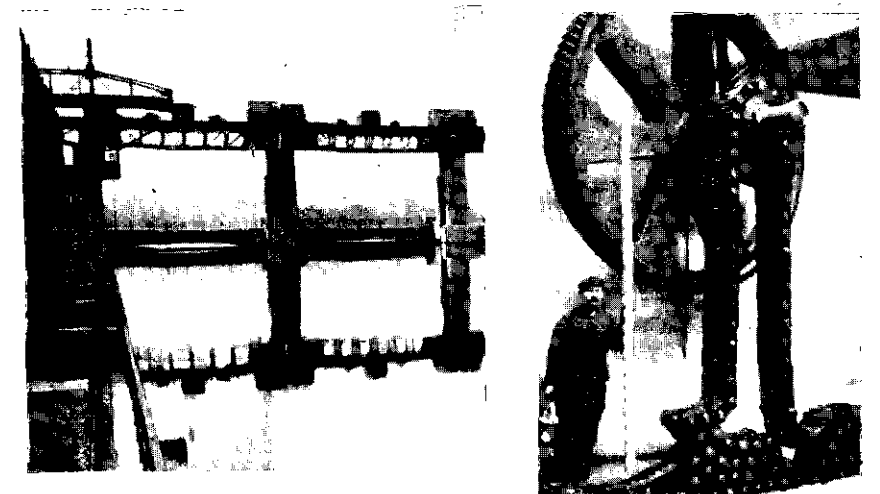
JAZ NA RUDAWIE W BALICACH.
(OD STRONY DOLNEJ WODY)



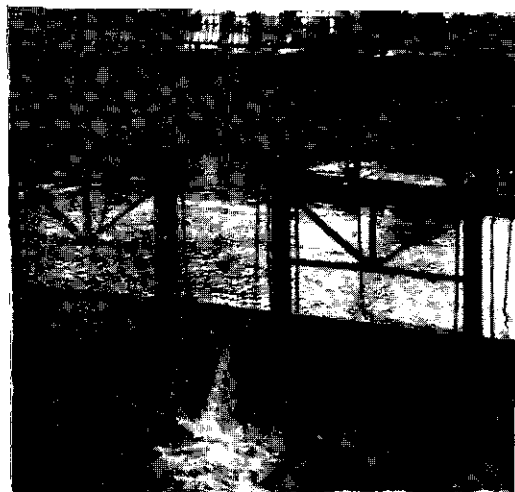
JAZ NA ALBULI W SZWAJCARYI.



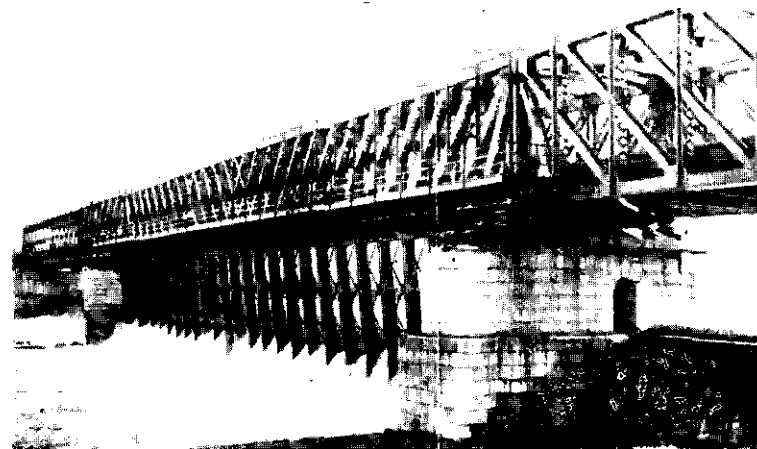
JAZ NA RENIE POD AUGST-WYHLEN.



JAZ NA ORLICY
W KRALOWYM-HRADCU.



JAZ NA WEŁTAWIE POD MIROWICAMI.

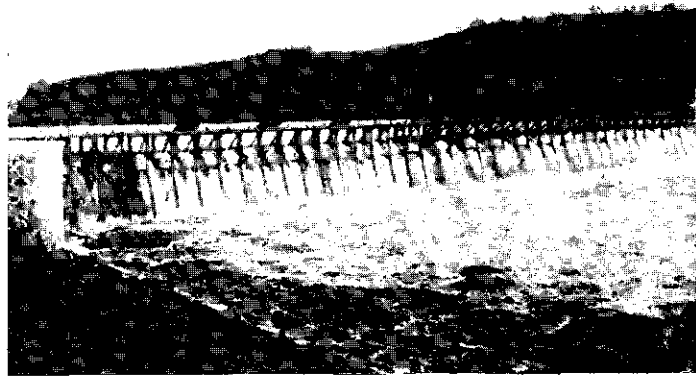


JAZ NA RENIE POD AUGST-WYHLEN.
(KLAPA LODOWA)

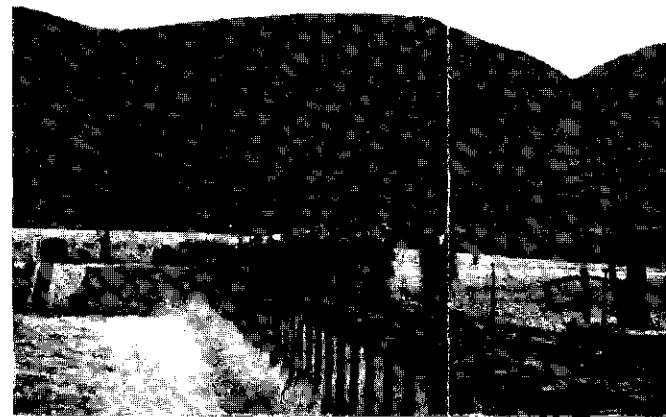


TABLICA XVIII. JAZY KOZŁOWE.

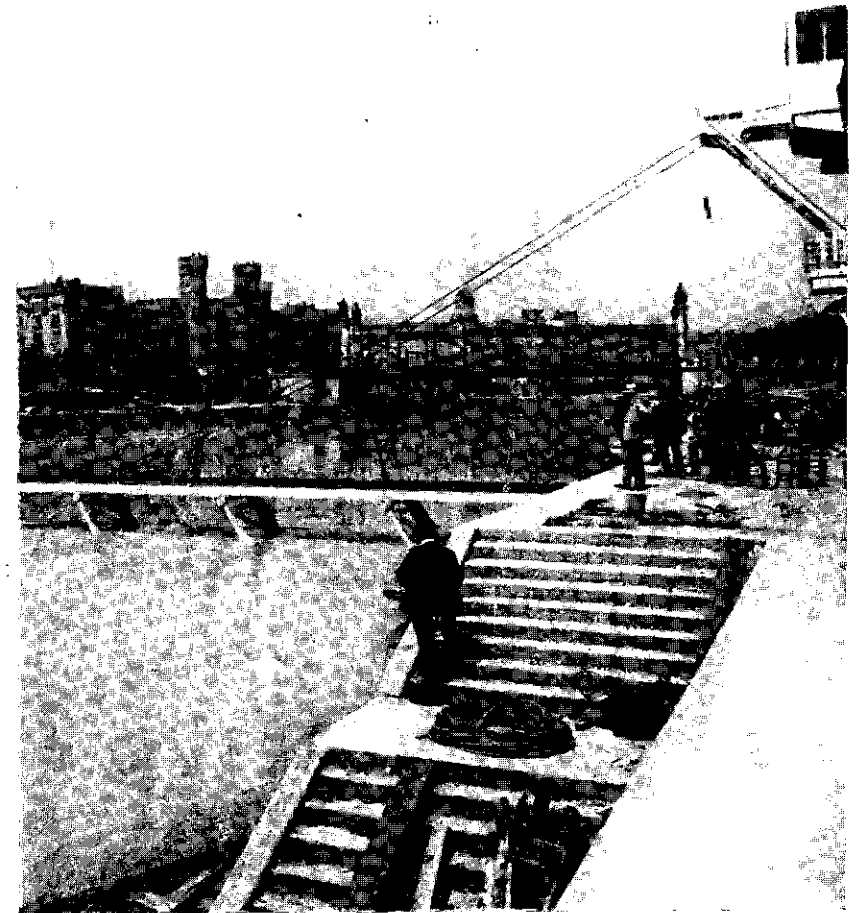
JAZ ZASUWOWY NA KOZŁACH W LIPSZICACH.
(WELTAWA).



JAZ ZASUWOWY NA KOZŁACH W LIPSZICACH.
(WELTAWA).



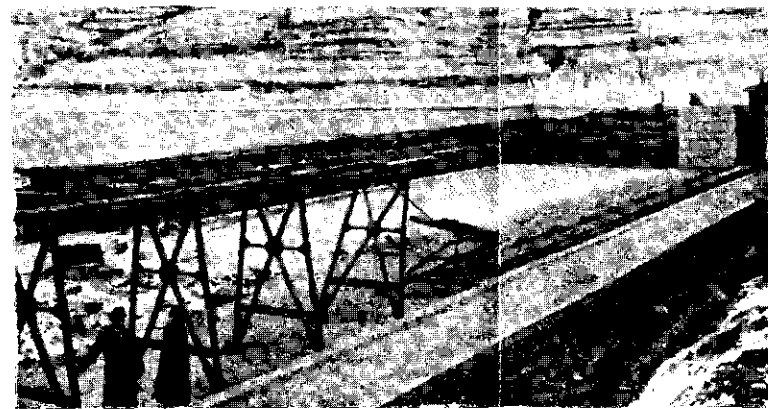
JAZ ZASUWOWY NA KOZŁACH.
(KANAL DUNAJU, WIEDEN).



JAZ ZASUWOWY NA KOZŁACH W LIPSZICACH.
(WELTAWA).



JAZ IGLICOWY W STETI (ŁABA).



JAZ ZASUWOWY NA KOZŁACH SCHWARZERA
(LITOMIERZYCE. ŁABA).

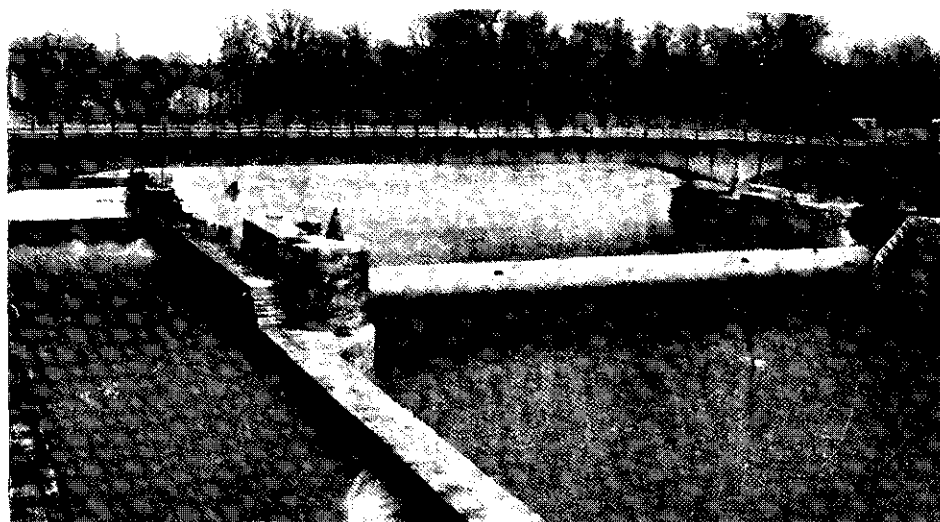


JAZ ZASUWOWY NA KOZŁACH.
(KANAL DUNAJU, WIEDEN).

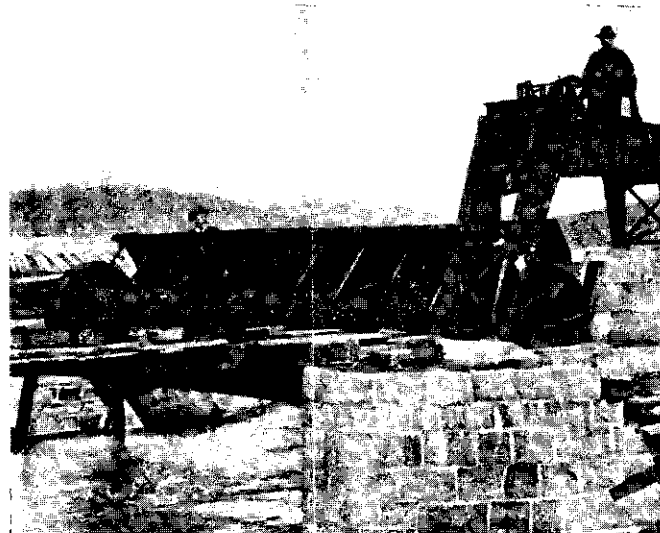


TABLICA XIX. JAZY WALCOWE.

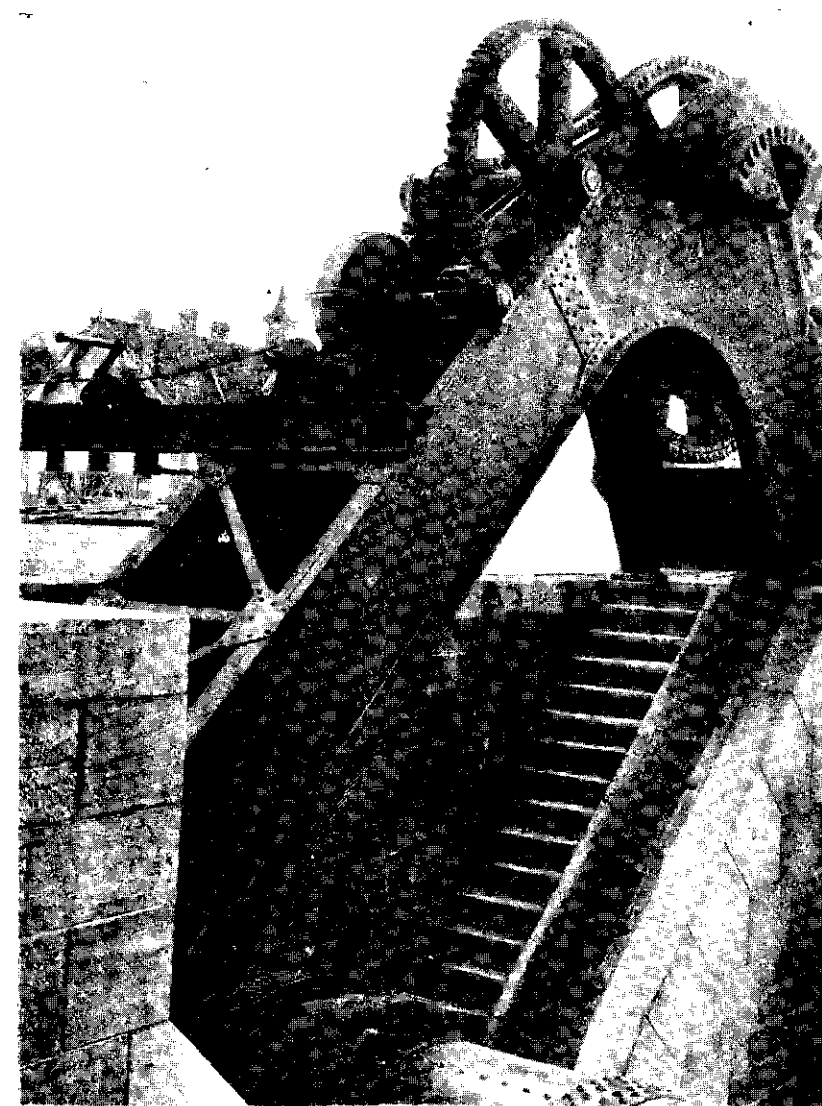
JAZ WALCOWY NA GŁÓWNEM RAMIENIU MENU
W SCHWEINFURCIE.



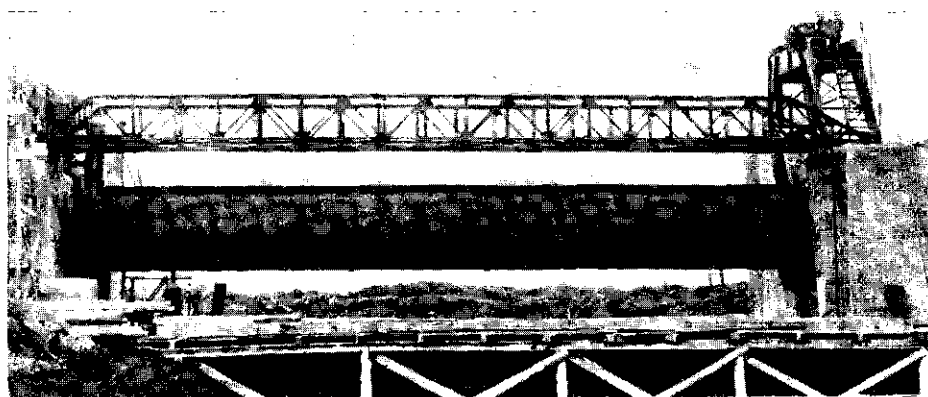
JAZ WALCOWY NA KLEINBACH
POD KISSINGEN.



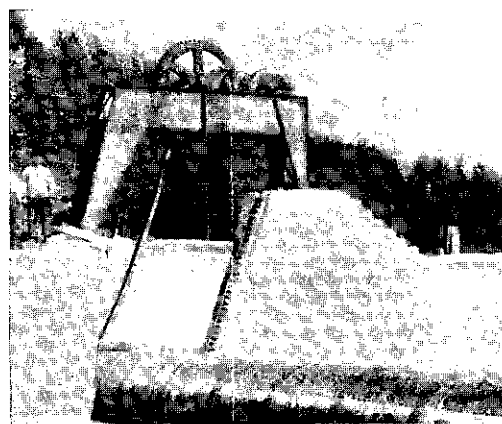
JAZ WALCOWY W SCHWEINFURCIE: WINDA.



JAZ WALCOWY NA BRDZIE W BRAHNAU.



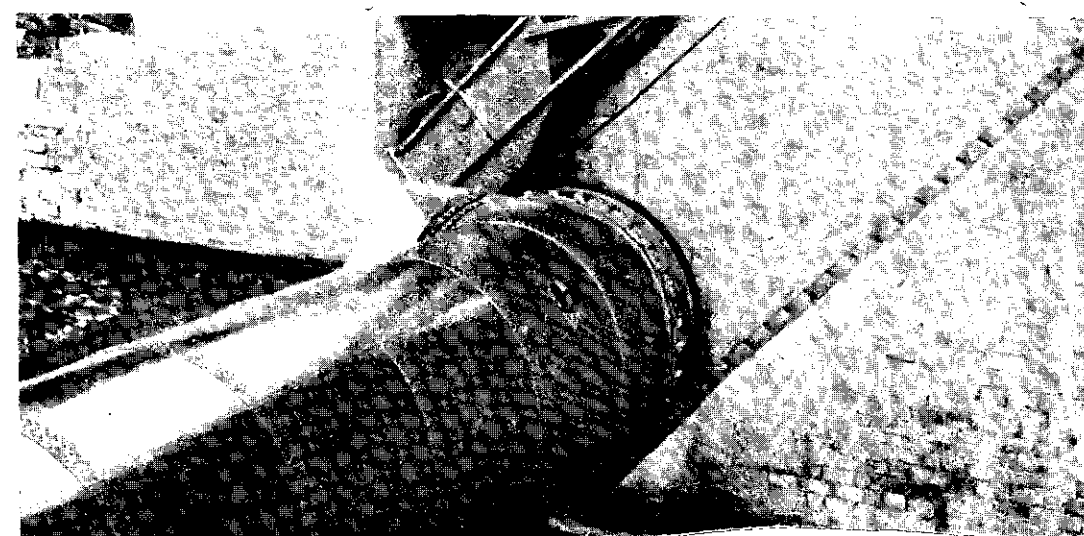
JAZ WALCOWY NA MANGFALL
POD KOLBERMOOR.



JAZ WALCOWY W BERLINIE NA LANDWEHRKANAL. (PODNIESIONY).



JAZ WALCOWY NA BOCZNEM RAMIENIU MENU W SCHWEINFURCIE.

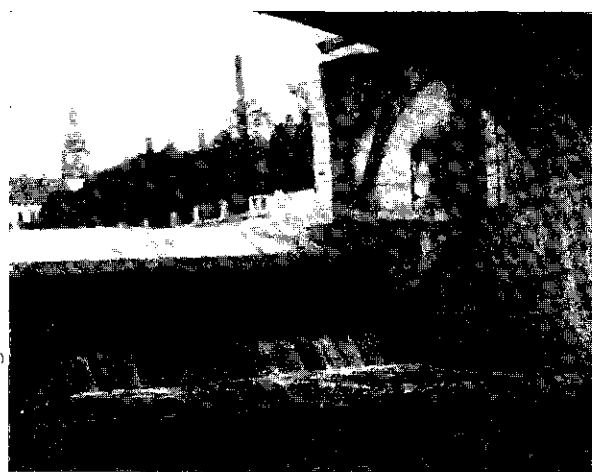


TABLICA XX. JAZY SEGMENTOWE I KLAPOWE.

JAZ SEGMENTOWY NA PELTWI POD BARSZCZOWICAMI.



JAZ SEGMENTOWY NA ŁABIE POD KRALOWYM-HRADCEM.



JAZ KLAPOWY POD ZWILLIKON
(SZWAJCARYA).



JAZ KLAPOWY W GRAFENAU
(BAWARYA).

