

# Mosty ruchome.

Napisał

inż. dr. Stefan Bryła,

profesor politechniki, Lwów.

Mosty ruchome buduje się: 1. gdy różnica poziomów drogi wodnej i lądowej, krzyżujących się ze sobą, jest tak mała, że stałego mostu zbudować nie można, 2. gdy przeprowadzenie drogi górą wysokim mostem stałym staje się zbyt kosztowne z powodu długich ramp dojazdowych, lub z powodu bardzo małego ruchu kołowego, wreszcie 3. gdy chodzi o możliwość szybkiego usunięcia mostu.

Mosty ruchome dzieli się na:

I. Mosty o fundamentach stałych (mosty ruchome właściwe): 1. mosty obrotowe, których część ruchoma obraca się około osi pionowej; 2. mosty zwodzone, obracalne około osi poziomej; 3. mosty podnoszone pionowo do góry; 4. mosty przetaczane (przesuwowe), które przetacza się poziomo wzdłuż lub ukośnie do osi mostu; 5. mosty

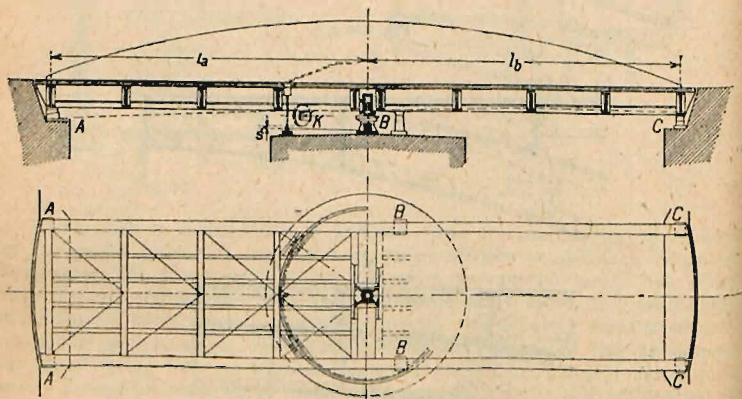


Fig. 471.

przewozowe (promowe), których część ruchoma (wózek) porusza się na kołach na stałym wysoko umieszczonym pomoście.

II. Mosty pływające (por. str. 800).

III. Mosty składane (por. str. 804).

Poniżej podamy tylko najczęściej spotykane systemy w najogólniejszym zarysie.

Mosty o fundamentach stałych składają się z fundamentów, konstrukcji ruchomej i urządzeń maszynowych; te ostatnie powinny być o możliwie prostej konstrukcji, małych oporach tarcia, kosztach ruchu i utrzymania, oraz umożliwić łatwe operowanie mostem podczas ruchu.

1. Mosty obrotowe są wogóle, zwłaszcza dla większych rozpiętości, najkorzystniejsze i najtańsze w założeniu i w utrzymaniu. Najczęstszym

typem są mosty równoramienne (por. fig. 471); gdy chodzi o większą szerokość przepływu, używają się mostów nierównoramiennych, które są jednakoż droższe i wymagają na krótszym ramieniu przeciwwagi. Dla większych rozpiętości użyć można albo mostu nierównoramiennego, albo podwójnego, który ma dla tej samej otworzystości lżejsze belki, zato bardziej skomplikowane urządzenia ruchowe, a nadaje się zwłaszcza dla mostów drogowych.

Aby zapobiec wjechaniu statków na otwarte skrzydło mostu, buduje się od filara w kierunku drogi wodnej rusztowanie ochronne z pali drewnianych, którego wymiary w rzucie poziomym muszą być nieco większe od poziomym wymiarów zupełnie otwartego przęsła.

Mosty obrotowe mogą być w stanie otwartym podparte osiowo na czopie (mosty czopowe) lub obwodowo na szeregu kół, poruszających się na kołowym torze (mosty obrotowe wałkowe).

Przeważnie używane dziś mosty czopowe wymagają wogóle mniejszej siły do uruchomienia i posiadają mniej skomplikowany mechanizm, a tem

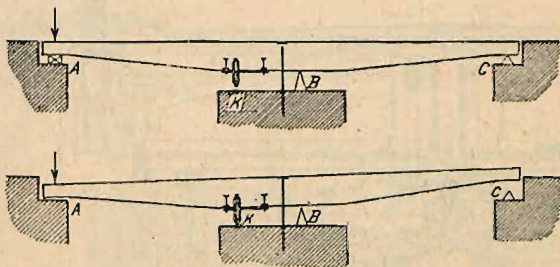


Fig. 472.

samem są tańsze w budowie i utrzymaniu, oraz pewniejsze w działaniu. Most otwarty spoczywa w całości na czopie; dla ustalenia poprzecznego używa się najczęściej dwu pionowych kół, poruszających się po kołowym torze obwodowym, rzadko kół poziomych, poruszających się bezpośrednio na obwodzie czopa. W stanie zamkniętym most spoczywa albo na czopie (wtedy musi być tenże z wyborowego materiału), albo na osobnych łożyskach.

Przy ustroju starszym most zamknięty spoczywa na 3 parach łożysk A, B, C (fig. 471). W celu otwarcia obniża się łożysko A i pochyla most, przez co kolejno przestają działać te łożyska (A, B, C) a ciężar przenosi się na łożysko centralne (w największej części) i na koła kierownicze K (w małej części), poczem następuje obrót (otwieranie przez pochylenie; fig. 472). W konstrukcjach nowszych łożysko środkowe, sporządzone z materiałów wartościowych, przejmuje zawsze (nawet w stanie zamkniętym) znaczną część obciążenia, łożyska bowiem B położone są tak, że przy moście nieobciążonym nie działają, i dopiero pod wpływem ugięcia poprzecznego konstrukcji na filarze środkowym wskutek obciążenia ruchomego osiadają na nich belki główne, przenosząc na nie odpowiednią część ciężaru (fig. 471). Podczas obrotu ciężar spoczywa na łożysku centralnym i w małej części na kołach K.

Celem umożliwienia obrotu musimy obniżyć łożysko A o wielkość:

$$\delta = \delta_a + s + (\delta_b + s) \frac{l_a}{l_b},$$

przyczem  $\delta$  = wielkość obniżenia łożyska,  $\delta_a$  (wzgl.  $\delta_b$ ) = sprężyste ugięcie



końca belki  $A$  (wzgl.  $C$ ),  $l_a$  (wzgl.  $l_b$ ) = odległość pozioma osi łożyska  $A$  (wzgl.  $C$ ) od osi łożyska  $B$ ,  $s$  = odległość pionowa obwodu koła kierowniczego od toru kierowniczego przy moście zamkniętym.

Gdy most w stanie zamkniętym opiera się na kołach kierowniczych, to  $s = 0$ .

Wyjątkowo używa się konstrukcyj, w których zamiast obniżania łożysk skrajnych podwyższa się łożysko centralne (zwykle przy użyciu siły hydraulicznej).

Do podnoszenia końców mostu używane są najczęściej kliny o pochyleniu 1 : 5 do 1 : 6, dźwignie lub windy śrubowe. Przy mostach czopowych,

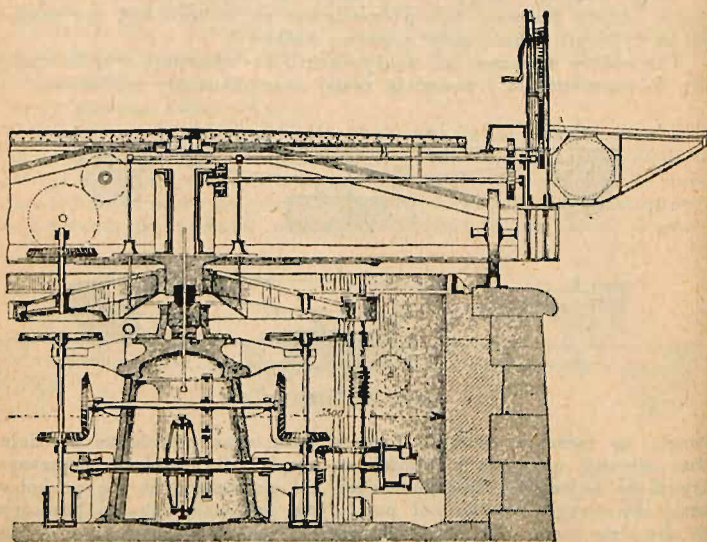


Fig. 473.

otwieranych przez pochylenie, znajdują się one na jednym końcu, przy systemach innych na obu końcach.

Łożysko środkowe mostu obrotu czopowego (fig. 473) składa się ze stałego, zwykle żeliwnego, kadłuba, utwierdzonego na filarze przy pomocy śrub, na którym w panewce ze stali lanej spoczywa czop, obecnie najczęściej z brązu fosforowego. Na czopie opiera się wążacz, odlany ze stali lub żeliwny, a na tymże konstrukcja mostowa. Wysokość czopa regulowana przy pomocy klinów stalowych (por. fig. 474). Wyjątkowo używano zamiast czopa łożysk kulowych. Konstrukcja mostowa spoczywa na czopie bezpośrednio lub jest na nim zawieszona przy pomocy silnych blachownicowych poprzecznie (co umożliwia łatwiejsze dostosowanie się do wysokości, oraz podparcie mostu w pobliżu jego środka ciężkości).

Mosty obrotowe wałkowe wymagają znacznie dokładniejszej roboty, kosztownego bębna i wałków, są nadto trudne w naprawie i obciążają niejednostajnie filar, są więc gorsze i kosztowniejsze. Używane dla bardzo znacznych rozpiętości, oraz bardzo szerokich mostów. Wałki żeliwne o kształcie odpowiednio stożkowym o średnicy 30—50 cm, a szerokości 15—25 cm, w ilości możliwie wielkiej, conajmniej 8, poruszają się na okrągłym torze żeliwnym,

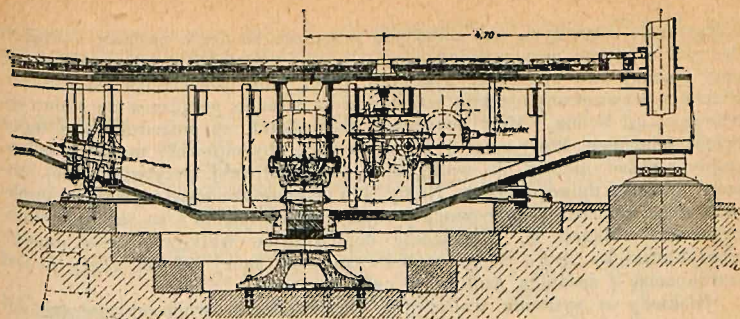


Fig. 474.

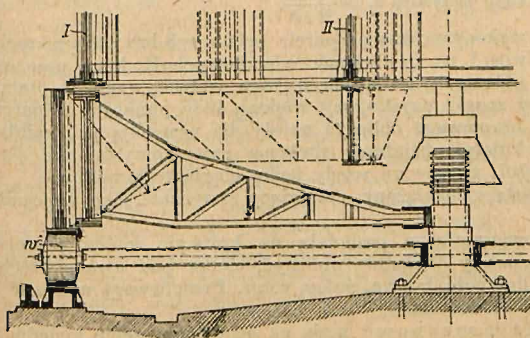
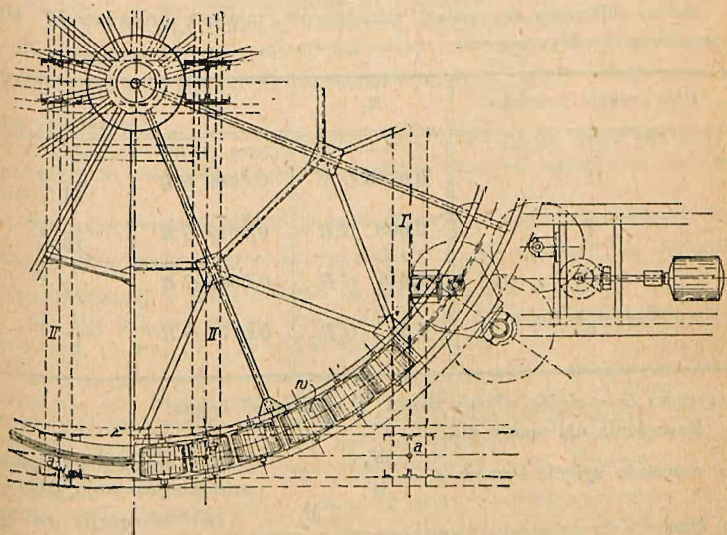


Fig. 476.



dostatecznie sztywnym, aby należyście przenieść ciśnienie na filar, a utwierdzonym w murze przy pomocy śrub  $1\frac{1}{2}$ —2". Położenie ich ustalone jest przy pomocy dwu pierścieni żelaznych, przez które przechodzą osi wałków. Pierścień wewnętrzny ustalają sztywne pręty żelazne, połączone ze stalowym odlewem osi bębna. Most spoczywa na wałkach za pośrednictwem tegoż bębna żelaznego, który musi być bardzo tęgi, aby zapewnić możliwie jednostajny rozkład ciężaru na wałki, oraz płyty żeliwnej, przytwierdzonej śrubami do pasu dolnego bębna. Na fig. 475 belki mostowe spoczywają w punktach *a* na czterech poprzecznicach, opartych na bębnie i za ich pośrednictwem na wałkach *w*. Obciążenie dopuszczalne wałków (wedle danych amerykańskich) 28 *bd* w *kg*, wałków ze stali lanej 56 *bd*, gdzie *b* jest szerokością, *d* średnicą wałków w *cm*.

Niekiedy w systemie wałkowym dla uzyskania większej stałości dopuszcza się częściowe obciążenie łożyska środkowego, jednak nie więcej niż do  $\frac{1}{5}$  całkowitego ciężaru mostu.

Bęben obliczamy na moment zginający  $M_z$ , moment skręcający  $M_s$  i siłę poprzeczną  $T$ . Wynoszą one:

Ilość punktów podparcia	$M_z$	$M_s$	$T$
12	0,0036 <i>G R</i>	0,0009 <i>G R</i>	$\frac{1}{24} T$
8	0,008 <i>G R</i>	0,0029 <i>G R</i>	$\frac{1}{16} T$
6	0,015 <i>G R</i>	0,0065 <i>G R</i>	$\frac{1}{12} T$
4	0,34 <i>G R</i>	0,017 <i>G R</i>	$\frac{1}{8} T$

przyczem *G* = ciężar własny mostu, *R* = promień bębna.

Naprężenia obliczamy dla:

a) momentu zgięcia z wzoru  $\sigma_z = \frac{M_z}{W}$

*W* = moment wytrzymałości przekroju bębna;

b) momentu skręcającego z wzoru  $\tau_s = \frac{3 M_s}{2 (h - t) t b}$

inne oznaczenia według fig. 476.

c) siły poprzecznej z wzoru  $\tau_t = \frac{3 T}{2 t b}$ .

Praktycznie wykonywujemy podparcie bębna w 8 lub 12 punktach, opierając belki główne I na dźwigarach odcinkowych II, które przenoszą obciążenie belek głównych na bęben *b* jako oddziaływania w punktach *a* (fig. 477). W ten sposób uzyskujemy większą ilość punktów podparcia.

Belki mostu obrotowego obliczyć należy dla następujących założeń:

1. most zamknięty, obciążenie ruchome najniekorzystniejsze dla obracowanej części; tworzy on wtedy belkę ciągłą trójpłaszczyzną;
2. most otwarty nieobciążony, działający statycznie jako wspornik dwuramienny.

Mosty nierównoramienne posiadają na krótszym końcu przeciwwagę, której wielkość należy dokładnie obliczyć, biorąc pod uwagę rzeczywisty ciężar żelaza, wilgotność drzewa, śnieg, wiatr. Przeciwwagę wykonać można z betonu, żelaza, ołowiu itd.

Urządzenia maszynowe mają na celu podnoszenie końców mostu, oraz obrót tegoż. W tym celu używa się motorów elektrycznych (wogóle

najkorzystniejsze, proste, tanie i zajmujące mało miejsca), parowych, hydraulicznych (wodę należy zabezpieczyć od zamarzania przez dodanie gliceryny, alkoholu metylowego itd.); nadto każdy most ma urządzenie do uruchomienia siłą ludzką na wypadek, gdy motor zawiedzie.

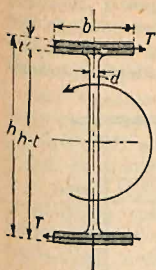


Fig. 476.

Siła motoryczna przewyciężyć musi: opory tarcia, opory bezwładności mostu i opory wiatru.

1. Wielkość tarcia jest bardzo różna. Wogóle przyjąć można dla motorów czopowych całkowite opory tarcia do  $0,115 P$  dla rozpoczynającego się ruchu, do  $0,08 P$  dla mostu w ruchu.

2. Opory bezwładności mostu zależą od czasu, w jakim most powinien zostać otwarty; zazwyczaj przyjmuje się

w pierwszej połowie czasu ruch przyspieszony, w drugiej opóźniony. W przybliżeniu potrzebna siła dla ich pokonania wynosi  $\frac{Pt^2}{2000 t^3} \text{ HP}$  (wedle danych amerykańskich).

3. Ciśnienie wiatru przyjmować należy w wielkości  $100-150 \text{ kg/m}^2$  (por. str. 773), działające na dłuższe ramie w kierunku przeciwnym ruchowi mostu.

Dla najogólniejszej orientacji most ruchomy (dowolnego systemu) wymaga średnio wedle danych amerykańskich:  $\frac{P}{15} \text{ HP}$ , gdzie  $P$  jest ciężarem części ruchomej w tonnach (cyfra ta jest wzięta zbyt wysoko).

Dla siły ludzkiej przyjąć można 15 (do 20 kg) z szybkością 50 (do 60) m/minutę, tj.  $A = 15 \times 50 = 750 \text{ kg/m}$  na minutę.

2. Mosty zwodzone wykonywa się, gdy niema miejsca na most obrotowy, gdy istnieje parę torów obok siebie lub mogą być dobudowane nowe, gdy ruch wodny jest bardzo silny (gdy most trzeba otwierać częściej niż 25 razy dziennie). Mogą być pojedyncze lub podwójne. Mosty podwójne można wykonać jako trójpługubowe (most Pałacowy w Leningradzie (Piotrogradzie), proj. prof. Pszenickiego<sup>1)</sup> fig. 478. Małe mosty można wykonać z drzewa ( $l_1$  do 7 m dla pojedynczych,  $l_2$  do 14 m dla podwójnych); żelazne dochodzą jako blachownice do  $l_1 = 15 \text{ m}$  (duża sztywność, mała wysokość konstrukcyjna), jako kratowe do  $l_1 = 50 \text{ m}$ .



Fig. 478.

Najstarsze systemy, używane czasem do dziś dnia dla małych rozpiętości, były zwodzone na linach; obecnie częściej przy pomocy przeciwwagi, równoważącej zazwyczaj w zupełności ciężar konstrukcji mostowej wraz z pomostem. Mogą one być: a) obracalne dookoła osi stałej, zwane klapowymi (środek ciężkości stały, zwykle w osi obrotu; fig. 479); b) obracalne na odzinkach koła, zwane też kołyskowymi (środek ciężkości ruchomy w linii poziomej lub prawie poziomej; fig. 480).

a) Mosty klapowe składają się z belek obracalnych około stałej osi, których część tylna z przeciwwagą kryje się podczas otwarcia w t. zw. komorze klapowej, mieszczącej się w filarze lub przyczółku, a mającej

<sup>1)</sup> Por. Pszenicki. Przegląd Techniczny. 1924.



zwykle szerokość jezdni bez chodników. Zazwyczaj  $\frac{L_2}{L}$  mieści się w granicach 1,5 (mosty małe) do 4 (mosty duże);  $L_2$  jest tu długością ramienia podnoszonego (por. fig. 479),  $L'$  przeciwważącego  $A D$ . Komora powinna być zabezpieczona od przeciekania wody, przykryta stale stropem. Otwór między ruchomym pokładem mostu, a stałym stropem, przykrywa się zwykle obracal-

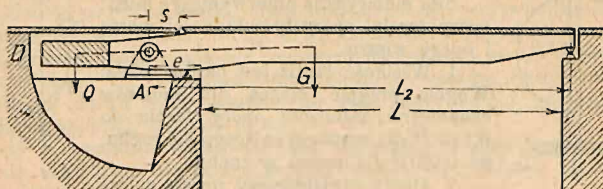


Fig. 479.

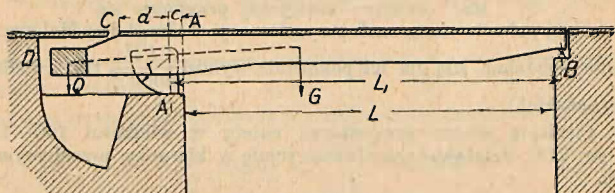


Fig. 480.

nym dylem, względnie kłapą pomostową. Przeciwwaga, składana z bloków żeliwnych lub kamiennych, w skrzyniach drewnianych umieszczona jest najczęściej na belce poprzecznej. W stanie zamkniętym najczęściej ciężar mostu spoczywa nie na osi, ale na osobnych łożyskach.

Przeciwwaga zwykle równoważy zupełnie ciężar mostu; do pokonania pozostaje tarcie ( $f=0,15-0,2$  dla starszej konstrukcji) i parcie wiatru na podniesioną belkę ( $50-150 \text{ kg/m}^2$ ), wreszcie ewentualne zwiększenie ciężaru drewnianego pomostu wskutek przesiaknięcia wilgocią atmosferyczną.

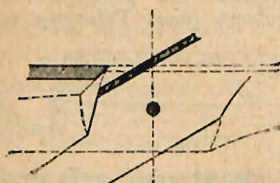


Fig. 481.

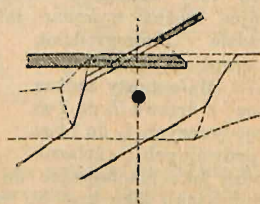


Fig. 482.

b) Mosty zwodzone kołaskowe otwierają się przez obrót części tylnej, skonstruowanej jako odcinek ćwiartki koła po torze poziomym. Segment posiada zęby wchodzące w odpowiednie otwory również zębatego toru. Ruch powoduje motor przy pomocy zębatego pręta, utwierdzonego do belki w środku ciężkości tejże lub nieco powyżej (rzadko).

Mosty o ruchomej osi obrotu posiadają mniejszą długość konstrukcji, prostszy i lżejszy mechanizm, mniejszą komorę, wymagają dla zupełnego otwarcia mniejszego obrotu, oraz mniejszej siły, wreszcie są łatwe do wykonania przy małej wysokości konstrukcyjnej; natomiast ciężar mostu działa

na fundament podczas otwierania coraz to w innym punkcie, załamanie pomostu wypada zwykle daleko, ugięcie sprężyste jest większe, tor psuje się łatwo, a koszt utrzymania jest większy. Mosty te, stosowane przez jakiś czas bardzo w Ameryce, zaczynają wychodzić z użycia, głównie ze względu na szybkie niszczenie zębatego toru.

Zakończenie pomostu przy mostach zwodzonych wykonywa się za osią obrotu mostu (fig. 481) lub przed nią (fig. 482), nigdy zaś w osi. W pierwszym przypadku należy przykryć szparę stykową szeroką blachą, dla umożliwienia spływu nieczystości z mostu do komory klapowej. W drugim przypadku natomiast nie możemy doprowadzić wiatrownic do osi obrotu, a styki muszą być ukośnie wykształcone. Styków nie należy odsuwać zbyt od osi mostu.

Siła potrzebna do otwarcia mostu wynosi (fig. 483):

$$k = \frac{f d G + w b l^2}{2 e}$$

przyczem  $f$  = współczynnik tarcia,  $b$  = szerokość mostu,  $G$  = ciężar mostu.

3. Mosty podnoszone pionowo (fig. 484) są kosztowne w konstrukcji i utrzymaniu; używane dzisiaj, gdy chodzi tylko o niewielkie zwiększenie wysokości wolnego przejazdu, lub gdy nie można dla braku miejsca zastosować systemów innych.

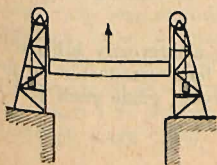


Fig. 484.

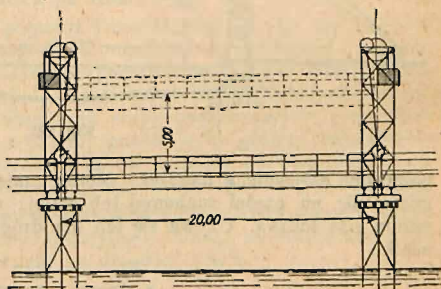


Fig. 485.

Prawie zawsze belki główne podnosi się wraz z pomostem; od ich końców prowadzą liny, umieszczone na wieżach o odpowiedniej wysokości z przeciwwagami, wyrównyującymi ciężar mostu, tak, że do przewyciężenia pozostają tylko opory ruchu (głównie tarcie), oraz działanie wiatru, śniegu itd. Wyjątkowo spotyka się belki główne stałe umieszczone wysoko; wtedy podnosi się tylko zawieszony na nich pomost. Jednostajność ruchu zapewniają kierownice zębate lub linowe.

Fig. 485 przedstawia przęsło ruchome mostu na Wiśle w Wyszogrodzie.

4. Mosty przetaczane (przesuwowe, fig. 486), używane stosunkowo rzadko, gdyż wymagają większej siły motorycznej i wiele miejsca na brzegu, zaś w ruchu są powolne. Z kilku systemów podajemy tylko szkic jednego z przesuwni  $p$ , którą przetacza się w bok, aby zrobić miejsce otwierającemu się mostowi.

5. Mosty przewozowe (promowe, fig. 487), składają się z belki opartej w odpowiedniej wysokości (w portach morskich zwykle  $> 40$  m) na



dwu filarach z umieszczonym na niej torem. Na torze porusza się wózek z platformą, przenoszącą przechodniów i wozy („prom wiszący”), umieszczoną w wysokości brzegów, a zawieszoną na linach lub pretach sztywnych. Belki wykonywa się zwykle jako wiszące, na końcach zakotwione, lub jako ramowe,

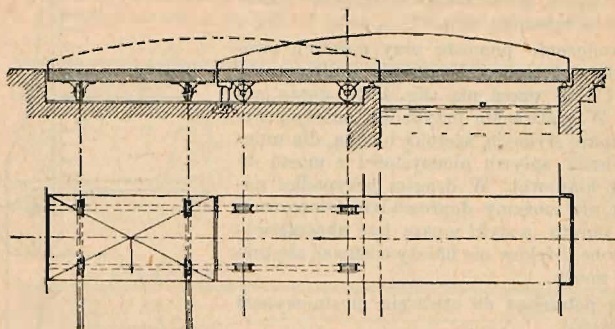


Fig. 486.

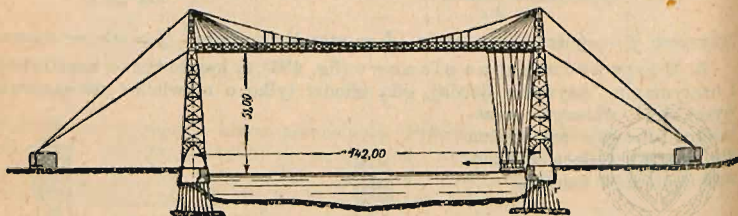


Fig. 487.

połączone sztywnie z filarami. Motor, najczęściej elektryczny lub parowy, mieści się na części ruchomej lub stałej; oprócz tego urządzenie do poruszania siłą ludzką. Używa się ich dla dróg kołowych, gdzie ruch jest niewielki.

### LITERATURA.

- Pszenicki: Sposób zastosowania łuków trójprzegubowych do budowy mostów obrotowych. Przegląd techniczny. 1924.  
 Bryła: Mosty przewozowe. Lwów 1914.  
 Arnodin: Le transbordeur. Anvers 1908.  
 Schneider: Movable bridges. Amer. Trans. Civil Eng. 1908.  
 Lift bridges: Proc. Eng. Soc. W. Pennsylvania. 1909.  
 Howard: Vertical lift bridges. Amer. Trans. Civil Eng. 1921.  
 Bernhard: Eisene Brücken. Berlin 1911.  
 Dietz: Bewegliche Brücken. Leipzig 1907.  
 Hotopp: Bewegliche Brücken. 2. t. Hannover.  
 Striellieckij: Razwodnyje mosty.