

Na zakończenie tego szkicu rozwoju lokomotywy parowej warto sobie jeszcze uprzytomnić największe co do siły pociągowej i wymiarów parowozu, zbudowane w ostatnich latach, przedstawione na rys.: 8, 9, 10 i 11.

Rysunek 8 daje obraz nowoczesnego parowozu czterocylin-drowego górskiego o układzie osi 1 F, zbudowanego w r. 1911 przez Gölsdorfa dla austriackich kolei alpejskich. Siła pociągowa tego parowozu wynosi 17 000 kg. Ponieważ typ ten okazał się w praktyce dobrym, zbudowano w Niemczech kilka lokomotyw o sześciu osiach sprzęgniętych.

W r. 1914 wykonały zakłady Baldwina w Filadelfji największy dotychczasowy parowóz na ziemi (rys. 9). Jest to lokomotywa sześciocylin-drowa człono-wa, typu Malleta, o sile pociągowej 72 600 kg, rozwijanej zapomocą dwunastu osi sprzęgniętych, w których skład wchodzi także adhezyjne osie tendra.

Rysunek 10 ilustruje najsilniejszą obecnie lokomotywę towarową angielską, typu Garrata, o sile pociągowej 36 000 kg.

Z parowozów osobowych zasługuje na wzmiankę czterocylin-drowa sprzężona lokomotywa pośpieszna o układzie osi 2 D (rys. 11), rozwijająca trwale moc

2250 KM, zbudowana przez firmę Hanomag dla hiszpańskiej kolei północnej, celem prowadzenia pociągów pośpiesznych przez Pireneje.

Lokomotywa parowa, jak widzimy, rozwinęła się z niedołącznych form, stworzonych przed stu laty,



Rys. 11 Parowóz osobowy 2 o mocy 2250 KM. zbudowany dla kolei hiszpańskich.

w olbrzymią i skomplikowaną maszynę XX wieku.

Porównywując dawne liliputy pierwszej kolei angielskiej z obecnymi olbrzymami amerykańskimi, trudno się oprzeć ciekawości, jak też będą wyglądać pojazdy po następnych stu latach i czy tak samo jak my dziś z politowaniem patrzymy na mizerne te wielkioty, spoglądać będą nasi potomkowie na dumne dzisiejsze olbrzymy.

## Krótki zarys rozwoju budowy mostów kolejowych w ciągu stulecia 1825—1925, ze szczególnem uwzględnieniem prac Inżynierów-Polaków.<sup>1)</sup>

Napisał prof. dr. inż. St. Kunicki.

Inżynier Żurawski był twórcą teorii kratownic wogóle i inicjatorem znanego obecnie powszechnie sposobu obliczania zapomocą linii wpływowych. W podanym przez niego sposobie obliczania kratownic, wpływ przesuwanego wzdłuż belki od węzła do węzła obciążenia jednostkowego na naprężenie w danym przecię wyraża się współczynnikami liczbowymi, ujętymi w tablice. Przy obliczaniu dodaje się iloczyny tych współczynników przez obciążenia. Linje wpływowe, które z inicjatywy prof. Winkler'a weszły w użycie w końcu 8-go dziesięciolecia zeszłego wieku, są zatem graficznym wyrazem idei Żurawskiego.

Zatrzymując się jeszcze nad opisem prac Polaków w zakresie budowy mostów, nadmienimy, że inż. T. Chrzanowski, wybitny konstruktor i zdolny matematyk, po powrocie do kraju był pomocnikiem znakomitego inżyniera generała Stanisława Kierbedzia (profesora Instytutu Inżynierów Komunikacji w Petersburgu i twórcy pierwszego stałego mostu na Newie, zwanego Mikołajewskim) przy budowie mostu żelaznego na Wiśle w Warszawie w latach 1860—1863. Przy budowie tego mostu pracowali jeszcze inżynierowie: inż. kom. Seweryn Smolikowski, J. Ma-

jewski (znany później ze swej pracy o budowie młynów), Surzycki i Falkowski, oraz inżynier kom. Tadeusz Węgrzynowicz.

Nadto należy przypomnieć o pracach inżyniera Feliksa Pancera, twórcy zjazdu do mostu Kierbedzia w Warszawie oraz autora szeregu bardzo oryginalnych projektów mostów na Wiśle (z lat 1380—1850 \*).

Zjazd wspomniany (1844—1846), składający się z lekkich łuków z cegły o rozpiętości do 14,76 metrów, stanowi piękny pomnik architektury mostowej i jedną z ozdób miasta Warszawy \*).

Znany jest również zaprojektowany i wykonany przez inżyniera Pancera most szosowy na trakcie Lubelskim na rzece Wieprzu, drewniany łukowy, z jazdną dolną o bardzo znacznej rozpiętości, mianowicie 76,8 m.

Wspomniany już pierwszy most stały na Newie, dzieło inż. Stan. Kierbedzia, jest prawdziwym pomni-

\*) Opisanych przez prof. F. Kucharzewskiego w „Przeł. Techn.” z r. 1900.

\*\*) Zjazd ten, o wiadukcie długości 127 m (cała długość zjazdu wynosiła 675 m) prowadził do ówczesnego drewnianego mostu łyżwowego na Wiśle, naprzeciw ul. Bednarskiej.

<sup>1)</sup> Ciąg dalszy do str. 18 w Nr. 1—2 r. b.

kiem sztuki inżynierskiej wśród łukowych mostów żelaznych. Most ten, zbudowany w latach 1842—1850, ma 8 przęseł o rozpiętości od 32,6 do 47,2 m i jedno przeszło zwodzone, obrotowe, o rozp. 22 m. Na szczególną uwagę zasługuje wynaleziony wówczas przez inż. Kierbedzia sposób fundowania filarów mostu, sposób bowiem pneumatyczny nie był w owych czasach znany. Most ten istnieje w dobrym stanie już 75 lat; jest wprawdzie zamierzony do przebudowania go, lecz wywołany jedynie dążeniem do powiększenia rozpiętości przeszła zwodzonego, nie odpowiadającej już obecnym wymaganiom żeglugi. Przy budowie tego mostu pracowało jeszcze kilku inżynierów Polaków, mianowicie pp. K. Bentkowski, Falewicz, Zaćwilichowski i inni.

Generał inżynier St. Kierbedź był inicjatorem budowy w Rosji żelaznych mostów kolejowych kratowych, z kratownicą sztywną o dużych polach, z których ustrojem zapoznał się w Anglii i które stawał wyżej od kratownic gęstych z płaskowników ze słupkami usztywniającymi, ze względu na ich większą sztywność oraz możliwość ściślejszego obliczenia.

Obliczanie takich kratownic proponował Kierbedź wykonywać dzieląc obciążenia na poszczególne zespoły prętów i stosując bezpośrednie rozkładanie sił; ten sposób wprowadził on w Rosji.

Przy budowie mostu żelaznego na Wiśle w Warszawie, wykonał generał Kierbedź szereg prób wytrzymałości połączeń nitowych\*), które potwierdziły zagraniczne dane doświadczalne. (Ponieważ most Kierbedzia na Wiśle w Warszawie\*\*), służący już przeszło 60 lat, nie jest mostem kolejowym, przeto opis jego nie wchodzi w zakres niniejszej pracy).

Jednakże gęste kratownice żelazne z płaskowników, wzorowane na drewnianym moście systemu Town'a, były stosowane (w okresie od 1850 do 1865 roku) do mostów kolejowych dosyć szeroko.

W Polsce jeden z pierwszych mostów kolejowych żelaznych (rozp. w świetle 15,2 m) na rzece Czarnej Przemysły na linii kolejowej od Ząbkowic do Katowic (rys. 3) wykonany został według tego typu w roku 1860.

Przez wspomnianego powyżej inżyniera T. Chrzanowskiego został zbudowany most kolejowy na rzece Bugu na linii Warszawsko-Terespolskiej według tegoż systemu. Następnie inż. Chrzanowski sprojektował i zbudował kolejowy most na Wiśle pod Warszawą (pod Cytadela), o dwóch pomostach: górnym — dla kolei żelaznej i dolnym do jazdy końmi.

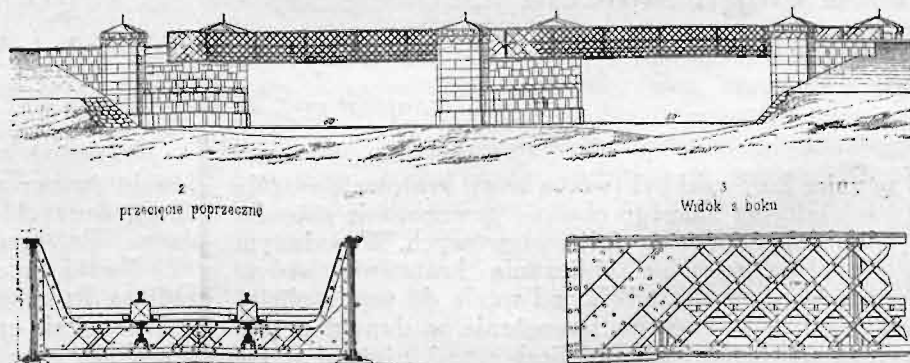
Z innych kolejowych mostów żelaznych o gęstej kratownicy z płaskowników wspomniemy jeszcze most pod Grodnem (na Niemnie) na kolei Warszawsko-Petersburskiej, zbudowany pod kierownictwem inż. francuskiego Collignon'a.

Oprócz wspomnianych wyżej, przy budowie mostów na kolejach w Rosji brali jeszcze wybitniejszy udział inżynierowie Polacy: inż. kom. Jan König (długoletni dyrektor kol. Mikołajewskiej), inż. kom. Wierzbowski (główny inżynier tejeż linii), inż. kom. Ignacy Dunin-Słępski, inż. kom. Mikołaj Słobodziński, inż. kom. Konstanty Kunicki, inż. Stanisław Kierbedź\*) oraz inż. Michał Kierbedź (syn gen. Kierbedzia), który był gł. inż. budowy nowych linii kol. Władysławskiej i kierował budową wielu mostów kamiennych, betonowych i żelaznych oraz znanego tunelu pod Noworosyjskiem\*\*).

Wreszcie wspomnieć też jeszcze należy, że na konkursie, ogłoszonym ok. r. 1870 w Rosji na sporządzenie projektów przebudowy drewnianych mostów kolejowych (Howe'a do 64 m rozp.) na żelazne, — otrzymał nagrodę inż. kom. Władysław Kiślański (obecny prezes C. Zw. Przem., Górn., Handlu i Fin.) za projekt kratownicy z indywidualnie obliczonymi sztywnymi krzyżulcami.

Takie kratownice w następstwie były zastosowane i na innych mostach żelaznych kol. Mikołajewskiej, według projektów długoletniego profesora Instytutu Inżynierów Komunikacji w Petersburgu M. Belebubskiego (1870—1880).

Prawie jednocześnie, mniej więcej od roku 1868, zaczyna się szersze stosowanie kratownic, tak zwanego systemu holenderskiego, t. j. trójkątnych z pionowymi słupkami ściskanymi i przekątnikami rozciągającymi, z początku o pasach równoległych, a później z pasami parabolicznymi, t. zw. półparabolicznymi. Systemy słupków i przekątników przy mniejszych rozpiętościach dźwigarów stosowano pojedynczo, a przy większych rozpiętościach podwójnie, a nawet potrójnie (np. most na rz. Lek pod Knilenburgiem w Holandji o rozpiętości 154 metrów, na kolei Breda — Utrecht, zbudowany w latach 1866—1868).



Rys. 3. Jeden z pierwszych kolejowych mostów żelaznych w Polsce, na rz. Czarnej Przemysły (1860 r.).

Ten układ prętów w kratownicy holenderskiej miał na celu ulepszenie przymocowania belek poprzecznych do dźwigarów głównych (przez połączenie tych belek bezpośrednio ze słupkami dźwigarów) oraz zmniejszenie wagi dźwigarów wskutek tego, że pręty o większej długości, t. j. przekątniki, jako rozciągane w tym systemie, mogły mieć mniejsze przekroje.

\*) Niemieckie słowo: „nit” należałoby zastąpić polskiem słowem: „zakówka” (przyp. autora).

\*\*\*) O rozpiętości przeszła 79,23 m, przy wysokości dźwigara 8,52 m; stosunek  $\frac{H}{l} \approx \frac{1}{9}$ .

\*) Bratanek generała Kierbedzia, inicjator budowy w Rosji kolejowych mostów kamiennych i betonowych.

\*\*\*) Inż. M. Kierbedź prowadził nadto przebudowę drewnianego mostu na rzece Werebje (wspomnianego wyżej), zastępując go nasypem z przepustem kamiennym o otworze 6,5 m (1876—1880).

Lata od r. 1870 do 1880, i nawet do roku 1885, były widownią zastosowania przeważnie powyższego systemu kratownic, przyczem w większości wypadków rozpiętości przęseł nie przekraczały 100 m; przęsła o rozpiętości powyżej 80 m uważano wówczas już za duże.

Oprócz wspomnianego powyżej mostu na rz. Lek pod Knilenburgiem w Holandji, przykładami takiej konstrukcji mogą służyć: most na Renie koło Griethausen, most na rzece Oca koło Aleksina w Rosji, półparaboliczny most Trisana na linii Arlbergbahn (1882—1884) i wiele innych.

Przy budowach podobnego rodzaju mostów żelaznych pracowali na linii Dęb-lin—Dąbrowa (w tej liczbie most na Wiśle) inżynierowie Polacy St. Zieliński, Biało-brzeski i L. Strokowski.

Jednocześnie, wzo-rując się na przykładach mostów amerykań., zaczęto powiększać w mostach zakrytych (t. j. z wiatrownicami górnymi i dolnymi) stosunek wysokości dźwigarów pośrodku do ich rozpiętości, nie obawiając się iść do  $\frac{H}{L} = \frac{1}{6}$ , później do 1/5, a w niektórych wypadkach do 1/4,5.

Pozatem, w częściach pracujących na wyboczenie weszły w użycie przekroje skrzynkowe lub rurowe, t. j. takie, w których dla zwiększenia momentu bezwładności materiał koncentrowano na obwodzie przekroju. Wreszcie, zważywszy że momenty zginające w belkach leżących na dwóch podporach są największe pośrodku przęsła i zmniejszają się do zera na podporach, zaczęto stosować kratownice o pasach w postaci wieloboku, lub parabolicznych, dla osiągnięcia możliwej lekkości dźwigarów (1870—1890).



Rys. 5. Słynny most na zatoce Forth w Szkocji (1889).

Dalszy postęp w projektowaniu żelaznych dźwigarów mostowych polegał na powiększeniu pól, czyli odległości między węzłami, celem możliwego zmniejszenia ilości prętów i ilości węzłów; pręty same natomiast wypadało przytem dawać odpowiednio mocniejsze i sztywniejsze. Stąd powstał pojedynczy system trójkątny przekątników, z wieszakami i słupkami dodatkowymi.

Tego rodzaju mosty żelazne były wykonane i w Polsce, na linii Łuków — Lublin (naczelnik robót inż. kom. Aleksander Gołębiowski, następnie Inspektor w M. K. Ż.) i na linii Herby — Kielce (główny inżynier — inż. kom. Władysław Jakubowski, późniejszy prezes Warszawskiej Dyrekcji Kolejowej).

## Mosty żelazne wspornikowe.

Największe jednak postępy poczyniła technika mostowa po zastosowaniu zaproponowanego pierwotnie przez inżynierów angielskich systemu dźwigarów wspornikowych (cantilever bridges), nazywanych także, lecz niezupełnie słusznie, belkami Gerbera.

Dźwigary te, jak wykazała praktyka, przy dużych przęsłach (powyżej 150 m) dają oszczędność żelaza około 10%, a prócz tego pozwalają zaoszczędzić na ilości podpór i na grubości filarów, gdyż na każdym filarze umieszcza się przy tym systemie po



Rys. 4. Most wspornikowy na rz. Dunaj koło Czernowody.

jednym łożysku, gdy tymczasem przy belkach rozciętych należy umieszczać po dwa łożyska.

Na rys. 4 przedstawiony jest most wspornikowy na rzece Dunaj koło Czernowody, o rozpiętości długiego przęsła 190 m.

Najświetniejszymi wyrazami postępów techniki w tym kierunku są mosty kolejowe: Forth-Bridge (1889) na zatoce morskiej Forth (rys. 5) koło Edynburga (stolicy Szkocji) oraz sprojektowany i wykonany przez znakomitych angielskich inżynierów Sir'a John'a Fowler'a i Benjamin'a Baker'a (rys. 6 i 7) most Quebec-Bridge (1917) na rzece św. Wawrzyńca w Kanadzie koło miasta Quebec.

Rozpiętość przęsła pierwszego z tych mostów stanowi 521 m, drugiego zaś 547 m. Mosty te są dwutorowe.

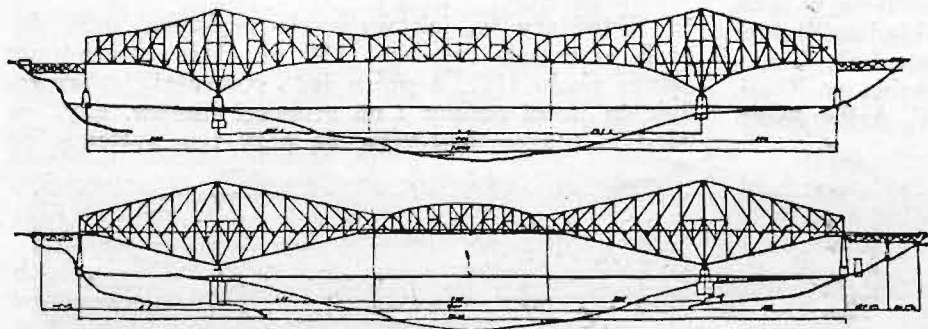
Żeby zdać sobie sprawę, jak wielkie postępy poczyniła technika mostowa między jej dwoma epoko-

wemi dziełami, t. j. od czasu zbudowania mostu Britannia-Bridge (1850) do czasu zbudowania mostu Forth-Bridge (1890) w ciągu lat czterdziestu, należy porównać rozpiętości oraz ciężar własny tych mostów na metr bieżący. Obydwa mosty są dwutorowe. Rozpiętość dużych przęsła mostu Britannia-Bridge wynosi 140 m, zaś rozpiętość dużych przęsła mostu Forth Bridge 521 m. Stosunek tych rozpiętości:  $\frac{521}{140} = 3,72$  stosunek zaś średnich ciężarów własnych na jeden metr mostu (dwutorowego) stanowi tylko  $\frac{35}{25} = 1,4$ . \*)

\*) Ciężar własny na jeden tor stanowił dla Britannia Bridge 12,52 tonn, a dla Forth Bridge koło 17,5 tonn (ciężary te liczone są łącznie z ciężarem jezdni i toru, — są to więc ciężary całkowite).

Z tego widać, o ile ekonomiczniej inżynierowie nauczyli się budować mosty w ciągu tego czterdziestolecia.

Czy jednak osiągnięte obecnie rozpiętości sztyw-nych mostów belkowo-wspornikowych są największe-  
mi możliwymi?



Rys. 6—7. Most Quebec Bridge na rz. Św. Wawrzyńca w Kanadzie: wedł. pierwot-  
nego projektu i wedł. nowego, wykonanego (1917) po katastrofie, która nastąpiła  
skutkiem wadliwego ustroju pasa ściskanego w części wspornikowej. j

Na pytanie to można odpowiedzieć przecząco. Już bowiem w 1894 roku w New-York'u opracowany był projekt mostu wspornikowego o rozp. 700 m na rzece Hudson, dla połączenia New-Yorku i New-Jersey

6 torową koleją. Na wystawie międzynarodowej 1900 roku w Paryżu były pokazane projekty mostów wspornikowo-belkowych na kanale La Manche dla połączenia Francji z Anglią, o rozpiętościach od 500 do 700 m. Według opinii kompetentnych inżynierów, którzy badali to zagadnienie przy zastosowaniu stali o wyższej wytrzymałości (niklowej, chromoniklowej lub wanadowej) rozpiętości powyższe (700 m) mogłyby być nawet przekroczone i, o ileby warunki ekonomiczne pozwoliły, można by osiągnąć rozpiętość mostów sztywnych belkowo-wspornikowych do 100 m (prof. Mehrtens).

Należy tu zaznaczyć, że przy materiale o wysokiej wytrzymałości, możliwość powiększenia rozpiętości dźwigarów zależy od możliwości powiększenia ich wysokości. W moście Forth Bridge naprz. wysokość wież metalowych wynosi 100,58 m, t. j. 1/5,2 rozpiętości, zaś w projekcie mostu wspornikowego na rz. Hudson w New Yorku wysokość wież wynosi 167 m, t. j. 1/4,2 rozpiętości projektowanej 701 m.

(d. c. n.).

## Pierwsze koleje żelazne na ziemiach Polskich.

Napisał Józef Śnieżkowski, insp. Min. Kolei.

Wypadki polityczne w r. 1830/31 położyły tamę zamierzeniom Królestwa, skierowanym do podniesienia górnictwa w kraju, które do tego czasu przynosiło znaczne straty. Na początku r. 1833 Zarząd górnictwa w Królestwie Polskiem przeszedł w ręce Banku Polskiego, który kierownictwo tą gałęzią wytwórczości krajowej powierzył hr. St. Łubieńskiemu, od r. 1828 dyrektorowi wydziału Przemysłu i Handlu, od r. zaś 1831 vice-prezesowi tegoż Banku. Pod energicznym zarządem St. Łubieńskiego, wyniki eksploatacji zakładów górniczych Królestwa wykazały tak znakomitą poprawę, że nie tylko pozwoliły na umarzenie zaciągniętych poprzednio zobowiązań, lecz zaczęły przynosić poważny dochód skarbowi Królestwa, w sumie około 1½ miliona złotych polskich rocznie. Jednocześnie ze wzrostem produkcji żelaza i cynku, poczęło wzrastać i wydobycie węgla kamiennego, które z 321 tysięcy korcy w r. 1833 podniosło się w r. 1838 do 790 tysięcy.

Tak zdolny i przedsiębiorczy administrator, jakim był H. Łubieński, nie mógł nie zwrócić uwagi na okoliczność, że wysiłki jego w kierunku zwiększenia produkcji górniczej mogą być sparaliżowane, lub zgoła unicestwione, jeżeli jednocześnie dla produkcji tej nie zostaną stworzone przyjazne warunki odstawy jej do najważniejszych punktów spożycia. Refleksje te tem większym musiały być dla Łubieńskiego bodźcem, ile że jedyna komunikacja wodna, Wisła, pozwalająca na spław ku Warszawie, była niewygodna i połączona ze stratami skutkiem nieuregulowanej dostawy i uszkodzeń towaru. Temi samymi względami powodować się musiał również wybitny w owej epoce przemysłowiec i kupiec polski P. Steinkeller, sprowadzający do Warszawy sól w ilo-

ści około 400 tysięcy i cynk w ilości 120 tysięcy centnarów.

Inicjatywie tych dwóch ludzi Polska zawdzięcza projekt pierwszej na swych ziemiach drogi żelaznej, który urzędowo podjęty został przez dom handlowy p. f. Bracia Łubieńscy i S-ka, na którego czele stał generał Tomasz Łubieński, brat Henryka, do rządu zaś wspólników należał i Piotr Steinkeller.

Pierwotne plany kolei szynowej o trakcji jednak-  
ze tylko konnej, opracowali St. Wysocki, inżynier naczelny Banku Polskiego i Teodor Urbański, major korpusu inżynierów komunikacji z Dyrekcji Komunikacji lądowych i wodnych Królestwa. Plany te, jako pierwszy ogólny projekt pobudowania kolei między Warszawą a granicą południową Królestwa, wykończone zostały w styczniu 1835 r., w końcu zaś r. 1836 hr. Łubieński powziął myśl stworzenia przy pomocy kapitałów zagranicznych Towarzystwa Akcyjnego budowy kolei, czemu jednak stanął na przeszkodzie kryzys finansowy w r. 1837, wykluczający udział finansistów berlińskich w tem przedsięwzięciu. W dniu 13 czerwca 1838, P. Steinkeller wniósł podanie o przyznanie rządowej gwarancji 4-procentowej dla kapitału 20 milj. złotych polskich, na którym oparta miała być budowa kolei od Warszawy przez Skierniewice i Piotrków do granicy austriackiej. Prośba ta uzyskała zezwolenie rządu rosyjskiego w dn. 9 lipca 1838 r., poczem inż. Wysocki w towarzystwie inżynierów Polliniego, Winnickiego i Szefera, tudzież nadkonduktora Kamieńskiego, z etatowej służby Dyrekcji Komunikacji Królestwa, delegowany został do przeprowadzenia pomiarów i niwelacji trasy projektowanej kolei.