

1500 m. rozszerzenie: 1,5 m.

2000 m. " 0 m.

Symphor zaleca dla kanałów przeznaczonych dla statków 1000 tonowych następujące rozszerzenia:

dla : 500-700 m., 700-900 m., 900-1200,

5 m. 4 m. 3 m.

1200 - 1500 , 1500 - 2000

2 m. 1 m.

Doświadczenia wskazały, że im łuk jest krótszy, tem krzywizna jest mniej uciążliwa dla statków.

Czasem nie da się uniknąć zwężenia kanału ze względu na grunty zabudowane o wysokiej wartości. Wówczas należy dać większą głębokość wody w kanale.

Trasa kanału: Oś kanału składa się z linii prostych i łuków kołowych. Jest wskazane projektować możliwie długie proste, a krótkie krzywizny. Krzywizny odwrotne należy przedzielić liniami prostymi o długości co najmniej 200 m.

Według inżynierów francuskich najmniejszy promień powinien wynosić:

na kanałach dla statków 300 t. . . . .	300 m.
" " 600 t. . . . .	525 "
" " 900 t. . . . .	820 "
" " 1200 t. . . . .	1070 "

Symphex radzi stosowanie na kanałach 1000 nowych promieni ale możliwości ponad 1000 m.

Tak jak przy budowie dróg i kolei żelaznych rozróżniamy trasę gospodarczą i trasę techniczną.

Trasą gospodarczą nazywamy połączenie dróg wodnych i miejscowości zapomocą nowej drogi wodnej<sup>w ten sposób,</sup> jak tego wymagają interesy gospodarcze kraju. - Zasada zaś dobrej trasy technicznej jest, aby ruch na drodze wodnej wypadł najtaniej, uwzględniając amortyzację kosztów budowy i kosztu utrzymania drogi. Wymagania tych 2 tras muszą być uzgodnione, inaczej droga wodna nie będzie odpowiadała na leżycie swemu przeznaczeniu.

Przedewszystkiem więc ustalamy miejscowości ważne gospodarczo, w pobliżu których powinna droga wodna przechodzić, następnie wyznaczamy wielkość spodziewanego ruchu, co jest dosyć trudne, dalej ustalamy typ łodzi dla projektowanej drogi wodnej, - mając na względzie sąsiednie drogi wodne i ekonomję ruchu, - sposób holowania łodzi, wymiary zasadnicze drogi i obiektów, a więc przekrój poprzeczny kanału, wymiary śluz komorowych, ilość wody potrzebną dla kanału, wreszcie miejsca i rozmia-ry portów i przystani.

Mając ustaloną trasę gospodarczą i wyżej wspomniane warunki gospodarcze dla projektowanej drogi wodnej projektujemy trasę techniczną, na mapie dokładniejszej /np. 1:25000/ i mającej war-  
stwice terenowe <sup>oraz</sup> badamy na gruncie warunki i punkty zasadnicze trasy. A więc zbadamy, czy i gdzie można skanalizować rzeki, a gdzie należy wykonać kanał żeglugi; oznaczymy najodpowiedniejsze miejsca, usytuowanie i wysokość stopni kanalizacyjnych dla zamierzanej kanalizacji, a dla kanału żeglugi miejsca przekroczenia rzek, kolei żelaznych, działów wód, miejsca odpowiednie do założenia śluz komorowych i sposoby zasilenia kanału wodą, wreszcie miejsca projektowanych portów i przystani. O ile trudności techniczne stoją na przeszkodzie zbliżeniu się trasy do jakiegoś punktu ważnego gospodarczo, wtedy projektujemy połączenie tego punktu z nową drogą wodną pomocą kanału bocznego /ślepego/. Niema jednak potrzeby nadmier-  
nego zbliżania się do miast, zwłaszcza do dzielnic nie przeznaczonych dla zakładów przemysłowych. Kanał nie służy dla ruchu osobowego, należy go prowadzić w tej stronie miasta, gdzie jest przewidziana dzielnica fabryczna i gdzie jest dość gruntów

tanich i należycie odwodnionych dla dalszego rozbudowania zakładów przemysłowych. Racjonalnym jest przeto prowadzenie kanału w odległości kilku km. od centrum wielkiego miasta.

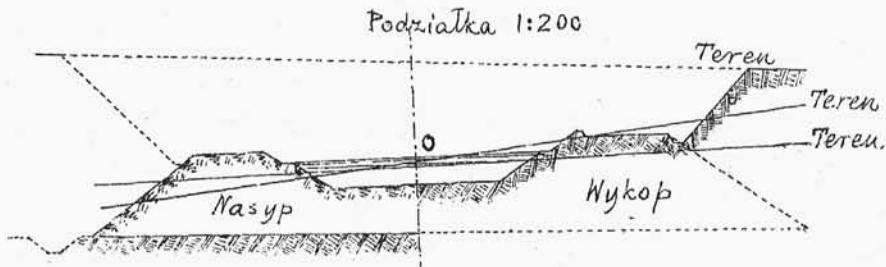
Na kanałach działowych najważniejszym punktem trasy technicznej jest przekroczenie wododziału i ustalenie stanowiska szczytowego, chodzi bowiem o zaopatrzenie go w dostateczną ilość wody.

Jeżeli badania wykazą, że teren leżący powyżej najniższego siodła na działale wód może dostarczyć wody w wystarczającej ilości, wtedy wkładamy trasę w to siodło, przyczem projektujemy możliwie głęboki przekop, przez co zmniejsza się liczba śluz z obu stron i więcej możemy mieć wody.

Jeżeli dział wód stanowią grzbiety górskie, to zbadamy, czy nie ma dość wąskiego szczytu, choćby wyższego od siodła, i czy przez poprowadzenie kanału tunelem nie da się osiągnąć o tyle niższego poziomu na stanowisku szczytowem, żeby trasa wypadła tańsza i lepiej w wodę zaopatrzona.

Trasowanie kanału. Przyjmujemy nachylenie terenu w kierunku poprzecznym do osi kanału przeciętne dla danej partji i wkreślamy je w normalny przekrój poprzeczny tak, aby nasypy wyrównywały się z przeko-

pami / rys. 63/.



Rys. 63.

Zazwyczaj punkt  $O$  przecięcia się terenu z osią kanału wypadnie kilkadziesiąt cm. poniżej zwierciadła wody w kanale. Mając dane rzędne zwierciadła wody, oznaczamy rzędną punktu  $O$  i szukamy punktów na planie warstwicowym o tej wysokości, a następnie wkładamy proste i łuki osi kanału. Pamiętać przytem należy, przy wyrównywaniu wykopów z nasypami, że lepiej jest mieć mały nadmiar ziemi, niż żeby jej brakło. Zresztą mają tu odpowiednie zastosowanie ogólne zasady trasowania dróg.

Dla uprawy gruntów przyległych jest lepiej, gdy zwierciadło wody w kanale leży poniżej zwierciadła wody gruntowej, zwłaszcza gdy grunty są za bagnione, a teren zbyt płaski i podglebie przepuszczalne. Będzie to także z pożytkiem dla kanału, gdyż uniknie się straty wody przez wsiąkanie i

znacznych kosztów uszczelnienia skarp i dna kanału. Z drugiej strony nadmierne osuszenie gruntów przepuszczalnych może wywołać pogorszenie warunków uprawy i żądanie znacznego odszkodowania. Nasypy lepiej projektować na gruntach nieprzepuszczalnych, niż przepuszczalnych, gdyż unika się kosztownych uszczelnień kanału, jak również odwodnień gruntów przyległych, względnie odszkodowań za zabagnienie ich. Na ogół większe przekopy są na stanowiskach szczytowych, a większe nasypy przy przekroczeniu dolin przed i za mostami kanałowymi.

Z powyższego widocznem jest, że projektując trasę kanału winniśmy znać dokładnie konfigurację terenu, wartość gruntów uprawnych i jakość warstw podziemnych przez wiercenia. Znajomość geologiczna terenu jest nam potrzebna także, celem unikania usuwisk niebezpiecznych dla utrzymania kanału, dalej celem wyboru miejsc odpowiednich pod ważniejsze obiekty, jak śluzy, mosty, lewary i t.p. Ustalenie ruchu ziemi jest nam także potrzebne do określenia rozmiaru gruntów potrzebnych pod kanał, wykopy materiałowe lub odkłady.

Wskazano jest, aby stanowiska były możliwie długie, przez to bowiem zmniejszą się ilości śluz.

Trasa, na której śluzy są zbliżone do siebie w grupy oddzielone długimi stanowiskami będzie prawdopodobnie korzystniejsza, niż trasa o śluzach rozdzielonych przeciętnie długimi stanowiskami, gdyż łącząc przeszkody dla ruchu w mniejszą ilość punktów umożliwia ruch swobodny na dłuższych odcinkach. Oczywiście usytuowanie śluz musi stosować się w ogóle do ukształtowania terenu. Zazwyczaj umieszcza się śluzy tam, gdzie teren ma wysokość średnią z wysokości zwierciadła wody górnej i dolnej. Jeżeli jednak teren jest bardzo przepuszczalny, przesuwają się śluzy o tyle w górę, aby teren leżał ponad zwierciadłem wody górnej. Minimalną długość stanowisk dyktuje miara dozwolonego wahaniasię zwierciadła wody w kanale. Gdyby długość stanowiska ( $l_1$ ) była z tego względu za mała, to trzeba by kanał odpowiednio na tem stanowisku rozszerzyć. Jeżeli nazwiemy przez  $l$  najmniejszą długość stanowiska wymaganą, a przez  $b_1$  i  $b$  odnośne szerokości, to

$$b_1 l_1 = b l \quad \text{a stąd} \quad b_1 = \frac{l}{l_1} \cdot b$$

Teoretycznie spadek śluz, licząc od stanowiska, w którym dochodzi woda kanałem zasilającym, z góry na dół powinien być coraz to mniejszy, zależnie od



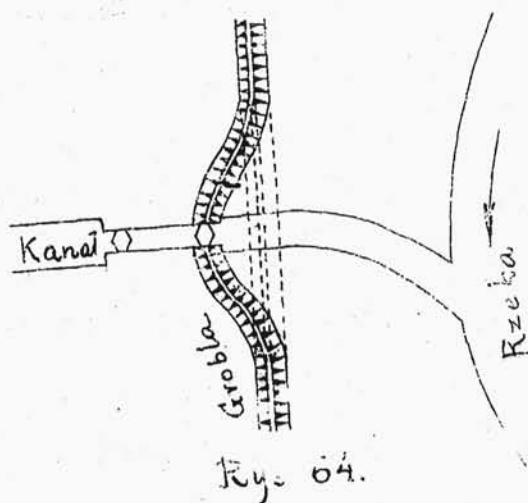
strat wody z powodu wsiąkania i parowania. Jeżeli wśród nich będzie śluza o mniejszym spadzie, to można osobnym kanałem obwodowym z ominięciem jej doprowadzić nadmiar wody do sąsiednich śluz. Natomiast żadna śluza nie powinna potrzebować więcej wody, niż najniższa z nich, po potrąceniu ilości wody pochłanianej przez wsiąkanie i parowanie; w przeciwnym razie wypadnie odprowadzić nadmiar wody poza kanał.

Przy ujściu do rzeki umieszczamy w kanale śluzę komorową, dającą się zamknąć przed wezbraniem rzeki /patrz rozdział o śluzach komorowych/. Kanał między tą śluzą a rzeką powinien być możliwie krótki i łączyć się z nią na brzegu wklęsłym pod dość ostrym kątem z nurtem rzeki. Śluza powinna zatem znajdować się tak blisko rzeki, jak na to pozwala jej przekrój wolny dla przepływu wielkiej wody. -

Gdy kanał przecina wał ochronny nad rzeką, należy śluzę wykonać przed wałem i głowę zewnętrzną wyprowadzić do wysokości korony wału /rys. 64/.

Większe rzeki przekracza kanał mostami, dla mostów tych należy wybrać odpowiednie miejsca, w których łóżysko rzeki jest dość zwarte, a zwierciadło





wielkiej wody  
wzniesione pod  
spodem konstruk-  
cji mostowej,  
zgodnie z odnoś-  
nymi przepisami.  
Do miejsc tych  
musimy dostosować  
trasę kanału. -

Mniejsze potoki  
przeprowadzamy pod kanałem przepustami, a gdy bra-  
kuje odpowiedniej wysokości-lewarami, przyczem ko-  
rygujemy je stosownie do potrzeby. Bardzo małe  
ścieki wpuszczamy do kanału, o ile wzniesienie  
zwierciadła wody w kanale na to pozwala. Jeżeli  
trasa drogi wodnej biegnie wzdłuż rzeki, nadającej  
się do skanalizowania, wtedy zamiast kanału żeglu-  
gi projektujemy kanalizację tej rzeki; jeżeli rze-  
ka nie nadaje się do skanalizowania prowadzimy ka-  
nał żeglugi niezależnie od niej, korygując ją i  
obwałowując w miarę potrzeby, celem ochrony kanału  
przed wylewami.

Koleje żelazne i drogi przekraczają kanał z re-  
guły górą. Najlepiej jest przesunąć w tem miejscu

tor kolejowy, aby uzyskać potrzebne wzniesienie i móc wykonać most, nie przerywając ruchu pociągów.

Jak widzimy, tyle jest różnorodnych i często sprzecznych z sobą wymagań do zaspokojenia przy projektowaniu trasy kanału żeglugi, że dopiero na podstawie szczegółowych studjów i kosztorysów nieraz kilku warjantów można zdecydować najodpowiedniejszy kierunek trasy.

Przy studjowaniu trasy należy sprawdzić mapy, zwłaszcza co do podanych wysokości i sprostować ewentualne błędy. Ważnem to jest zwłaszcza przy przekroczeniach większych rzek, gdzie już dla projektu ogólnego należy zdjąć przekrój doliny i łożyska rzeki oraz wyznaczyć wysokość stanów wody. Również już dla projektu ogólnego należy oznaczyć tego rodzaju dane, jak jakość warstw gruntu przez wiercenie terenu, dojazdy, pomieszczenie robotników, ceny materiałów budowlanych i robocizny, ceny gruntów, połączenia dróg wodnych, kolei i dróg z kanałem, miejsca pod przystanie i porty, odwodnienia gruntów, wymagania lokalne rolnictwa i przemysłu i t.p. Bardzo szczegółowo i sumiennie muszą być przeprowadzone

badania hydrologiczne, zwłaszcza co do zaopatrzenia kanału w wodę, a jest to tak ważna kwestja, że bez stanowczego jej rozwiązania nie może być nawet mowy o projekcie ogólnym.

Po ustaleniu tych kwestji opracowuje się projekt ogólny, który poddaje się rewizji przez władzę administracyjną, przed którą składają oświadczenia co do zamierzonej budowy władze i urzędy, zastępujące interesy publiczne, samorządy, korporacje rolnicze i przemysłowe, osoby bardziej zainteresowane w budowie kanału i t.p.

Na podstawie wyników tych dochodzeń ustala się definitywnie projekt ogólny. Według niego zdejmuje się odpowiednio szeroki pas terenu i podobnie jak przy budowie kolei żelaznej zakłada się punkty stałe terenowe i niwelacyjne, przeprowadza się szczegółową niwelację, następnie wytycza się trasę na gruncie i zdejmuje przekroje poprzeczne, a na podstawie tych zdjęć opracowuje projekt szczegółowy i kosztorys, oraz wykaz gruntów, przeznaczonych do wykupienia. Na podstawie projektu szczegółowego i wykazu wyłączonego gruntów przeprowadza władza administracyjna dochodzenie wodno-

-prawne, orzeka wywłaszczenie potrzebnych gruntów i praw, a po uzyskaniu prawomocności tych orzeczeń, zapłaceniu odszkodowań i objęciu gruntów - podejmuje się budowę.

### Uszczelnienie łożyska kanału.

Nasypy kanałowe należy wykonać bardzo starannie, stosując takie ostrożności, jak przy budowie przegród ziemnych. Jako materiału należy używać iłu z zawartością 30 - 70 % piasku. W nasypie nie mogą się znajdować żadne szczątki roślinne, gdyż gnijąc powodują one nieszczelność wałów. Przed rozpoczęciem sypania wałów należy zdjąć wierzchnią warstwę ziemi, wykarczować korzenie, a ziemię skopać lub zorać, aby uczynić ją podatną do połączenia się z nasypem. Nasypy należy wykonywać warstwami o grubości do 30 cm. i ubijać je doskonale, przy mniejszych wysokościach ręcznie, a przy większych wałkami konnymi lub motorowymi. Nie należy sypać ziemi z rusztowań, lecz tor ma być ułożony na nasypie i w miarę postępu robót przesuwany, przez co ugniata się ziemię bardzo dobrze. Nasypy należy wykonać wyższe o 5 - 10 % ze względu na osiadanie się zie-

mi. Po wykonaniu nasypów równa się starannie skarpy i krawędzie korony, darniuje i obsiewa mieszkanką traw. Nie należy na nasypach sadzić drzew, ani krzaków, gdyż korzenie powodują rozluźnienie ziemi i nieszczelność.

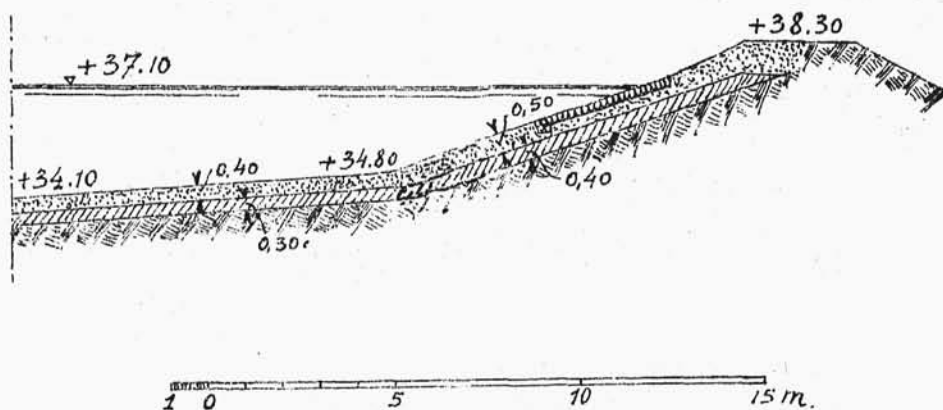
Jeżeliby materiał, z którego są wykonane nasypy nie był dość szczelny, należy wykonać specjalne uszczelnienie. Tak samo należy uszczelnić łożysko kanału wykopanego, gdyby woda przeciekała z kanału ze szkodą dla dostatecznego napełnienia go wodą lub powodowała zabagnienie gruntów przyległych trudne do odwodnienia.

Przestrzedz należy przed odłożeniem uszczelnienia łożyska kanału na czas po otwarciu ruchu na kanale. Bez zamknięcia ruchu trudno jest wykonać poważniejsze uszczelnienia, a łatwo można narazić się na pęknięcie wałów, wywołane przeciekaniem wody, co spowoduje ogromne szkody na kanale i na gruntach przyległych.

Są dwa racjonalne sposoby uszczelnienia: a/ za pomocą warstwy iłu, b/ za pomocą płyt betonowych.

a/. Grubość warstwy iłu wynosi 30 - 70 cm. Warstwę tę ubija się w skarpach i dnie kanału i nakrywa warstwą 30 - 50 cm. grubego piasku lub rumo-

wiska rzecznoego dla ochrony przed wypłukaniem przez fale lub uszkodzeniem przez załogę statków /rys. 65/.



Rys. 65.

b/. Jeżeli nieszczelność jest wielka na znacznej długości, a przytem dowóz iłu bardzo kosztowny, uszczelnia się kanał płytami betonowymi. Można je zastosować tylko tam, gdzie grunt nie osiada się lub na nasypach zupełnie już osiadłych. - Płyty mają grubość 15 - 20-cm., a wymiary 1 do 3 m. w kwadrat /większe w przekopach, mniejsze w nasypach/. Zazwyczaj daje się wkładkę drucianą. Ubija się je na miejscu, przedzielając dla dylatacji papą. Dobrze jest powlec je ogrzanem gudronem dla zwiększenia szczelności. Na płyty daje się warstwę ochronną ziemi 20 - 30 cm. grubą.

Jeżeli trudno zdecydować zgóry, czy i jak kanał powinien być uszczelniony, robi się próby przez napełnienie wodą próbnych przestrzeni kanału i na podstawie wyników tych prób stosuje się odpowiednie uszczelnienie.

Nieznaczne nieszczelności na małych przestrzeniach, jakie okażą się po napełnieniu kanału wodą, uszczelnia się przez ułożenie łu na pływających belkach, zbitych obok siebie i polewanie go wodą.

#### Ubezpieczenie skarp kanału.

Działanie fal na skarpy kanału sięga około 1 m. pod zwierciadło wody i 0,5 m. nad niem; na tej powierzchni należy ubezpieczyć skarpy kanału. Nie używa się obecnie łagodzenia nachylenia skarpy zapomocą ławeczki, którą dawniej dawano 1 - 3 m. szeroką w wysokości zwierciadła wody lub nieco niżej. Nie jest odpowiedniem ubezpieczenie skarpy trzciną lub sitowiem, gdyż powiększamy przez to szorstkość łóżyska, a tem samem opory statków. - Z tego powodu nie wskazano jest sadzenie krzaków, lub ubezpieczenie skarpy obitką, gdyż oprócz zwiększenia oporów statków powstaje rozluźnienie skarpy



korzeniami i utrudnienie kontroli stanu brzegów wskutek zasłonięcia ich.

Właściwe ubezpieczenie polega na wykonaniu:

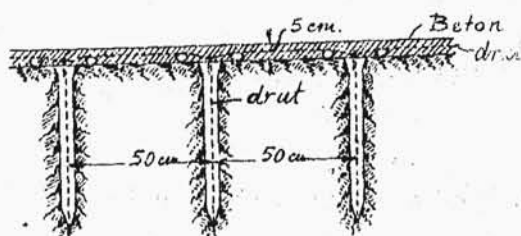
a/ narzutu z kamienia łamanego lub potłuczonych kamieni eratycznych, b/ warstwy cegły dobrze wypalonej, c/ płyt betonowych lub żelbetowych.

a/ Narzut kamienny ma grubość około 30 cm. i o ile grunt jest piaszczysty dajemy podkład z szutru 20 - 30 cm. gruby, jako ochronę przed wypłukaniem dziur pod narzutem /rys.64/.

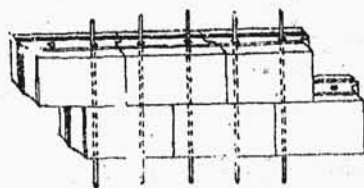
b/ Cegłę układa się rębem na całą długość lub pół długości na podkładzie podobnym jak dla narzutu kamiennego.

c/ Płyty betonowe o grubości około 15 cm. lub żelbetowe o grubości do 10 cm. układane są na skarpie; wymiary ich 0,50 - 1 m. Płyty żelbetowe ubijane na skarpie kanału mają zakotwienie systemu Möllera, polegające na wpuszczeniu w dziury wybite w skarpie drutów i zabetonowanie ich /rys.66/.

Klocki betonowe systemu "Décauville" mają otwory pionowe, przez które przepuszcza się druty żelazne cynkowane, oraz rowki wzdłuż sto-



Rys. 66.



Rys. 67.

sug poziomych, w które układa się namoczone w mazi pogazowej liny konopne /rys.67/. Podobny do powyższego system "Villa" nie ma rowków poziomych.

Nachylenie skarpy dajemy 1 : 1½ lub 1:2.

Jeżeli skarpa jest bardziej stroma powyższe ubezpieczenia, z wyjątkiem systemu Möllera, opieramy albo o rząd pali zabitych w małych odstępach albo o lekką palisadę lub ścianę zakładaną lub wreszcie o grubą kieszkę faszynową, przytwierdzoną kozłami do skarpy lub nawet o płoty.

### ZAPOTRZEBOWANIE WODY.

Składa się z zapotrzebowania wody:

- 1/ dla słuźowania statków,
- 2/ na pokrycie strat: a/ wskutek nieszczelności wrót i zamknięć kanałów obiegowych,