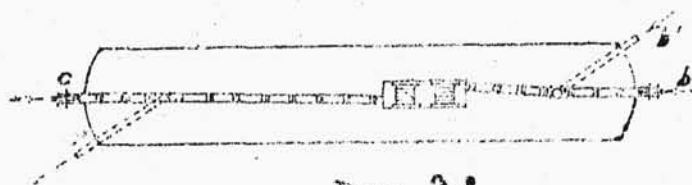


Na rzekach skanalizowanych pociągi łodzi winny być złożone jak na kanałach żeglugi, lecz sprawność holowników należy obliczać według oporów w górnym końcu stanowisk. Gdy jazy są otwarte, pociągi łodzi winny być zestawione, jak dla rzeki nieskanalizowanej.

d/. Holowanie przy pomocy łańcucha lub liny rzuconej na dno rzeki /a. towing-navigation, f. le touage, n. die Tauerei/. Statek holujący podejmuje łańcuch rzucony na dno rzeki, przepuszcza go przez 2 bębny windowe, umieszczone w wysokości pokładu i opuszcza z tyłu na dno; łańcuch stanowi punkt oparcia dla statku swym ciężarem i tarcieniem o dno rzeki /rys.28/. Oba bębny są o średnicy około 1 m. i są



Rys. 28.

opatrzone w rowki. Łańcuch jest nawinięty 4-krotnie w ten sposób, że każdym razem otacza połowę obwodu każdego bębna. Jeżeli są założone stery, przesuwają

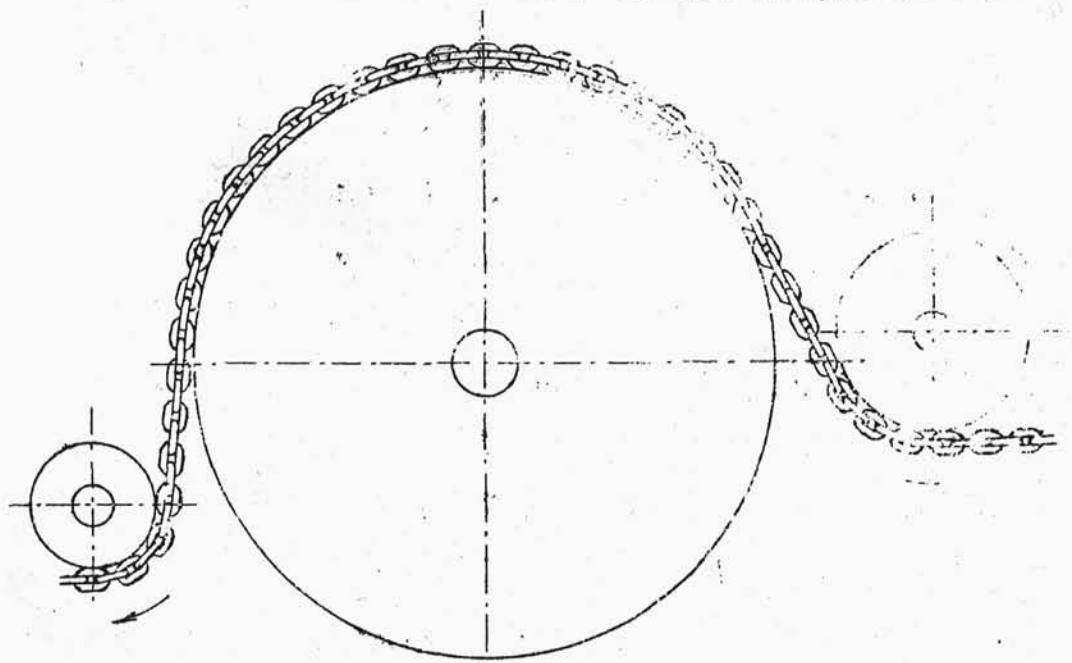
się łańcuch do punktów b' i C' . Maszyna parowa lub motor gazowy, wzgl. elektryczny porusza windy. Chyżość holowania w górę rzeki wynosi 4 - 5 km. na godzinę. Wymijanie: statki oddają sobie łodzie holowane i wracają, albo statek jadący w dół porzuca łańcuch, co jest połączone z dość uciążliwą manipulacją; dla umożliwienia otwarcia łańcucha służą specjalne zamki, umieszczone co 1 lub $1/2$ km.

Na niektórych rzekach używa się łańcucha tylko przy holowaniu w górę rzeki, ale wtedy łańcuch wędruje z każdym statkiem o około 40 m. z dołu do góry i przesuwa się ku brzegom wypukłym, a więc o płytszych głębokościach; zmusza to do skracania łańcucha u góry i przedłużenia u dołu, oraz do puszczenia co pewien czas statków w dół, aby przesuwały łańcuch na swoje miejsce. Wskutek przesuwania się łańcucha ku brzegom wypukłym i odsuwania w pierwotne położenie powstaje w pewnych miejscach większe nagromadzenie łańcucha, w innych większe jego napięcie; aby to usunąć umieszcza się na statku skrzynię, w której gromadzi się łańcuch /około 25 m./, gdy statek trafia na nadmiar łańcucha i wypuszcza w miejscach, gdzie jest zbyt napięty.

Zamiast bębnow, na których lina ulega często

porwaniu wprowadził Bellingrath w Niemczech koło pionowe o średnicy 2,3 m., do którego przyciskają linę palce stalowe.

De Bovet w Paryżu obmyślił urządzenie o magnetycznem działaniu. Są to tarcze średnicy 1,3 m. z miękkiej stali; między niemi znajduje się rowek dla łańcucha, między zaś rowkiem a wałem jest szczelna /dla wody/ przestrzeń w kształcie pierścienia, w której znajduje się rolka druciana, otrzymująca prąd elektryczny. Łańcuch, który dotyka tarcz od dołu w $3/4$ obwodu zamyka prąd, a



Rys. 29.

obie tarcze stają się biegunami magnesu i przytrzymują łańcuch /rys.29/.

De Bovet znalazł, że stosunek dzielności maszyny N statku wolno płynącego do dzielności maszyny N_T statku używającego łańcucha równa się:

$$\frac{N}{N_T} = \frac{2(v + v_w)}{v}$$

gdzie v oznacza chyżość statku w odniesieniu do brzegów, a v_w chyżość wody.

Dla $v_w = 0$ wypada $\frac{N}{N_T} = 2$. Nie jest to całkiem ściśle.

Żegluga na łańcuchu jest korzystna na rzekach o większym i nieregularnym spadzie, według Bellingratha już przy spadzie powyżej 0,3 ‰.

Na rzekach niosąc rumowisko trzeba wyjmować na zimę łańcuch z dna. Z tego powodu zaniechano na niektórych rzekach tego urządzenia.

Z korzyścią może być zastosowany ten sposób żeglugi na kanałach o długich stanowiskach, zwłaszcza na szczytowych przestrzeniach jednolitych w tunelach. W śluzach łańcuch przechodzi przez małe wycięcie wrót u dołu słupów wspornych. Ponieważ na kanale statek musi holować w obie strony nie da się uniknąć trudności wymijania, a dwa łańcuchy powodują znaczne koszty i mieszają

się w śluzach i na skrętach. Natomiast statek nie powoduje fal, nie uszkadza zatem skarp i dna kanału.

Zamiast łańcucha próbowano zastosować linę drucianą; z powodu wielu niedogodności wyszła z użycia. W odmienny sposób zastosowano linę na Rodanie między Serves, a Pont St. Esprit na przestrzeni 111 km. o spadku wody $0,775 \text{ ‰}$, o silnym ruchu rumowiska. Przestrzeń podzielono na 8 części po 12,5 do 15 km. i na każdej holuje łódzie statek o sile 150 HP, zapmocą liny drucianej o średnicy 22,8 mm., która w górze jest zakotwiona do dna, a na statku nawija się na bęben. Każdy statek pły nie w ciągu dnia 2 razy do góry i na dół i ciągnie 2 łodzie po 300 t. Na noc zostają statki u góry z nawiniętą na bębnie całkowicie liną. Podobne urządzenie jest na Dunaju na t.zw. Żelaznej Bramie.

Największą wadą żeglugi na łańcuchu lub linie jest to, że żegluga nie jest swobodna.

Najkorzystniejszy sposób holowania:

Na rzekach otwartych jest najkorzystniejsze holowanie statkami o własnym popędzie, o ile rzeka nie ma większego spadku /mniej niż $0,5 \text{ ‰}$ /, albo progów, o małej głębokości wody.

Holowanie z brzegu przedewszystkiem koźmi jest

stosowane na rzekach uregulowanych i mających odpowiednio urządzone drogi holownicze, nie oddalające się zbyt od łóżyska rzeki.

Według Supp ana są najodpowiedniejsze w górnym biegu rzeki o głębokości najmniejszej 0,60 - 0,80 m. jako holowniki parowce kołowe o zanurzeniu 0,60 - 0,70 m. i sile 120 - 150 HP; /łodzie towarowe 100 do 200 tonowe/, na wąskiej drodze parowce z kołem tylnym; w średnim biegu rzeki o głębokości co najmniej 1,5 m. parowce kołowe o zanurzeniu 0,80 i sile 400 HP; , a śrubowce dopiero na głębokościach większych niż 1,50 m. /łodzie 400 t./; w dolnym biegu śrubowce o sile 200 - 400 HP; , zwłaszcza dwuśrubowce /o tyle tunelowym/ i łodzie 600 - 1000 t.

Na kanałach mogło być stosowane z korzyścią w stosunkach przedwojennych holowanie zwierzętami, śrubowcami o sile około 100 HP; , lub wreszcie lokomotywami elektrycznymi. Użycie na kanałach silniejszych holowników nie jest wskazane, gdyż falami niszczą bardzo skarpy i dno kanału. Na kanale holownik ciągnie 2 do 3 łodzi załadowanych.

Z uwagi na służy jest korzystniejsze użycie lokomotywy, niż holownika, gdyż albo musi być urzą-

dzony ruch wahadłowy holowników między słuzami, co nie jest ekonomiczne, gdyż ruch jest równomier-ny, albo trzeba słuzować holownik, co powiększa wymiary słuzy i zużycie wody, a zatem kosztu budowy i ruchu, albo trzeba dzielić pociąg, co przedłuża czas podróży. Jeżeli słuzy są gęściej umieszczone, a tem samem są krótsze stanowiska, to podróż trwa krócej przy zastosowaniu koni i naogół jest ko-rzystniejsza. Holowanie lokomotywami jest także korzystne z tego powodu, że nie ma fal szkodliwych, jakie wywołuje holownik. Niekorzystnem jest łado-wanie z brzegów kanału, chociaż i ta trudność jest do pokonania, a nadto lepiej jest, gdy ładowanie odbywa się w osobnych basenach portowych.

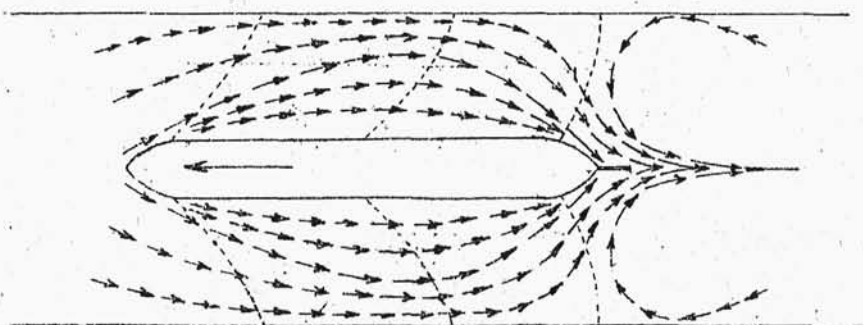
Urządzenie elektrycznej trakcji jest jednak przy słabym ruchu mniej korzystne, niż zastosowanie holowników i przed wojną zaczynało się rentować dopiero przy ruchu powyżej 4 milionów ton rocznie.

Wojna spowodowała gwałtowną zmianę stosunków, podrożenie robocizny, podrożenie węgla i żelaza. Obecnie ten system będzie prawdopodobnie najodpo-wiedniejszy, który nie wymaga zmian w statkach, ani budowy kosztownego toru, ani ciężkich lokomo-tyw elektrycznych, ani wreszcie zbyt liczego i niedostatecznie zajętego personelu.

C. OPORY STATKÓW,

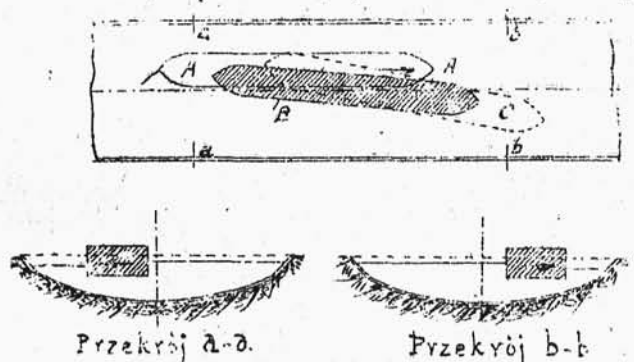
Statek płynący doznaje oporu ze strony wody i powietrza. Opór powietrza pomijamy w żegludze śródlądowej.

Statek płynący środkiem kanału, a zatem na wodzie prawie stojącej w wąskim łożysku wypycha przodem wodę, która płynie w tył obok boków statku i pod jego dnem /prąd wsteczny/, a w tyle statku zlewa się razem, tworząc t.zw. ślad statku. Przed statkiem powstaje fala poprzeczna wskutek uderzeń przodu i druga tylnia, wskutek ssącego działania tyłu, a często płynie nadto jedna lub więcej fal pośrednich zależnie od długości statku. Statek i zwierciadło wody wzdłuż boków statku doznają obniżenia, które powoduje falę biegnącą w kierunku osi kanału. Fale poprzeczne krzyżują się z falami podłużnymi i dobiegłszy do skarp kanału rozbijają się o nie /rys. 30/.



Rys. 30.

Statek powinien płynąć środkiem kanału. Jeżeli płynie bliżej brzegu, to obniżenie zwierciadła wody i prąd wsteczny są większe po stronie bliższej brzegu i statek jest ciśniony ku brzegowi. Jeżeli więc chcemy wprowadzić w oś kanału statek płynący przy brzegu, skręcamy ster w stronę przeciwną tak długo, aż przód statku osiągnie oś kanału, poczem należy natychmiast przełożyć ster na drugą stronę. Jeżeli tego nie zrobimy, nim statek przyjmie położenie B /rys. 31/, statek przejdzie ku drugiemu



Rys. 31.

Jeżeli statki prześcigają się, wtedy przechodząc obok siebie nachylają się ku sobie, pomimo działania sterów, ponieważ odległość między nimi jest mniejsza, niż od brzegów /rys. 32/. Aby uniknąć zderzenia statek prześcigany winien zmniejszyć znacznie swą chyżość.

Przy wymijaniu się statków płynących w przeciwnych kierunkach natrafia przód statku na fale przednią wywołaną przez drugi statek; fale te two-

brzegowi. Nie należy przytem zwiększać chyżości statku, ale raczej ją zmniejszyć.

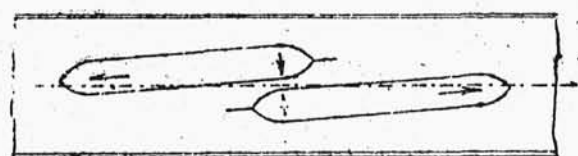
rzą szczyt między przodami, wypełniają obniżenie drugiego statku i odpychają statki ku brzegom,



Rys. 32.

zmniejszając raczej niebezpieczeństwo zderzenia. Dopiero gdy mijają się tyły statków powstają największe obniżenia wody i nie-

bezpieczne położenie dla statków/rys.33/.



Rys. 33.

oporów jakie są w wodzie stojącej, opór wywołany chyżością wody w rzece, tudzież ślizganiem się statku po równi pochyłej

jaką jest powierzchnia wody w rzece. Ślizganie to jest powodem zjawiska że przedmiot płynący w rzece płynie szybciej, niż woda.

Gdy statek płynie w dół rzeki, siły powyższe zmniejszają inne opory statku, czego niema na kanale żeglugi o prawie poziomem zwierciadle wody. Większy opór przy jeździe w górę rzeki, powoduje większe obniżenie zwierciadła wody wzdłuż statku, niż przy jeździe w dół. To jest powodem, że głębokość na mieliźnie może nie wystarczać dla statku jadącego w górę rzeki, choć wystarcza dla tego samego statku

przy jeździe w dół.

Dalszą różnicą między kanałem, a rzeką jest ustawiczna zmienność przekrojów poprzecznych i spadku wody w rzece, co powoduje zmienność oporów. Wreszcie na rzece statek musi płynąć dość często ukośnie do nurtu, co zwiększa opory.^{x/}

Jeżeli łodzie płynące w pociągu znajdują się w takiej odległości wzajemnej, że w ślad pierwszej łodzi nie wpada fala przednia następnej łodzi, to opór pociągu łodzi równa się sumie oporów poszczególnych łodzi. W przeciwnym razie podnosi się zwierciadło wody pod pierwszą łodzią, a obniża się pod drugą, przez co opór obu łodzi nieco się zmniejsza; ale znów przed drugą łodzi obniżając się wywołuje większą chyżość fali wstecznej, przez co jej opór wzrasta. Która z tych przyczyn przeważa - zależy od stosunków. Według doświadczeń robionych na kanałach żeglugi, złączenie kilku łodzi w pociąg w odstępach 5 - 8 m. daje zmniejszenie oporów o około 10%. Przy holowaniu za pomocą kołowców lub śrubowców zwiększają się opory pierwszej łodzi o 10-20%, jeżeli łądź płynie w odległości 50m. od holownika; nie ma zaś zwiększenia oporów, gdy odległość ta wynosi 100 m.

x/ Natomiast większa zazwyczaj szerokość szlaku wodnego na rzece niż na kanale zmniejsza opory

Celem zbadania wielkości oporów przeprowadzono dość liczne doświadczenia na rzekach i kanałach. Ważne są doświadczenia inżyniera francuskiego de Mas'a przeprowadzone w l. 1890-1895 na Sekwanie i na kanałach, Towarzystwa żeglugi parowej na Dunaju w r. 1895 w pobliżu Budapesztu, Rządu pruskiego w r. 1898 na kanale Dortmund-Ems, w r. 1903 na kanale Teltowskim, w r. 1910 na kanale Hohenzollernów i w r. 1913 na kanale Odra-Sprewa, wreszcie doświadczenia Dra inż. Asthöwera na Renie między Duisburgiem a Kolonją w r. 1910.

Studja nad oporami statków podjęto w laboratorjach od czasu, kiedy /1871 r./ Froude udowodnił, że jeżeli dwa podobne co do kształtu statki, a więc statek i jego model płyną w wodzie stojącej o bardzo wielkiej szerokości łóżyska z chyzościami, jakie odpowiadają stosunkowi podobieństwa, to wszystkie zjawiska tworzenia się fal i wirów, a przez to opory wywołane kształtem łodzi są podobne. Nie są zaś podobne wpływy tarcia między wodą, a powierzchnią zewnętrzną statków, tudzież w ograniczonej wodzie wpływy tarcia wody poruszonej statkami o skarpy i dno drogi wodnej oraz o powierzchnię statku; te opory wymagają osobnych obliczeń.

Bardzo szczegółowe badania oporów modeli statków przeprowadzili Engels i Gebers w stacji doświadczalnej w Uebigau pod Dreznem i Thiele w Charlottenburgu. Do sprawy tej powrócimy jeszcze później.

Doświadczenia na rzekach i kanałach i badania laboratoryjne wykazały, że:

1. Opór jest zależny od kształtu statku. Statki o przodzie łyżkowatym lub klinowatym powodują najmniejsze opory.

2. Opór jest tem większy, czem większe są: przekrój poprzeczny statku i powierzchnia zanurzenia statku.

Długość łodzi nie ma właściwie wpływu na wielkość oporu. De Mas tłumaczy to tem, że opór jaki jest wywołany uderzeniem przodu statku o wodę jest niezależny od długości statku, a wpływ ssania tyłu statku maleje wprawdzie ze wzrostem długości statku, ale równocześnie wzrasta opór wywołany zwiększeniem zanurzonej powierzchni statku tak, że wpływy te się wyrównują. Mimo to wpływa korzystnie na zmniejszenie oporów harmonijny stosunek między długością statku a długością fali przedniej, przez co przy żądanej chyżości statku szczyt fali występuje w odpowiednim miejscu statku tak, że fala pomaga do posunięcia statku naprzód. Nadmierne długość statku utrudnia

przejście jego pod wąskimi mostami.

3. Opór jest tem większy, czem bardziej szorstka jest powierzchnia statku. Statek drewniany powoduje większy opór niż żelazny, a statek starszy większy opór, niż statek nowszy.

4. Opór jest tem większy, czem mniejszy jest stosunek powierzchni zwilżonej przekroju poprzecznego drogi wodnej do powierzchni zanurzonej w wodzie przekroju poprzecznego statku t.j. poniżej górnej wodnicy.

5. Odległość dna statku od dna drogi wodnej poniżej 1 m. wpływa na wielkość oporu statku w odwrotnym stosunku.

6. Przekrój poprzeczny kanału żeglugi nieckowaty, zwarty powoduje najmniejsze opory w porównaniu z innym kształtem przekroju np. trapezowym.

7. Złe sterowanie może zwiększyć opory statku nawet do 60 % wskutek kręcenia się statku.

Wzory na opory statku.

1/ Najdawniejszy i najprostszy wzór na opór w wodzie o wielkiej szerokości łóżyska czyli w t. zw. nieograniczonej wodzie opiewa

$$W = k \cdot f (v \pm v_1)^2,$$