

BUDOWNICTWO WODNE

TAMA RUCHOMA Z DRZEWA

WYNALEŻ I OPISAN

M. SZYSTOWSKI

Inżynier Komunikacji w Petersburgu

(Przedstawiono na posiedzeniu Towarzystwa Nauk Ścisłych w Paryżu, dnia 4 marca 1881 roku.)

TREŚĆ

ROZDZIAŁ I. — § I. Ogólny pogląd na charakter rozwoju żeglugi wewnętrznej. — § II. Spółzawodnictwo żeglugi wewnętrznej z kolejami żelaznymi. — § III. Program reformy organicznej dróg wodnych. — § IV. Tamy stałe i tamy ruchome. — § V. Tama p. Poirée. — § VI. Tama p. Chanoine'a. — § VII. Tama p. Desfontaines'a. — § VIII. Potrzeba nowego systematu tam ruchomych dla krajów wschodniej Europy.

ROZDZIAŁ II. — § I. Tama ruchoma M. Szystowskiego. — § II. Opis szczegółowy tamy: 1° pokład; 2° zastawy; 3° przyczółki. — § III. Zastawy wzmocnione, których używać należy w przypadku znacznieszego podniesienia wody w rzece tamowanej. — § IV. Roztrzaskanie własności tamy.

ROZDZIAŁ III. — § I. Obliczanie tamy ruchomej z drzewa. — § II. Wytrzymałość części składowych. — § III. Dane projektu. — § IV. Niestosowność użycia w danym razie tamy stałej. — § V. Tama ruchoma, długość pokładu i jego wzniesienie ponad poziom wód stałych. — § VI. Ilość i rozmiary tarcz i przesmyków. — § VII. Rozmiary okienic. — § VIII. Rozmiary tarcz. — § IX. Manewra tamy: 1° podnoszenie zastaw; 2° opuszczanie zastaw; 3° długość tamy projektowanej.

DODATEK. — Dzisiejszy stan żeglugi wewnętrznej w Europie.

ROZDZIAŁ PIERWSZY

§ 1. Ogólny pogląd na charakter rozwoju żeglugi wewnętrznej.

Żegluga wewnętrzna do epoki wynalazku parowozu i rozwoju kolei żelaznych uważaną była jako jedyny najtańszy i najwygodniejszy środek komunikacji, zabezpieczający stosunki handlowe między miastami i osadami kontynentalnymi. Wprawdzie ustępowała ona niekiedy pierwszeństwo drogom bitym, lecz tylko w miejscowościach, gdzie ówczesna sztuka inżynierska była bezsilną, lub środki pieniężne niedostateczne, dla zebrania dostatecznej ilości wody, przekopania kanału, alboważ zwalczania nieprzyjaznych warunków klimatycznych. Ta naturalna przewaga dróg wodnych nad innymi środkami komunikacji musiała też wpłynąć i na charakter rozwoju żeglugi wewnętrznej.

Początkowo korzystano tylko z naturalnych własności rzek, przerzynających żyzne i zaludnione doliny: budowano lekkie nawy i płytkie czółna, któremi można było dotrzeć do samych źródeł. Następnie, przy wzmagających się stosunkach wzajemnych, starano się powiększyć długość sieci dróg wodnych i kopano kanały wzdłuż rzek u ich ujść niedostępnych dla żeglugi.

Zaledwo w wieku XV, dzięki wynalazkowi szluz umożebnionem zostało kanałami o biefach grzbietowych, połączenie różnych basenów między sobą. Ten wynalazek dokonany przez włoskiego inżyniera Filipa VISCONTI⁽¹⁾ w 1439 r. stał się hasłem do przedsięwzięcia licznych dzieł sztuki budowniczej, które do dziś dnia zdumiewają specjalistów.

Między robotami stanowiącemi epokę w rozwoju żeglugi różnych narodów, należy wymienić.

I. — W STANACH ZJEDNOCZONYCH.

1° Regulacja *Potomoku*⁽²⁾ za pomocą dwu kanałów derywacyjnych: Great Falls i Little Falls. Roboty te, pierwsze w Stanach Zjednoczonych, zaproponowane w 1784 r. na posiedzeniu Komisarzy ze Stanów Wirginjii i Maryland, wykonane były z pośpiechem właściwym nowym mieszkańcom Ameryki. Oba te kanały przy szerokości dna = 7^m,62, a głębokości wody = 1^m,83, liczą 5,600 metrów długości.

2° Kanał *Erie*⁽³⁾ łączy jezioro *Erie* z rzeką *Hudson*. Kanał ten, ukończony ostatnimi czasy, zasługuje na uwagę ze względu na śmiałość projektu i kolosalne rozmiary robót wykonanych.

Główne wymiary kanału:

długość = 536 klm.,
szerokość dna = 17^m,00,
głębokość wody = 2^m,13.

II. — W ANGLII.

1° Kanał *Bridgewater* między Manchester i Mersey, zbudowany w 1776 r. długi 60 klm., szluz 10.

2° Kanał *Coventry*, ukończony w 1790 r. długi 143 klm., szluz 98.

Odnosnie do kanałów angielskich należy nadmienić, że ich budowa jeszcze w początku bieżącego stulecia używaną była jako przedsięwzięcie nader korzystne.

III. — WE FRANCYI.

1° Kanał de *Briare*⁽⁴⁾ rozpoczęty za panowania Henryka IV w 1590 r. miał na celu połączenie Sekwany z Loarą. Autorem projektu był Hugues CROSNIER. Roboty ukończono w 1642 r.

2° Kanał de *Languedoc* (dziś *du Midi* zwany), zaczęty w 1666 r. za panowania Ludwika XIV przez Piotra-Pawła RIQUET. Otwarcie kanału nastąpiło 1684 r.

3° Kanał de *Saint-Quentin* (1732-1810), godny uwagi ze względu na pierwszy tunel otwarty dla żeglugi.

IV. — W NIEMCZECH.

Początek budowy kanałów w Niemczech należy odnieść do XVII wieku. Pierwsze roboty tego rodzaju wykonano dla połączenia *Elby* z *Havel'em*.

(1) Lombardini: *Annales des ponts et chaussée*, 1847, str. 97.

(2) Michel Chevalier: *Histoire et description des voies de communication aux Etats-Unis*. Paris, 1851.

(3) Malézieux: *Travaux publics aux Etats-Unis*, 1864.

(4) Dutems: *Histoire générale de la navigation intérieure en France*, 1828.

Drugą budową w porządku chronologicznym był kanał *Finnowski*, między *Harel'em* i *Odrą*. Kanał ten (1746 r.) liczy szluz 15 i długości kilometrów 45.

V. — W ROSSYI.

Kanał *Wyszniwołocki* ⁽¹⁾, najpierwszy w Rosyji, zbudowany za panowania Piotra Wielkiego. Roboty trwały od 1708 do 1711 r.

VI. — W GRANICACH DAWNEJ POLSKI.

1^o Kanał *Ogińskiego* łączy *Jasioldę* z rzeką *Szarą* t. j. basen *Dniepru* z basenem *Niemna*. Roboty rozpoczęte w 1770 r. z inicjatywy księcia OGIŃSKIEGO, Hetmana Litewskiego, ukończone zostały zaledwo w 1805, za panowania Aleksandra I^o.

2^o Kanał *Augustowski* ⁽²⁾, 1822-1830 budowany pod przewodnictwem generała brygady korpusu inżynierów P. MAŁECKIEGO, łączy *Wisłę* z *Nieinem*. Dzieła sztuki do tego kanału się odnoszące wykonane były z sumienną starannością, godną wysokiego uznania.

Następnym słowem postępu było obejście kanałami derywacyjnymi miejsc niebezpiecznych albo niedostępnych dla żeglugi. Dla napełnienia tych kanałów zrodziła się potrzeba budowy *tam*, które podnosząc wodę w rzekach, zmuszały ją do przelania się w nowe koryta. Ponieważ w owe czasy, znano tylko *tamy stałe*, przeto, aby zmniejszyć możebność podmywu i ułatwić spław wód wiosennych, wybierano dla tych budowli miejsca płytkie a szerokie.

Właściwie pierwszą myśl i pierwsze zastosowanie *tam* stałych należy zawdzięczać przemysłowcom, użytkującym spadek wody dla poruszania swych motorów hydraulicznych.

Aż do pierwszej ćwierci XIX wieku taki był charakter postępu i rozwoju żeglugi wewnętrznej, charakter samodzielny, wytworzony jedynie potrzebami cywilizacyjnej, a nie spółzawodnictwem z innymi środkami komunikacji.

§ 2. — Współzawodnictwo żeglugi wewnętrznej z kolejami żelaznymi.

Wynalazek STEPHENSONA i pierwsza kolej żelazna z Manchester do Duwru zwróciły na siebie uwagę przemysłowców i mężów stanu. Dwie kapitalne własności kolei, mianowicie szybkość ruchu i możebność wdarcia się we wnętrza kopalń i fabryk, przechyliły opinię publiczną na korzyść tej nowej dźwigni postępu. Gorączka opanowała umysły, nawet koryta projektowanych i już ukończonych kanałów oddane były pod szyny kolejowe. Ten zapał był jednak chwilowym, okazało się bowiem, że żegluga wewnętrzna, ulegając pewnym zmianom i ulepszeniom, może korzystnie spółzawodniczyć z kolejami żelaznymi.

W rzeczy samej, drogi wodne, w zasadzie zredukowane do przewożenia towarów ciężkich i znacznej objętości, zachowały po swej stronie następne korzyści ⁽³⁾.

1^o Przy warunkach zwyczajnych, ich budowa wymaga mniejszych nakładów niż budowa kolei żelaznych.

2^o Koszta naprawy znacznie są mniejsze dla dróg wodnych, niż dla kolei.

3^o Łodzie i statki są lżejsze od parowców i wagonów. Na kolejach żelaznych *ciężar martwy* wynosi 60% ciężaru użytecznego, stosunek ten dochodzi do 100%, jeżeli wagony wracają próżne, co zwykle ma miejsce. Dla kanałów, ciężar martwy w pierwszym razie wynosi 15%, a w drugim 30%, czyli równa się czwartej części ciężaru kolejowego.

(1) Niebolsin : *Obozrenje glawnych wodiannykh soobshchenii w Rossii*, 1841.

(2) L. Wolski : *Rys hydrografii Królestwa Polskiego*, 1849.

(3) Malézieux : *Cours de navigation intérieure*. Paris, 1876 (lith).

4° Opór pociągowy (*résistance à la traction*) jest mniejszy. Porównywając kanał, na którym średnia prędkość statków = 1^m,00, z koleją o spadku 0,002, znajdujemy, że stosunek siły pociągowej do ciężaru przewożonego w kanale = 0,001, a na kolei = 0,005.

5° Jako wniosek tylko co wymienionych własności żeglugi wewnętrznej wypada, że ruch towarowy o małej prędkości jest więcej ekonomicznym na drogach wodnych niż na kolejach. Ten warunek taniości jest właśnie najwięcej pożądanym odła surowych produktów, które tem bardziej zdołają rozszerzyć swój rynek, czem mniejsze będą koszty przewozu. Wielkość summy zaoszczędzonej za pośrednictwem żeglugi zależy nie tylko od ilości przewożonego towaru, lecz także od długości drogi do odbycia i od taryfy kolei spółzawodniczącej. Po dowód liczebny tego twierdzenia odsyłamy czytelnika do dzieła P. LUCAS (1).

Doświadczenia i Statystyka pokazały, że transport kolejowy jest dwa razy droższy od transportu wodnego, przyczem jednak należy uwzględnić, że między dwoma punktami danymi długość drogi wodnej = 1,25 długości kolei.

6° Budowa statków i łodzi jest mniej kosztowną od budowy lokomotyw i wagonów. Jeden wagon dla 10 ton ciężaru kosztuje dwa razy drożej, niż statek przewożący ton 200.

7° Statki w swym przebiegu mogą się zaatrzymywać na każdym punkcie i takim sposobem oddawać znaczne usługi nadbrzeżnym mieszkańcom.

8° W razie potrzeby, statki zastępują spichrze i składy, co jest bardzo dogodnym dla handlu.

Wszystkie wyżej przytoczone rostrzasania i wnioski dowodzą w sposób jasny i niezaprzeczalny, że egzystencja żeglugi wewnętrznej obok kolei żelaznych nie tylko jest rzeczą możebną, ale i pożądaną, ze względu na uregulowanie cen przewozu kolejowego. Utrzymując żeglugę na odpowiednim stopniu rozwoju, przemysłowa publiczność będzie korzystać z taniego przewozu po drogach wodnych a także z obniżenia taryfy kolejowej.

§ 3. — Program reformy organicznej dróg wodnych.

Dla urzeczywistnienia korzyści wymiennionych w punktach 3^{im} i 5^{ym}, drogi wodne muszą ulec pewnej systematycznej reformie, zasadzającej się przeważnie :

a) na wprowadzeniu dla wszystkich dróg wodnych z sobą połączonych jednego normalnego typu szluz. P. MOLINOS (2) proponuje dla Francji i typ określony następującymi wymiarami :

długość światła = 42^m,00,

szerokość..... = 5^m,20,

głębokość wody = 2^m,00.

Statkiem typowym ma być teraz (*péniche*) łódź flamandzka nurtująca 4^m,80 przy obciążeniu 280 ton.

b) na powiększeniu głębokości rzek i koryta kanałów, stosownie do przyjętego typu statków.

§ 4. — Tamy stałe i tamy ruchome.

Powiększenie głębokości w rzekach może się dokonać trzema sposobami a mianowicie :

- a) przez пониżenie dna rzeki za pomocą ekskawatorów i tym podobnych narzędzi do kopania ;
- b) przez ściśnienie koryta groblami podłużnymi ;
- c) przez podniesienie poziomu wody do żądanej wysokości, wstrzymując wodę tamami stałymi lub ruchomymi.

Tamy stałe, przy dzisiejszych potrzebach żeglugi wewnętrznej, nie odpowiadają celowi, ponieważ

(1) F. Lucas : *Étude historique et statistique sur les voies de communication de la France*. Paris, 1872.

(2) Molinos : *La navigation intérieure de la France*. Paris, 1875.

podnosząc niskie wody do żądanej wysokości, albo wywołałyby wylew wód wysokich, albo też, będąc znacznej długości, powiększyłyby o wiele koszta budowy. Konieczność uniknięcia tych dwóch niekorzystnych ostateczności zrodziła potrzebę wynalazku *tam ruchomych*.

Pierwsze próby tam ruchomych należy widzieć w zastawach upustowych, wywołanych potrzebami przemysłu. Dla żeglugi wewnętrznej, ten system tamowania znalazł początkowo liczne zastowania, jednak mała wysokość podniesienia wody tak otrzymana, a także wielka ilość siły i czasu, potrzebnych dla manewrów, zredukowały użycie tam o rzeczonych zatworach.

W celu wyznaczenia doniosłości tam ruchomych dla żeglugi wewnętrznej, podajemy w tablicy poniżej przytoczonej statystyczne dane odnośnie rzeczonych dzieł sztuki, wykonanych we Francji do 1878 roku (1).

Miejscowość	System zastaw		Rok ukończenia tamy
	w przechodzie splawnym	w tamie	
I. — SEKWANA			
Con flans	Chanoine'a pierwotny	—	1858
Beaulieu	Chanoine'a pierwotny	—	1865
Le Vesoult	Poirée	—	1856
La Grande Bosse	Poirée	—	1854
Courbeton	Poirée	—	1849
Varenes i 5 innych	Chanoine	Chanoine	1871
Melun	Chanoine	Poirée	1871-1854
Vives Eaux i 5 innych	Chanoine	Chanoine	1871
La Monnaie	—	Walec Poirée	1853
Suresnes	Poirée	—	1867
Bezons	Poirée	—	1867
Marly	Poirée	—	1868
Andrezy	Poirée	—	1862
Meulan	Poirée	—	1855
La Garenne	Poirée	—	1850
Poses	Poirée	—	1852
Martot	Poirée	Chanoine	1866
Saint-Aubin	Poirée	—	1866

(1) *Annales des ponts et chaussées*. Juin, 1880 (chronique).

Miejscowość	System zastaw		Rok skończenia tamy
	w przechodzie splawnym	w tamie	
II. — Rz. YONNE.			
La Chainette	Poirée	—	1860
L'île Brulée	Chanoine	Girard	1874
Les Dumonts i 5 innych	Chanoine	Poirée	1874
Epineau	Poirée	—	1842
Le Pêchoir i 14 innych	Chanoine	Chanoine	1871
Port Renard	Poirée	—	1860
III. — MARNA			
Châlons	Chanoine	Desfontaines	1865
Camières	Chanoine	Poirée	1855
Domery	Chanoine	Desfontaines	1857
Vaudières	Chanoine	Poirée	1859
Courcelles	Chanoine	Desfontaines	1862
Mont St.-Père i 7 innych	Chanoine	Desfontaines	1865
Vaires	Chanoine	Desfontaines	1865
Joinville	Poirée	Desfontaines	1867
IV. — Rz. MEUSE			
27 tam	Poirée	—	1875-1878
V. — Rz. MOSELLE			
9 tam	Poirée	—	1869-1875
VI. — Rz. OISE			
Verberie i 5 innych	—	Poirée	1853
VII. — LOARA			
Roanne	Poirée	—	1846
Décize	Chanoine	Poirée	1868

Miejscowość	System zastaw		Rok skończenia tamy
	w przechodzie splawnym	w tamie	
VIII. — ALLIER			
Vichy	—	Poirée	1863
IX. — Rz. SAÔNE			
Saint-Albin	Poirée	—	1878
St.-Jean de Losac i 2 inne	Poirée	—	1843
Charnay	Poirée	Poirée	1844
Verdun	Poirée	Poirée	1844
Gigny	Chanoine	Poirée	1877
Thoissey i 2 inne	Chanoine	Poirée	1878
IleB arbe	Chanoine	Poirée	1870

STRESZCZENIE

Rzeki	Ilość tam	Przechód splawny		Tama z zatworami			
		Poirée	Chanoine	Poirée	Chanoine	Desfontaines	Girard
Sekwana	28	12	15	2	13	—	—
Yonne	25	3	22	6	15	—	1
Marna	15	6	14	2	—	12	—
Meuse	27	27	—	—	—	—	—
Moselle	9	9	—	—	—	—	—
Oise	6	—	—	6	—	—	—
Loara	2	1	1	1	—	—	—
Allier	1	—	—	1	—	—	—
Saône	11	4	5	7	—	—	—
Razem	124	57	57	25	28	12	1

§ 5. — Tama P. Poirée.

Jednocześnie z wprowadzeniem dróg żelaznych we Francji, był wynaleziony pierwszy system tam ruchomych, w ścisłym znaczeniu tego wyrazu. Tym wynalazcą, któremu żegluga wewnętrzna zawdzięcza prawo obywatelstwa obok kolej żelaznych, jest P. POIRÉE. Zastosowanie idei tego inżyniera miało miejsce w 1836 r. na Loarze, przy tamie DÉCIRE (1).

Tama P. POIRÉE przedstawia się jako szereg igieł drewnianych, opartych u dołu o występ pokładu (radier), a u góry o sztaby żelazne, które, razem z mostkiem służbowym, są podtrzymywane przez fermy pionowe, obracające się około swej dolnej krawędzi. W razie potrzeby swobodnego przejścia (przepływu) dla wód wysokich, robotnicy wyjmują igły, sztaby oporowe i mostek, a wtedy, fermy niczem niepodtrzymywane w swym położeniu pionowym, obracają się około osi i kładą się w wyłobieniach pokładu, umyślnie na ten cel przyrzadzonych.

Próby i wieloletnie doświadczenia pokazały, że tama P. POIRÉE może być z korzyścią użytą dla rzek obfitujących w wodę, na których prawidłowa żegluga jest ustalona. Wady i niedostatki rozpatrywanego systemu dają się streścić w następujących wyrazach :

- 1° Trudność ustawiania i wyjmiania igieł skoro wysokość ferm przewyższa 2^m,50.
- 2° Niebezpieczeństwo dla ludzi obsługujących tamę z mostka służbowego. To niebezpieczeństwo zwiększa się z ciężarem igieł i wysokością wzniesienia wody zatamowanej.
- 3° Potrzeba ciągłej bacności i mozolność zatapiania.
- 4° Wielka ilość wody przeciekającej przez szpary igieł ustawionych.

Wynalazek P. POIRÉE był bodźcem do nowych poszukiwań i licznych odkryć na tem polu. W peyrodzie ubiegłych lat czterdziestu proponowano muóstwo innych systemów, między którymi, ze względu na genialność pomysłu należy wymienić prace PP. THÉNARD (1844), DESFONTAINES (1846), CHANOINE (1852), CUVINOT (1860), KRANTZ (1868) i GIRARD (1870).

Rozbiór krytyczny tych tam różnorodnych nie wchodzi w zakres niniejszej pracy, ograniczymy się przeto krótką wzmianką o systematach P. CHANOINE i P. DESFONTAINES, cieszących się największym rozgłosem w świecie specjalistów.

§ 6. — Tama P. Chanoine'a.

Tama P. CHANOINE'a (2), uzupełniona mostkiem dla obsługi na fermach P. POIRÉE, zdaje się być najbardziej odpowiednią dla rzek o raptownych wzebraniach, a wogóle, przedstawia następnę korzystne własności :

- 1° Łatwość i bezpieczeństwo obsługi.
- 2° Automatyczne regulowanie poziomu wody podpartej.

§ 7. — Tama P. Desfontaines'a.

Tama P. DESFONTAINES'a różni się od wymienionych samodzielnością części ruchomej.

Własności tego systemu są :

- 1° Może być użytą dla podniesienia wody do znacznej wysokości szczególnie w rzekach, w których ilość wody na sekundę jest niewielką.

(1) Poirée : *Conférences sur les barrages mobiles*. Paris, 1844 (lith.).

(2) De Lagrené : *Étude comparative des ponts et chaussées*, 1866-1868.

2° Manewra odbywają się z łatwością i w miejscu bezpiecznym.

3° Naprawa części uszkodzonych nie przedstawia wielkich trudności, ze względu na wzniesienie grzbietu pokładu ponad poziom wód stałych.

Szczegóły dotyczące rzeczzonego systematu znajdzie czytelnik w opisanu tamy w Joinville przez P. MALÉZIEUX, profesora szkoły Dróg i Mostów w Paryżu (1).

§ 8. — Potrzeba nowego systemu tam ruchomych dla krajów wschodniej Europy.

Zbadawszy własności tam typowych PP. POIRÉE, CHANOINE'a i DESFONTAINES'a, należy zwrócić uwagę na trudności techniczne, napotymane przy zastosowaniu każdego systemu oddzielnie. Wieloletnie doświadczenia robione w tym celu jednogłośnie dozwalają zawnioskować, że tamy francuzkie mogą być z korzyścią użyte do podniesienia wody w rzekach, lecz tylko w klimacie umiarkowanym i w miejscowościach, w których kamieniarka i przemysł żelazny doszedł do stosunkowo wysokiego stopnia rozwoju.

Dla Rossyi, i wogóle dla krajów wschodniej Europy, gdzie warunki wzmiankowane nie są dopełnione, należy postarać się o nowy system tam ruchomych, które, będąc zbudowane z materiału znajdującego się pod ręką, t. j. z drzewa, polnego kamienia i cegły, mogłyby korzystnie zastąpić kosztowne budowle podobnego rodzaju wykonane w zachodniej Europie. Oprócz tego system szukany musi ulegać warunkom wynikającym z własności rzek, dla których jest przeznaczonym, należy przeto poznać ogólny charakter rzek przeryniających Cesarstwo Rossyjskie. Charakter ten daje się określić następnymi cechami

- 1° Znaczna szerokość dolin.
- 2° Mały spadek.
- 3° Brak wody w lecie.
- 4° Raptowne wezbranie.
- 5° W czasie kry, znaczna objętość brył lodowych.

Dokładne zbadanie doniosłości pierwszych trzech cech charakterystycznych wskazuje nam natychmiast, że tamy ruchome zbudowane na rzekach, posiadających tylko co oznaczony charakter, muszą być oznaczonej długości i mieć grzbiet pokładu wzniesiony ponad poziom wód stałych. Zaś czwarta i piąta cecha, ze względu na bezpieczeństwo obsługi i trwałość budowli, warunkują automatyczność części ruchomej.

Uwzględniając następnie silne mrozy, dochodzące do 40° Cels. niżej zera, musimy ostatecznie zaniechać użycia części żelaznych a luźnych, jak to łańcuchów, podpórek wirujących i t. p., które pokrywszy się warstwą lodu pewnej grubości, tracą na ciężarze i wypłynąwszy na powierzchnię wody, tamują ruch postępowy brył lodowych.

System tamy automatycznej z drzewa przez nas wynaleziony ma właśnie na celu zadosyć uczynienie wymaganiom i warunkom wyżej podanym, a zadaniem pracy niniejszej będzie poznanie publiczności z zasadą i szczegółami tego wynalazku.

(1) Malézieux : *Notice sur le arrage construit en 1867 sur la Marne, à Joinville (Annales des ponts et chaussées, 1868 (2^e sem.)).*

ROZDZIAŁ II

TAMA RUCHOMA SZYSTOWSKIEGO

§ 1. — Opis szczegółowy tamy.

W tamie naszego systemu, i wogóle we wszystkich budowlach tego rodzaju, dają się odróżnić trzy główne części, mianowicie :

1° Pokład (fr. radier).

2° Zastawy (fr. engins mobiles).

3° Przyczółki.

Rozpatrzmy każdą z tych części oddzielnie.

I. — POKŁAD.

Pokład tamy, to jest jej część stała przedstawia się w postaci dwóch grodzi skrzyniowych A i B (Tablica) przeryzających koryto rzeki w kierunku poprzecznym.

Każda gródź składa się z dwóch rzędów pali a (fig. 1) w odległości $1^m,50$ od siebie zabitych, i z dwóch ścianek szpuntowych b z bali na wpust z sobą połączonych. Do utrzymania ścianek na osi rzędów palowych, służą cęgi podwójne c , przytwierdzone do pali za pomocą sworzni śrubowych s .

Średnica palów	$a = 0^m,30.$
Grubość ścianek	$b = 0^m,15.$
Odległość między osiami tychże	$= 2^m,00.$
Rozmiary cęg	$c = 0^m,20 \times 0^m,25.$
Średnica sworzni	$s = 0^m,020.$

Przestrzeń między ściankami, po uprzednim wyczerpaniu dna do głębokości ($- 1^m,50$) (1), zapełniona została u dołu betonem, a u góry gliną, warstwą żwiru i brukiem na hydraulicznej zaprawie.

Dla dodania sztywności całej budowli, prostopadle do cęg podłużnych c , są ułożone cęgi poprzeczne d (fig. 3), między sobą związujące oba rzędy pali.

Ponieważ wysokość każdej grodzi, mierzona od podszwy betenu do powierzchni poziomej bruku $= 2^m,50$, przeto wzniesienie grzbietu pokładowego po nad poziom wód stałych $= + 1^m,00$.

Z rzutu poziomego i z przecięcia poprzecznego budowli (fig. 9 i fig. 8) widzimy : że grodzie uważane wydzielają miejsce potrzebne do umieszczenia części ruchomych tamy projektowanej, i że to miejsce ma formę kanału, którego długość równa się długości tamy między przyczółkami, a szerokość odległości ścianek grodzowych ku sobie zwróconych, t. j. $= 3^m,000$.

Przestrzeń tak ograniczona (którą w dalszym opisie *kanałem tamy* nazywać będziemy) po wyczerpaniu dna do głębokości ($- 1^m,50$), została zapełniona betonem i brukiem na hydraulicznej zaprawie

(1) Jako płaszczyznę porównania przyjmujemy raz na zawsze najniższy poziom wód stałych (étiage).

do wysokości 0^m,30 niżej poziomu wód stałych. Następnie, na wysokości bruku, między każdą parą pali przeciwległych, wmurowano belkę poprzeczną *e*, co miało przeważnie na celu utworzenie podwaliny dla przegródek *f*, dzielących kanał tamy na skrzynki równej wielkości. Nakoniec, aby ochronić budowlę od podmywu, osypano ją z obu stron kamieniami większych rozmiarów, którym nadano nachylenie w górnym biebie = $\frac{3}{2}$, a w dolnym = $\frac{5}{1}$.

II. — ZASTAWY.

Cechę charakterystyczną tamy przez nas proponowanej stanowi jej część ruchoma, czyli szereg zastaw, z których każda ma kształt okienicy z tarczą *na głucho* doń przytwierdzoną (*fig. 4, 5 i 6*). Okienice złożone są z ram o czterech belkach podłużnych i dwóch poprzecznych, a także z przepony z desek na wpust z sobą połączonych. Między każdą parą belek podłużnych, są osadzone i sworzniami umocowane podpórki *d* dźwigające tarcze *h*.

Dla połączenia okienicy, wzmocnionej należy trzema sworzniami *i*, z pokładem, to jest, z częścią stałą tamy, użyto żelaznych zawias, których jedno skrzydło przytwierdza się do poprzecznej belki *i*, a drugie do pierwszej cęgi grodzy niżej położonej.

Tama podana na tablicy (*fig. 1-9*) zaopatrzoną jest w zastawy następujących rozmiarów :

a) Okienice

długość = 2^m,45,
 szerokość = 1^m,35,
 grubość ramy = 0^m,25,
 grubość dyafragmy = 0^m,05.

b) tarcze

wysokość (rzut pionowy) = 1^m,00,
 szerokość = 1^m,25
 grubość zmienna, od 0^m,05 do 0^m,13,
 promień powierzchni walcowej = 2^m,30.

Jeden rzut oka na (*fig. 2*) wskazuje nam, że okienice mogą odbywać ruch wirowy około osi zawiasów, w granicach zakreślonych u dołu belką pochyłą *m*, a u góry belką poziomą *w*. Takim sposobem odróżniamy dwa krańcowe położenia okienic : *a* pochyłe, pod kątem $\alpha = 45^\circ$, oznaczone linią punktowaną i *b* poziome wykreślone na figurze w całości.

W pierwszym razie tarcze opuszczone w głąb koryta tamy nie działają wcale, i notowany spodek w biefach jest tylko skutkiem wzniesienia pokładu ponad poziom wód stałych; zaś w drugim razie, ze względu na największe tarcz podniesienie, działanie tamy jest zupełne i różnica wysokości wody w biefach dochodzi do swego maximum.

Automatyczność systemu proponowanego zależy na użyciu ciśnienia wody, z górnego biefu, jako siły potrzebnej do podjęcia i utrzymania okienic w położeniu poziomem, co tylko wtedy jest możliwym, jak, przy założeniu wzajemnej izolacji sił, moment wirujący rzeczoności ciśnienia będzie większy od summy momentów działających w kierunku przeciwnym.

Dla dopięcia oznaczonych warunków, podzielono koryto tamy, za pomocą ścianek poprzecznych *f*, na skrzynie takiej wielkości, aby w każdej z nich po jednej okienicy pomieścić się mogło.

W tamie projektowanej :

grubość ścianek	$f = 0^m,10$	} między osiami ścianek przeciwnych.
szerokość skrzyni	$= 1^m,50$	
długość »	$= 3^m,00$	
głębokość »	$= 1^m,30$	

W ściankach f wybite są okna o na takiej wysokości, aby woda, przeniknąwszy przez kanały przy-czołków przechodzić mogła swobodnie z jednej skrzyni do drugiej i takim sposobem zapelnąć całą przestrzeń koryta tamy aż do dolnej powierzchni okienic.

Następnie, na grzbiecie ścianki f , ułożono jaźmo n wcięte między cęgi grodz w ogon jaskułczy a umocowane czterema pionowemi sworzniami p .

Okienice, przyszedłszy do położenia poziomego i oparłszy się szczelnie o jarzma n , izolują skrzynie i warunkują zkoncentrowanie ciśnienia wody górnego biefu wyłącznie na swą dolną powierzchnię. Dla podtrzymania okienic w ich położeniu pochylem służą belki q i m , z których pierwsza, wmurowana w dno skrzyni, ma kierunek równoległy do długości koryta, a druga, dźwigając część ścianek f , tworzy wierzchnią ramę wiadomego nam okna o . Przy szczelnem oparciu się okienic o występy belek m i q , otrzymujemy znowu pod temi okienicami przestrzeń izolowaną, z tą jednak różnicą, że zawarta w niej woda znajduje się pod ciśnieniem poziomu dolnego biefu.

Jeszcze nadmienić wypada, że, dla powiększenia szczelności, wyłożone są łomcem smolnym wszystkie miejsca zetknięcia się okienicy z belkami m , n i q .

Takim sposobem, przy każdym położeniu zastaw, koryto tamy, zakryte z góry okienicami, przedstawia się nam jako przestrzeń o rozmiarach skończonych, w której ciśnienie wody, za pomocą dwóch upustów w przyczółku, może być regulowanem dowolnie.

III. — PRZYCZÓŁKI.

Przyczółki tamy projektowanej łączą pokład z brzegami rzeki i ograniczają z obu stron strugę przedlewającej się wody. Ich fundamenty są założone na głębokości fundamentów pokładu, a przyjęte rozmiary pozwalają w ich wnętrzu urządzić dwa akwadukty dostatecznej wielkości dla prawidłowego działania części ruchomej.

Koryto tamy przez otwór sklepiony r łączy się ze studnią t , która ze swej strony, za pośrednictwem akwaduktów v i w , stosownie do położenia upustów zamykających ich ujścia, może być połączoną albo z górnym, albo z dolnym biefun. Z figury 3 widzimy, że akwadukt w przedłuża się poza ścianki przyczółka, celowość takiego urządzenia motywuje się potrzebą przeprowadzenia wody z koryta przez przyczółek i odsyp z kamienia do dolnego biefu.

Upusty przyjęte są z drzewa, zwyczajnej konstrukcyi, z lewarami ustawionemi na przyczółkach. Bezwątpienia, rzeczą możebną byłoby urządzenie upustów automatycznych, działających odpowiednio do zmian poziomu wody w górnym biefun, lecz automatyczność podobnych przyrządów nie wzbudza pełnego zaufania w ich prawidłową działalność, przeto woleliśmy, zgodnie z zadaniem PP. DESFONTAINES'a i MALÉZIEUX'go, odpowiedzialność za manewra tamy złożyć na jej stróża, który zostając zawsze na łądzie, w miejscu bezpiecznem, zmuszony będzie czuwać nad powierzoną mu budowlą.

Zasada manewrów tamy naszego systemu zależy na własności, że okienice, przy połączeniu koryta z górnym biefun, ze względu na wzmagające się ciśnienie z dołu, zmuszone będą zająć i utrzymywać położenie poziome. Łącząc zaś koryto tamy z dolnym biefun, siła dotychczas podtrzymująca zastawy,

zmniejszy się na tyle, że okienice wskutek przewagi sił z góry, zniwolone będą opuścić się wgłąb skrzyń i spocząć na belkach *c* i *f*.

Z tego cośmy dotąd powiedzieli, widzimy, że manewra tamy są w *zasadzie* takie same, jakie mają miejsce przy tamie P. DESFONTAINES'a w Joinville, możemy więc przewidywać tożsamość fenomenów towarzyszących zmianom położenia zastaw, to jest okienic i tarcz z nimi połączonych.

Dla przedstawienia tych zjawisk w naszej wyobraźni, przytaczamy ustęp z pracy P. MALÉZIEUX, w której autor opisując je, powiada (1) :

»
 » Manewra tamy polegają jedynie na otwieraniu i zamykaniu upustów, co się od-
 » bywa z regularnością i prędkością, przewyższającą rzeczywiste potrzeby. Cała czynność stróża
 » skoncentrowana na łądzie, w miejscu bezpiecznym, nie wymaga ani szczególnej siły, ani też
 » nadzwyczajnej zręczności. Manewr podniesienia tamy sprowadza się na jedno słowo rozkazu,
 » któremu rzeka od brzegu do brzegu zdaje się być posłuszną, a fala swobodna, jakby świadoma
 » siebie, przenika przyczółek i skrycie uderza w okienice, które, ulegając tej tajemnej sile,
 » podnoszą się aby stawić opór całemu prądowi. Wtedy to, rzecz można, przed naszym okiem po-
 » wstaje potężna ściana wsparta między tarczami na trójkątnych oporach z kryształu. Za nowym
 » rozkazem, tarcze się uginają i okienice wirują poważnie około swych osi, dając swobodę prądowi,
 » który zdumiony dotychczasową niewolą rzuca się z wściekłością w otwarte mu przejście. Rzadko,
 » bardzo rzadko doniosłość praktyczna genialnego pomysłu objawiła się nam więcej stanowczo
 » i dotykalnie niż w wynalazku P. DESFONTAINES'a, gdzie pokonanie brutalnej siły natury i zniwo-
 » lenie tejże ku walce przeciw sobie samej osiągnięciem zostało nie tylko w sposób godny uznania,
 » lecz także i podziwienia ».

Jednostajne urządzenie akwaduktów w obu przyczółkach pozwala, w miarę potrzeby, oczyszczać koryto tamy przez wyplukanie go z piasku i innych osadów, osiadłych na dnie skrzyń w czasie spokoju, w jakim woda pod okienicami się znajduje. Prąd wody, służący do wyplukania może być wywołany w dwóch przeciwnych kierunkach, stosownie do tego, która para z symetrycznie przeciwnych sobie upustów będzie manewrowaną.

Mówić nie potrzebujemy, że bez względu na kierunek prądu oczyszczającego, jego działalność będzie największą w chwili, kiedy różnica poziomów wody w obu biefach będzie największą.

Upusty, poruszając się w parach umyślnie na ten cel urządzonych, muszą zawsze pozostawać w jednej i tej samej płaszczyźnie pionowej, bez względu na kierunek i wielkość parcia, na działanie którego deski upustów są wystawione. Dzięki temu urządzeniu możemy podnosić i opuszczać zastawy naszego systemu niezależnie od stanu wody w biefach, dla tego należy zamknąć wszystkie akwadukty w obu przyczółkach, a w studni *t* za pomocą pompy regulować zwierciadło wody odpowiednio do żądanego manewru. Naturalnie, podobna operacja może być wykonywana tylko przy założeniu dobrze zbudowanej tamy, gdzie ilość wody przesączającej się przez szpary skrzyń i okienic będzie nieznaczną w stosunku do wody sztucznie doprowadzonej.

W przyczółkach tamy podanej na tablicy przyjęto rozmiary następujące :

długość = 6^m,00,

szerokość = 3,575,

wysokość od podeszwy fundamentów do korony = 4^m,50,

wysokość od grzbietu pokładu do korony = 2^m,00,

promień zaokrąglenia węglów = 0^m,75.

(1) *Annales des ponts et chaussées*, 1868 (2 sem. p. 494).

Rozmiary poprzeczne akwaduktów :

górných : v i $v' = 1^m,00 \times 1^m00,$

dolnych : w i $w' = 0^m,60 \times 0^m,80.$

Rozmiary studni t :

głębokość = $3^m,30,$

przecięcie poprzeczne u dołu = $3^m,38 \times 1^m,00,$

» » u korony = $3^m,38 \times 1^m,80.$

Dla bezpieczeństwa obsługi i ochrony od mogących wpaść kawałków drzewa, piasku i kamieni, studnia przykryta jest u góry deskami 7,5 centymetrowej grubości. Te same warunki czystości wywołały potrzebę okratowania górnych akwaduktów przed upustami.

§ 4. — Roztrząsanie własności tamy systemu proponowanego.

1° Zastawy wzmocnione, których używać należy w przypadku znaczniejszego podniesienia wody w rzece tamowanej.

Figury 10, 11 i 12 przedstawiają przecięcie poprzeczne tamy i szczegóły zastaw przy założeniu podniesienia poziomu górnego biufu na $3^m,50$ po nadpoziom wód stałych.

Różnica tamy obecnie rozpatrywanej od tamy opisanej w paragrafie poprzedzającym leży przede wszystkim :

a) w urządzeniu tarczy,

b) w użyciu przykrywek D, zakrywających przesmyki między tarczami sąsiednimi.

Dla ochrony okienic wystawionych na niszczące działanie fali przelewającej się ponad górną krawędzią tarcz, przykryto je kratą C z beleczek ($0^m,15 \times 0^m,15$) umocowanych między jarzmami n , równoległe do pokładu tamy projektowanej.

Przy pochyłym położeniu okienic tarcze występują ponad powierzchnię bruku grodz A i B na $0^m,25$, t. j., na tyle, na ile grzbiet pokładu został podniesionym skutkiem użycia kraty C'.

W okienicach wyłącznie z drzewa zbudowanych, odróżniamy cztery belki podłużne, trzy poprzeczne i szalówkę.

Dla większego bezpieczeństwa podpórki i tarcze opatrzone są zastrzałami x , których dolne końce są wcięte i umocowane między podłużne belki okienic.

Do podwójnych cęg d pierwszej grodzy A przytwierdzono za pomocą zawiasów y , przykrywki D, które, w przypadku zastaw opuszczonych, mogą wirować swobodnie około osi zawiasów i takim sposobem zmieniać swe położenie względem poziomu. Dodać należy, że kąt nachylenia przykrywek zależy od ciężaru gatunkowego budowlanego materiału i od prędkości wody przelewającej się ponad grzbietem pokładu.

W peryodzie podnoszenia się okienic, tarcze wychodzą ze skrzyń koryta tamy spotykając na swej drodze pływające przykrywki i podnoszą je swemi bocznymi krawędziami.

Ponieważ ruch pokrywek może być tylko w płaszczyźnie pionowej, przeto w chwili, kiedy okienice zajmą położenie poziome, każdy przesmyk między tarczami pokryje się przeciwną sobie przykrywką i takim sposobem strata wody przez te otwory ostatecznie zmniejszoną zostanie.

Dla lepszego zrozumienia tu odnoszących się rysunków, podajemy główne rozmiary projektowanej budowli.

Pokład :

Głębokość fundamentów niżej poziomu wód stałych	= - 1 ^m ,50.
Szerokość grodz A i B	= 2 ^m ,50.
Szerokość koryta tamy	= 3 ^m ,59.
Wzniesienie bruku ponad poziom wód stałych	= + 1 ^m ,75.
Wzniesienie grzbietu pokładu	= 2 ^m ,00.
Szerokość skrzyń koryta tamy	= 2 ^m ,00.

Okienice :

Długość okienic.	= 3 ^m ,00.
Szerokość »	= 1 ^m ,76.
Grubość »	= 0 ^m ,25.
Grubość szalówki	= 0 ^m ,05.

Tarcze :

Szerokość wzdłuż pokładu	= 1 ^m ,65.
Wysokość całkowita	= 1 ^m ,79.
Wysokość użyteczna	= 1 ^m ,55.
Rzut pionowy wysokości całkowitej	= 2 ^m ,70.
Rzut pionowy wysokości użytecznej	= 1 ^m ,45.
Grubość desek tarczowych	= od 0 ^m ,06 do 0 ^m ,25.
Promień powierzchni walcowej	= 2 ^m ,85.

ROZTRZĄSANIE WŁASNOŚCI TAMY.

Zastawy systemu proponowanego należą do rzędu zastaw wirujących około *jednej* osi poziomej, jedynym przedstawicielem których był dotychczas system P. DESFONTAINES'a. Ze względu na formę zewnętrzną tama nasza przypomina nam tamę P. KRANTZ'a ⁽¹⁾, składającą się, jak wiadomo, z tarcz przytwierdzonych za pomocą zawiasów do pływaków, wirujących około osi poziomej i równoległej do długości pokładu. Widzimy więc, że zastawy naszego systemu mogą być wywiedzione od zastaw P. KRANTZ'a, dla tego tylko należy odrzucić od ostatnich tarcz ruchome i zastąpić pływaki okienicami wiadomej nam konstrukcyi.

Dla bliższego określenia różnicy zachodzącej między tamami porównywanemi, wskażemy głównejsze własności systemu P. KRANTZ'a, które dają się streścić jak następuje :

a) Zastawy P. KRANTZ'a należą do kategorii przyrządów podobnego przeznaczenia, których cechą charakterystyczną stanowią dwie osie wirowania, równoległe między sobą i równoległe do długości pokładu tamowego.

b) Siłą podnoszącą pływaki jest właśnie ciśnienie wody wyrugowanej przez nie.

c) Zastawy zbudowane są wyłącznie z żelaza lanego i kutego.

Przy projektowaniu tam naszego systemu należy uwzględniać następujące uwagi :

1° Zastawy, przedstawione na figurach 1-9, winny być używane tylko dla różnicy poziomów w biefach nie przekraczającej 2^m,50.

(1) Débaue : *Manuel de l'Ingénieur* (fasc. XIX). Paris, 1878.

2° Jeżeli wymagana wysokość podniesienia wody jest znaczniejszą, jednak nie przewyższa 4^m,00, to dla zadość uczynienia warunkom zadania, należy użyć zastaw wzmocnionych, opisanych w paragrafie poprzedzającym.

3° Różnicę poziomów w biefach, równą 4^m,00 uważamy jako najwyższą granicę zastosowania zastaw naszego systemu.

4° Długość tamy, zapewniająca jej prawidłowe działanie zależy przeważnie nietylko od różnicy poziomów w biefach, lecz i od przyjętych rozmiarów okien o w ścianach f .

W następującym rozdziale zwrócimy uwagę na sposób określenia wspomnianej zależności.

5° Ze względu na konieczność peryodycznego oczyszczania koryta tamy od składających się tam osadów, pożądanem jest jednakowe urządzenie akwaduktów w obu przyczółkach.

6° Dla zapewnienia prawidłowości manewrów tamy, grzbiet pokładu winien być zakładanym nie niżej połowy żądanego podniesienia wody górnego biefu ponad poziom wód stałych.

7° Ponieważ w zimie zastawy mają być spuszczone, przeto, ze względu na możebność ich automatycznego podjęcia, skutkiem przypadkowego zamarznięcia wody pod okienicami, wszelka komunikacja biefów z uprzednio opróżnionem korytem tamy musi być bezwarunkowo przerwana.

ROZDZIAŁ III

OBLICZENIE TAMY RUCHOMEJ Z DRZEWA. — WYTRZYMAŁOŚĆ CZĘŚCI SKŁADOWYCH

§ 1. — Dane projektu.

Dla wyznaczenia rozmiarów i wzajemnej zależności części składowych tamy naszego systemu, podamy w niniejszym rozdziale sposób jej obliczania, którego trzymać się należy przy projektowaniu budowli podobnego rodzaju.

Dla jasności wykładu użyjemy przykładu liczebnego.

ZADANIE. — W korycie rzeki podanej na (fig. *a*), należy podnieść zwierciadło wody na 2^m,15 ponad poziom wód stałych (étiage), przyczem względne podniesienie wód wiosennych nie powinno przewyższać 0^m,30.

Normalny stan rzeki określa się danemi :

$$v_e = 1^m,16 = \text{średnia prędkość wód stałych,}$$

$$v_h = 0^m,90 = \text{średnia prędkość wód wiosennych.}$$

Różnica poziomów wód wiosennych i stałych = 2^m,40.

Grunt : bujny zwir z piaskiem.

Na zasadzie powyższych danych będziemy mieli :

1° przy poziomie wód stałych :

a) Ω_e = powierzchnia profilu,

$$\Omega_e = [0,60 + 0,70 + 0,70 + 0,80 + 0,50 + 0,30] \times 10,00,$$

albo

$$\Omega_e = 36,00 \text{ metrów kwadratowych.}$$

b) $Q_e =$ wydatek wody na sekundę

$$Q_e = \Omega_e \times V_e = 36,00 \times 1,16 = 41,76 \text{ metrów sześciennych}$$

2° przy poziomie wód wiosennych :

a) $\Omega_h =$ powierzchnia profilu

$$\Omega_h = 36,00 \pm 70,00 \times 2,40 + 2 \times 4,60 \times \frac{2,40}{2},$$

albo

$$\Omega_h = 215,52 \text{ metry kwadratowe.}$$

b) $Q =$ wydatek wody na sekundę

$$Q = \Omega_h V_h = 215,52 \times 0,90 = 193,968 \text{ metrów sześciennych.}$$

§ 2. — Niestosowność użycia w danym razie tamy stałej.

Wykażemy naprzód, że użycie tamy stałej nie odpowiada w danym przypadku warunkom oszczędnego gospodarstwa. W tym celu oznaczmy jej główne wymiary, przy warunkach podanych w zadaniu.

W przypadku wód wiosennych, według RUEHLMANN'a⁽¹⁾, dla tam gruntowych ma miejsce równanie

$$Q_h = \frac{2}{3} \mu_1 H L \sqrt{2gH} + \mu_2 L X \sqrt{2gH},$$

lecz

$$\mu_1 = \mu_2 = 0,80;$$

zatem

$$Q_h = 0,80 \sqrt{2gH} \cdot L \left\{ \frac{2}{3} H + X \right\},$$

gdzie oznaczają :

$Q_h = 193,968 \text{ m. sz.} =$ wydatek wód wiosennych na 1",

$H = 0,30 =$ różnica poziomów w biefach,

$X =$ wzniesienie poziomu wody dolnego biegu ponad grzbiet tamy,

$L =$ długość tamy między przyczółkami.

Po wstawieniu liczebnych wartości, otrzymamy :

albo

$$193,968 = 0,27 \times 2,215 L [0,60 + 3X],$$

(1)

$$L [0,60 + 3X] = 324,361. \dots \dots \dots$$

2° W przypadku wód stałych, według wzoru P. DUBAUT⁽²⁾ dla tam przerzutowych :

$$Q_e = \frac{2}{3} \mu L x \sqrt{2gx},$$

⁽¹⁾ Rühlmann : *Hydromechanik*, p. 462, § 150.

⁽²⁾ Dubaut : *Principe d'hydraulique*, t. I, § 142.

w którym oznaczają :

Q_e = wydatek wody na sekundę = 41,76 metr. sześciennych,

x = wzniesienie wody górnego biefu ponad grzbiet tamy,

$\mu = 0,80$;

zatem, po wstawieniu tych wartości będziemy mieli :

$$41,77 = 0,54 Lx \sqrt{2gx} = 2,392 Lx^{3/2},$$

albo

$$(2) \quad Lx^{3/2} = 17,458 \dots$$

Oznaczając następnie przez T wzniesienie grzbietu tamy ponad poziom wód stałych, zależność między x i X , zgodnie z danymi zadania, wyrazi się :

$$T + x = 2^m,15,$$

$$T + X = 2^m,40,$$

czyli

$$(3) \quad X - x = 0^m,25 \dots$$

Rozwiązując równania (1), (2) i (3), otrzymamy :

$$x = 0^m,23,$$

$$X = 0^m,18,$$

$$L = 159^m,00,$$

a z równań pomocniczych

$$T = 1^m,92.$$

Rezultat otrzymany dowodzi w sposób oczywisty, że rozwiązanie naszego zadania za pomocą tamy stałej byłoby niedorzecznością ze względu na koszty budowy pokładu, długość którego przewyższa szerokość rzeki tamowanej.

§ 3. — Tama ruchoma, długość pokładu i jego wzniesienie ponad poziom wód stałych.

Wyznaczenie głównych rozmiarów tamy ruchomej dokona się za pomocą wzoru (1)

$$Q_h = 0,80 L \sqrt{2gH} \left[\frac{2}{3} H + X \right],$$

to jest

$$L[0,60 + 3X] = 334,361.$$

Dla tego aby to równanie było określone założymy, że stan normalny rzeki tamowanej ma ulec o ile można jak najmniejszym zmianom, co według zasad budownictwa wodnego zawsze ma miejsce, jak tylko długość pokładu równa się, mniej więcej, szerokości koryta rzeki przy poziomie wód stałych.

Zakładając zatem :

$$L = 67^m,75,$$

otrzymamy

$$X = 1^m,40,$$

a wzniesienie grzbietu pokładu ponad poziom wód stałych :

$$T = 2,40 - 1,40 = 1^m,00.$$

§ 4. — Ilość i rozmiary tarcz i przesmyków.

Ponieważ, dla zatamowania rzeki danej, użyto 45 tarcz, przyczem długość każdej, mierzona wzdłuż pokładu, wynosi $1^m,25$, przeto ogólna szerokość przesmyków będzie :

$$67,75 = 45 \times 1,25 = 11^m,50.$$

W czasie wód stałych tarcze są podniesione, a wymagany stan poziomu wody górnego biegu warunkuje wysokość pionową przesmyków :

$$h = t - T = 2,15 - 1,00 = 1^m,15,$$

a ilość wody na sekundę, przelewającej się przez te otwory, obliczy się według wzoru P. DUBUAT :

$$Q_1 = 2,392 \times 11,50 \times (1,15)^{\frac{3}{2}},$$

czyli

$$Q_1 = 33,917 \text{ metr. sześciennych,}$$

lecz wydatek wiosennych wód na 1"

$$Q_e = 41,76 \text{ metr. sześciennych,}$$

zatem

$$Q_2 = 41,76 - 33,917 = 7,843 \text{ metr. sześciennych,}$$

muszą się przelać po nad krawędzią tarcz wzniesionych ; wysokość przelewającej się fali otrzyma się ze wzoru :

$$Q_2 = 2,392 \lambda x^{\frac{3}{2}},$$

w którym

$$\lambda = 56^m,25 = \text{ogólna długość tarcz}$$

$$x = \text{wysokość przelewającej się fali.}$$

Rozwiązując powyższe równanie dla x , wypada :

$$x = \left[\frac{7,843}{2,392 \times 56,25} \right]^{\frac{2}{3}} = 0^m,15.$$

Wzniesienie poziome górnej krawędzi tarcz ponad grzbiet pokładu :

$$1,15 - 0^m,15 = 1^m,00.$$

Ilość przesmyków :

$$n = 45 + 1 = 46.$$

Ze względu na jednakie rozmiary, szerokość każdego przesmyka :

$$\frac{11,50}{46} = 0^m,25.$$

§ 5. — Rozmiary okienic.

Rozmiary okienic obliczają się przy założeniu, że :

1° okienice zajmują położenie pochyłe,

2° wody górnego biegu podniosły się do poziomu wód wiosennych.

Przypuszczając nadto dla większego bezpieczeństwa, że wody dolnego biegu nie wywierają żadnego ciśnienia na spodnią powierzchnię okienic, to obciążenie ostatnich wyrazi się za pomocą trapezu ADFB.

Liczebna wartość największego momentu zgięcia może być wyprowadzoną z ogólnego wyrażenia momentów sił zewnętrznych, które, w danym razie, wyrazi się przez równanie :

$$M_x = A_x - \{ \Delta_1 \lambda_1 + \Delta_2 \lambda_2 \} \gamma b.$$

Litery użyte w tym wzorze i następnym oznaczają :

M_x = moment zgięcia w punkcie C, odległym od opory A na długość = x ;

A = reakcja opory A;

l_1 = wysokość wody nad oporą A = 4^m,70;

l_2 = wysokość wody nad oporą B = 2^m,75;

Δ_1 = powierzchnia prostokąta ADGC = $x l_1$;

$\lambda_1 = \frac{x}{2}$ = rzut odległości środka ciężkości płaszczyzny ADGC od punktu C;

Δ_2 = powierzchnia trójkąta DEG = $\frac{(l_2 - l_1)x^2}{2L}$;

$\lambda_2 = \frac{x}{3}$ = rzut odległości środka ciężkości trójkąta DEG od punktu C';

b = 4^m,55 = szerokość okienicy;

L = 2^m,45 = długość okienicy;

γ = 1000 kgr. = waga 1 metr sześcienny wody.

Zgodnie z powyższem oznaczeniem, obciążenie okienicy będzie :

$$P = bL \times \frac{l_1 + l_2}{2} \times \gamma.$$

Reakcja opory A

$$A = \frac{\gamma b l_1 L}{2} + \frac{\gamma b L (l_2 - l_1)}{2 \times 3},$$

to jest

$$A = \frac{bL\gamma}{6} \{ 2l_1 + l_2 \} \dots$$

zatem ogólne równanie momentów przyjmie kształt :

$$(4) \quad M = \frac{bL\gamma}{6} \{ 2l_1 + l_2 \} x - b\gamma \left\{ l_1 \frac{x^2}{2} + \frac{(l_2 - l_1)x^3}{6L} \right\},$$

czyli

$$M = \frac{b\gamma x}{6} \left\{ (2l_1 + l_2)L - \left(3 \times l_1 + \frac{l_2 - l_1}{L} x^2 \right) \right\},$$

albo

$$(5) \quad M = \frac{b\gamma x}{6} \{ (2l_1 + l_2)L^2 - 3l_1Lx - (l_2 - l_1)x^2 \} \dots$$

To wyrażenie, jak wiadomo, będzie maximum, jeśli

$$\frac{dM}{dx} = 0,$$

$$\frac{d^2M}{dx^2} < 0$$

zatem, różniczkując, otrzymamy :

$$(6) \quad \frac{dM}{dx} = \frac{b\gamma}{6L} \{ (2l_1 + l_2)L^2 - 6l_1Lx - 3(l_2 - l_1)x^2 \} \dots$$

Zakładając powyższe równanie równem zeru, będziemy mieli :

$$x^2 + \frac{2l_1Lx}{l_2 - l_1} = \frac{(2l_1 + l_2)L^2}{3(l_2 - l_1)},$$

z kąd

$$(7) \quad x = \frac{L}{l_2 - l_1} \left\{ -l_1 \pm \sqrt{l_1^2 + \frac{(2l_1 + l_2)(l_2 - l_1)}{3}} \right\} \dots$$

Następnie

$$(8) \quad \frac{d^2M}{dx^2} = -6l_1L - 6(l_2 - l_1)x \dots$$

Ponieważ liczebna wartość funkcji $\frac{d^2M}{dx^2}$ dla $x > 0$ jest zawsze ujemną, przeto odcięta największego momentu zgięcia zgodnie z równaniem (7), będzie :

$$x = \frac{L}{l_2 - l_1} \left\{ -l_1 + \sqrt{l_1^2 + \frac{(2l_1 + l_2)(l_2 - l_1)}{3}} \right\},$$

czyli

$$x = \frac{2,45}{2,75 - 1,70} \left\{ -1,70 + \sqrt{2,89 + \frac{1}{3}(3,40 + 2,75) \times 1,05} \right\} = +1^m,273$$

i wartość tego momentu maximum obliczy się z równania (5), i tak :

$$M_{max} = \frac{1,35 \times 1,373 \times 1000}{6 \times 2,45} \{ 6,45 \times 6,00 - 5,10 \times 2,45 \times 1,273 - 1,05 \times 1,62 \},$$

czyli

$$M_{max} = 3257,20 \text{ kilogramów.}$$

Szerokość b belek podłużnych okienicy może być otrzymaną ze wzoru

$$M_{max} = \frac{Rbh^2}{6}$$

w którym

$$R = 60 \text{ klgr. na 1 cm. kwadratowy,}$$

$$M_{max} = 226720 \text{ klgr. cm.,}$$

$$h = 25 \text{ cm.} = \text{wysokość belek,}$$

po podstawieniu tych wartości wypada :

$$b = \frac{6 \times 225720}{60 \times 625} = 36^{\text{cm}}, 12,$$

lecz ze względu na wcięcia i inne osłabienia przyjęto (fig. c).

$$(9) \quad b = 4 \times 0,20 = 0^{\text{m}}, 80 \dots \dots$$

Wytrzymałość przepony z desek sprawdzoną została dla elementu zostającego pod ciśnieniem słupa wody, wysokością $2^{\text{m}}, 70$.

Rozpatrując ten element jako belkę na dwóch oporach leżącą, których wzajemna odległość wynosi $0^{\text{m}}, 55$, otrzymamy :

Obciążenie zupełne elementu na 10 cm. szerokiego :

$$0,10 \times 0,55 \times 2,70 \times 1000 = 148,50 \text{ klgr.}$$

Największy moment zgięcia :

$$M_{\text{max}} = \frac{148,50 \times 0,55}{8} = 10,21 \text{ klgr. m.}$$

Grubość e przepony otrzymana się ze wzoru :

$$M_{\text{max}} = 1021 = \frac{10 \times R \times e^2}{6},$$

czyli

$$e = 3^{\text{cm}}, 2,$$

a ze względu na zwiększenie bezpieczeństwa przyjęto :

$$(10) \quad e = 0^{\text{m}}, 65 \dots \dots$$

§ 6. — Wymiary tarcz.

Wytrzymałość tarcz tamy projektowanej obliczoną została, przyjmując że wody górnego biefu podniosły się do poziomu wód wiosennych, a poziom wód dolnego biefu nie przekroczył wysokości osi wirowania okienic.

Dla większej prostoty rachunków, będziemy uważali powierzchnię walcową tarczy jako płaszczyznę, której położenie wyznacza się dwiema linijami poziomymi i równoległymi, których rzuty poziome znajdują się w punktach D i E (fig. f)

Zgodnie z rysunkiem będziemy mieli :

$$z = 2^{\text{m}}, 39 = \text{promień walcowej powierzchni tarczy;}$$

$$\omega = 25^{\circ} 46' = \text{kąt rozwarcia tejże powierzchni;}$$

$$\beta = 1^{\text{m}}, 25 = \text{długość tarczy wzdłuż pokładu;}$$

$$\lambda = DE = 1^{\text{m}}, 012 = \text{wysokość tarczy zupełna;}$$

$$h = 1^{\text{m}}, 00 = \text{użyteczna wysokość tarczy.}$$

Na zasadzie powyższego oznaczenia, obciążenie tarczy wyrazi się przez

$$P = \beta\gamma\lambda \frac{1,70 + 0,70}{2},$$

czyli

$$P = 1,25 \times 1,012 \times 1000 \times \frac{1,70 + 0,70}{2} = 1518,00 \text{ klgr.}$$

Punkt C' przyłożenia tego obciążenia położony na głębokości

$$u = BC = \frac{2}{3} \frac{1,70^3 + 0,70^3}{1,70^2 - 0,70^2} = 1^m,27,$$

kąt α nachylenia ciśnienia P względem poziomu otrzyma się z równania :

$$\text{wst } \alpha = \frac{0,43}{2,30} = 0^m,187,$$

z kądem

$$\alpha = 10^{\circ}46',$$

Przy wyznaczaniu wymiarów podpórek, uważano je jako belki umocowane u jednego końca, zatem ramię AF ich największego momentu zgięcia będzie :

$$AF = 2,20 \text{ wst } \alpha = 0^m,39,$$

a liczebna wartość tego momentu :

$$M_{max} = P \times AF = 1518,00 \times 0,39 = 592,02 \text{ klgr. m.}$$

Przecięcie poprzeczne każdej podpórki obliczy się ze wzoru :

$$\frac{M}{2} = 29601 = \frac{Rbh^2}{6},$$

zakładając

$$b = 14,$$

będziemy mieli :

$$h = \sqrt{\frac{29601}{140}} = 15 \text{ cm.}$$

Dla większego bezpieczeństwa, ze strony przeciwległej ciśnieniu, wzmocniono podpórki poprzeczną beleczką, przytwierdzoną za pomocą sworzni śrubowych do wewnętrznych belek okienicy (fig. g).

Każdy element szalówki może być uważany jako belka na dwóch podporach, odpowiadających osiom podpórek.

Jeżeli szerokość elementu = 10^{cm} i wysokość cisnącego słupa wody 1^m,15 to zupełne obciążenie elementu będzie (fig. h)

$$1000 \times 0,10 \times 0,975 \times 1,65 = 160,875 \text{ klgr.}$$

Największy moment zgięcia

$$M_{max} = \frac{160,774 \times 0,975}{8} = 19,51 \text{ klgr. m.}$$

Grubość h szalówki otrzyma się ze wzoru :

$$M_{max} = 1951 = \frac{Rbh^2}{6} = \frac{60 \times 10 \times h^2}{6},$$

z kąd

$$h = \sqrt{19,51} = 4^{\text{cm}},42.$$

Jednak ze względu na potrzebę walcowego profilu otrzymana grubość szalówki została znacznie zwiększoną, jak to wskazuje (fig. *g*), a także i tablica w końcu niniejszej pracy umieszczona.

Od REDAKCYI. — Wskutek nieprzewidzianych okoliczności, pod wpływem których autorowie poza granicami Francyi przebywający zostają codziennie, tablica i dokończenie niniejszej pracy zostaną zamieszczone w następnym tomie Pamiętnika.