

PRZEGLĄD TECHNICZNY

TYGODNIK POŚWIĘCONY SPRAWOM TECHNIKI I PRZEMYSŁU.

REDAKTOR Inżynier-technolog Czesław Mikułski.

TREŚĆ:

O pracach dr. inż. R. Modjeskiego i wielkich mostach amerykańskich, nap. prof. F. Kucharzewski.
O podstawach wstępnych obliczeń płytoweów, nap. inż. Z. Zych-Płodowski.
Obrabiarki na III Targach Lwowskich, nap. prof. E. T. Geisler.
Ze Stowarzyszeń Technicznych: Koło Inż. Gór. i Hutn.—Kronika.
Wiadomości Stowarzyszenia Dozoru Kotłów w Polsce.
Okształceniu palaczy kotłów parowych, nap. inż. B. Kron.

SOMMAIRE:

Les travaux de dr. R. Modjeski et les grands ponts américains, par prof. F. Kucharzewski.
Principes du calcul initial d'avion, par mjr. ing. Z. Zych-Płodowski.
Machines-outils à la III-me Foire à Lwów, par prof. E. T. Geisler.
Sociétés Techniques. Soc. des Ing. des mines.
Divers.
Bulletin des Sociétés pour la surveillance des générateurs de vapeur en Pologne.
L'apprentissage des chauffeurs des chaudières à vapeur, par ing. B. Kron.

O pracach inżyniera R. Modjeskiego i wielkich mostach amerykańskich.

Podał prof. F. Kucharzewski.

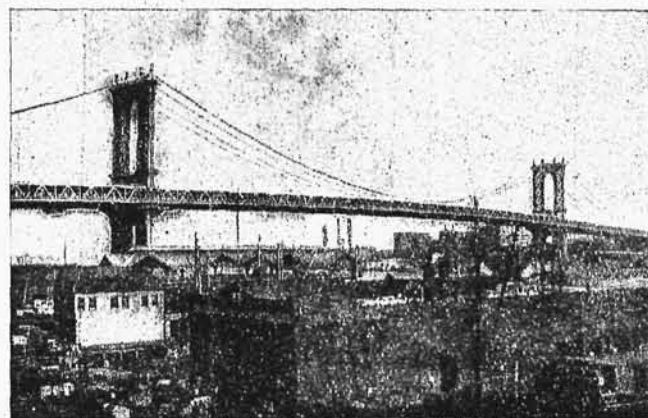
Stojący już wtedy sąsiedni Williamsburg Bridge, o otworze 486,40 m, nie miał wież murowanych, a tylko stalowe, ale zupełnie sztywne; w moście tym więc siodełka mogły się poruszać, ślizgając się na szczytach wież, lecz wielki opór tarcia przy tym ruchu niepokoił także, jako czynnik



Rys. 9. Widok mostu Williamsburg Bridge w N. Yorku.

rozstroju. Zauważyć należy, że most ten różni się jeszcze od mostu Brooklyńskiego znaczną wysokością belek podłużnych. Belki te zaprojektowane zostały tak sztywne, że na przęsłach bocznych położone zostały swobodnie bez zawieszenia na linie i, jak widzimy na rysunku, nie ma już na bocznej przęsle wieżarów pionowych, które są widoczne na przęsle głównym. Gdy następnie projektowano Manhattan Bridge, o otworze 446,90 m, z belkami podłużnymi mniej wysokimi, tak że przęsła boczne są zawieszone na linach, podobnie jak przęsło główne, postanowiono umocować liny bezpośrednio na szczytach wież; w przewidywaniu zaś ruchu tych szczytów, w skutku rozszerzania się i kurczenia lin, wywołwanego zmianami obciążenia i temperatury, wypadało albo zbudować wieże tak giętke, aby ich szczyty mogły się poddawać pociągającym je linom, albo też wieże sztywne zaopatrzyć u spodu w przeguby. Oba te rozwiązania pozwalały mierzyć wielkość odchylen szczytów i obliczać naprężenia w stali zginanej. Zdecydowano się na przeguby i każdy z czterech stalowych słupów wieży, 110 m wysokich, oparto na wale 0,60 m średnicy, umożliwiającym wahania szczytu. Szczegóły te wykazują, jak starannego i nieustannego dozoru wymagają wielkie mosty wiszące. To też budżet roczny służby konserwacji mostów w Nowym Yorku, zatrudniającej 602 osoby, wynosi milion dolarów.

Wracając do podanego przez Modjeskiego zestawienia, ¹⁾ zauważymy, że dla otworów od 198 m do 228 m projektowane bywają w Ameryce albo dźwigary kratowe przegibne, albo też dźwigary wspornikowe; dla otworów zaś od 457 m do 609 m — albo dźwigary wspornikowe, albo też mosty wiszące. To też wezwany do zaprojektowania mostu na rz. Delaware w Filadelfji, którego otwór określały warunki miejscowe na 1750 st. ang. czyli 533,40 m, sporządził Modjeski projekty przedwstępne mostu wspornikowego i mostu wiszącego. Komunikacja między Filadelfją i przedmieściem Camden wymagała aby most mógł przepuszczać sześć szeregów wozów lub samochodów i pomieścić cztery tory kolejowe (dwa dla drogi żelaznej i dwa dla tramwajów), razem, oprócz chodników, dziewięć linii przejazdowych. Ciężar ruchomy przyjęty został 16 t na metr bieżący. Porównanie kosztorysów obu projektów, mostu wspornikowego i wiszącego, sporządzonych dla danego otworu i ciężaru ruchomego, wykazało, że przy jednakowych wszystkich okolicznościach, most wspornikowy byłby o 2 miliony dolarów, t. j. o 13% droższy od mostu wiszącego. Znaczna ta różnica kosztów wystarczała już, by prze-



Rys. 10. Manhattan Bridge, New York.

chylić szalę na stronę mostu wiszącego, lecz przyczyniły się do tego inne jeszcze względy, mianowicie piękniejszy wygląd, większe bezpieczeństwo podczas budowy i możliwość rozdrobnienia przedsięwzięcia. Dla mostu wiszącego

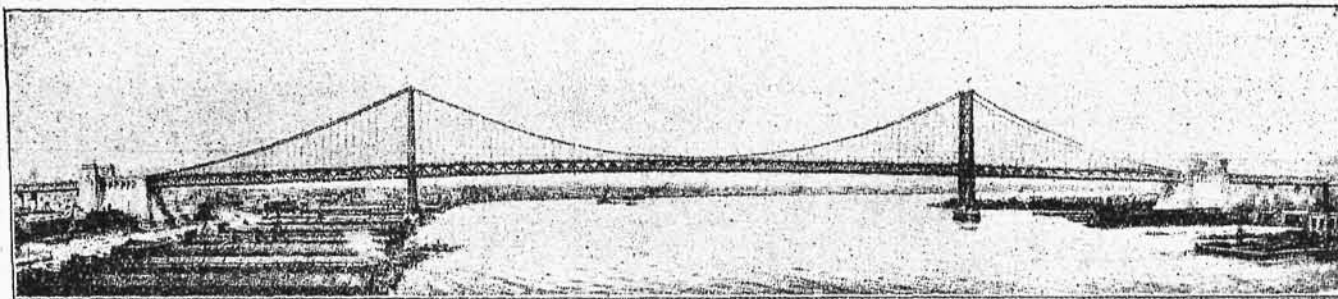
¹⁾ P. str. 496 w zesz. poprzednim.

bowiem możebnem było zawarcie pięciu oddzielnych kontraktów, mianowicie na budowę: filarów, przyczółków, wież stalowych, lin i wieszarów, wreszcie belek podłużnych i pokładu, — podczas gdy dla mostu wspornikowego budowa wierzchnia, stanowiąca jedno przedsiębiorstwo, wymagałaby kontraktu na sumę 10 milionów dolarów, a na zatwierdzenie takiego kontraktu przez parlament stanu Pensylwanji, trzeba by było czekać dwa lata lub więcej.

Zaprojektowany przez Modjeskiego i budowany obecnie pod jego kierunkiem most wiszący w Filadelfji o otwórze o 47 m większym od mostu między Nowym Yorkiem

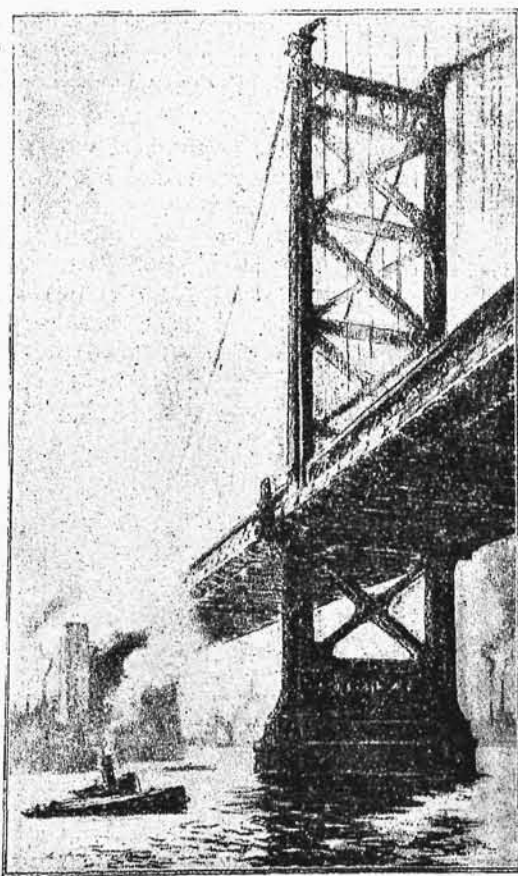
czące dwa jej słupy. Całkowita długość mostu między wiadukami, t. j. od końca lewego przyczółka do końca prawego, wynosi 1078 m, z czego na główne przęsło środkowe, od osi jednego filaru do drugiego, przypada 533,40 m, na każde z dwóch przęseł bocznych 218 m, a na każdy przyczółek 59,80 m.

Spojrzymy teraz na jedną z dwóch wież, bo widok ten daje pojęcie o ogromie budowli (rys. 12). W głębi, na końcu bocznego przęsła, widnieje przyczółek. Wieża składa się z dwóch słupów stalowych, związanych poprzecznymi i krzyżami; ma około 110 m wysokości; szczyt jej wznosi się na 77 m nad pomostem. Każda z takich dwóch wież usta-



Rys. 11. Widok mostu Delaware River Bridge w Filadelfji.

a Brooklynem, różni się od tego ostatniego wysmukłością wież, brakiem wieszarów ukośnych i większą masywnością belek podłużnych i pokładu, co wszystko razem czyni go piękniejszym z wyglądu (rys. 11). Belki podłużne mają nie 5,40 m wysokości, jak w moście Brooklyńskim, lecz 9,12 m. Na widoku mostu zwraca uwagę ogrom przyczółków,



Rys. 12. Wieża mostu w Filadelfji.

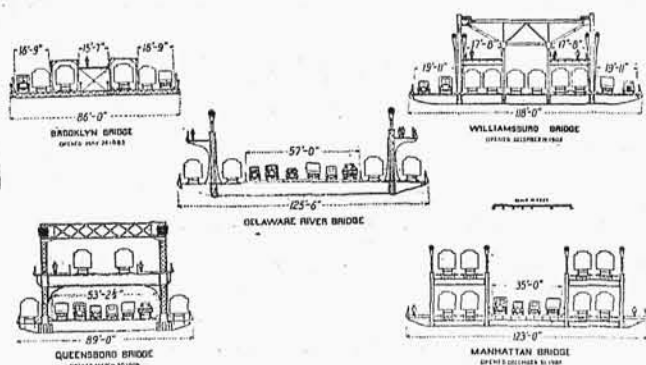
w których umocowane są końce lin, podtrzymujących most, a do których dochodzą wiadukty dojazdowe. Zwrócić należy uwagę, że widok narysowany został w perspektywie, wziętej z punktu położonego na osi lewego filaru, wskutek czego wieża lewa przedstawia się w swej wysmukłej elewacji, a wieża prawa uwidocznia wiązania i krzyże, łą-

wiona jest na granitowym filarze, ufundowanym na kesonie, mierzącym w planie 21×43 m, a 12 m wysokim. Kesony filarów doszły do gruntu stałego na głębokościach: 19 m pod lewym filarem, od strony Filadelfji, a 26 m pod prawym od strony przedmieścia Camden.

Trzy mosty Nowojorskie zawieszone są każdy na czterech linach. Modjeski postanowił zawiesić most Filadelfijski na dwóch linach, ale też niezwyklej wymiarów. Każda lina ma się składać z 16500 drutów (t. j. przeszło trzy razy tyle co w moście Brooklyńskim) i mieć 0,762 m grubości. Liny tak potężne nie były dotąd w użyciu; grubość lin mostów nowojorskich wynosi bowiem: Brooklyn 40, Williamsburg 47, Manhattan 52 centymetry. Zredukowanie liczby lin z czterech do dwóch, upraszcza ustrój pokładu mostu i czyni piękniejszym jego wygląd. Zarzuty, jakie można postawić tej redukcji, roztrząsa Modjeski szczegółowo w swej pracy o projekcie mostu Filadelfijskiego, wykazując dostateczną wytrzymałość dwóch lin. Co do ich trwałości, nadmienia, że liny mostu Brooklyńskiego służą już 47 lat, druty tych lin były galwanizowane i dotąd dokonywane rewizje nie znalazły żadnego uszkodzenia, w skutku rdzy lub innej przyczyny. Postanowił więc do budowy lin mostu Filadelfijskiego użyć drutów stalowych galwanizowanych, zaznaczając wszakże, że nie należy stąd wnosić, aby te liny miały trwać nieograniczenie długo. Każda lina umocowana będzie na szczytach wież, szczyty te więc podlegać będą wahaniom, których wielkość, przy krańcowych obciążeniach i temperaturze, oblicza Modjeski na 0,54 m, od strony wielkiego otworu, a 0,39 m od strony brzegów. Mając do wyboru dwa sposoby umożliwienia tych wahań, przełożył Modjeski giętkość wież nad przeguby u spodu, zastosowane w Manhattan Bridge i zaprojektował wieże, których wysmukłość, uderzająca na elewacji i na widoku perspektywnym uwydatnia się w cienkości słupów stalowych.

O sprawności budującego się mostu Filadelfijskiego daje pojęcie przekrój poprzeczny (rys. 13), zwłaszcza jak na tym rysunku zestawiony z przekrojami czterech mostów Nowojorskich. Mamy więc u góry z lewej strony przekrój mostu Brooklyńskiego, zawieszzonego na czterech linach, z dwoma torami kolejowymi, z których każdy przechodzi między parą belek podłużnych, mających razem z poprzecznymi 5,57 m wysokości. Całkowita szerokość pokładu wynosi 26 m i rozkłada się na dwie drogi po bokach, dla wozów i tramwajów, każda 5,10 m szeroka, dwa tory kolejowe, zajmujące razem z belkami podłużnymi 11 m, i chodnik środkowy dla pieszych 4,75 m. Z prawej strony u góry wi-

dzimy przekrój mostu Williamsburgskiego, z czterema linami, po dwie przy każdej z dwóch belek podłużnych, wysokości razem z poprzecznymi 14 m. Ustawienie to lin i belek podłużnych przedstawia się racjonalniej niż w moście Brooklyńskim. Belki poprzeczne występują z każdej strony na zewnątrz, podtrzymując dwie drogi kołowe, każda 6 m szeroka. Między belkami podłużnymi mieści się sześć torów kolejowych, a na piętrze dwa chodniki dla pieszych, każdy 5,40 m szeroki. Całkowita szerokość pokładu wynosi 36 m. Trzeci most Nowojorski, Manhattan Bridge, zawieszony na



Rys. 13. Przekroje poprzeczne mostów Nowojorskich i Filadelfijskiego.

czterech linach, ustawionych każda nad jedną z belek podłużnych, ma pokład 37,5 m szeroki, mieszczący na dwóch piętrach osiem torów kolejowych, po bokach chodniki dla pieszych, a we środku drogę wozową 10,60 m szeroką. Belki podłużne razem z poprzecznymi mają 8,35 m wysokości. U spodu na lewo przekrój czwartego mostu w Nowym-Yorku, Queensboro Bridge, ale most to nie wiszący, tylko wspornikowy o pięciu przęsłach; największe ma 360 m otworu. Most ten ma dwa pokłady: górny dla dwóch torów tramwajowych i dwóch chodników i dolny dla drogi wozowej 16 m szerokiej i dwóch torów kolejowych, ułożonych na wystających po obu stronach mostu końcach belek poprzecznych. Całkowita szerokość pokładu dolnego wynosi 27 m. Umieszczony w środku przekrój poprzeczny mostu Modjeskiego w Filadelfii uwydatnia jasność i prostotę jego ustroju. Dwie liny podtrzymują każda jedną z dwóch belek podłużnych, mających 10 m wysokości. Cztery tory kolejowe umieszczone są po dwa przy każdej z tych belek, a między torami wewnętrznymi pozostaje jezdnia 17 m szeroka. Chodniki umieszczone są u góry nad torami kolejowymi, na wspornikach, usztywniających belki podłużne.

Most Filadelfijski Modjeskiego stanowi poważny krok naprzód w rozwoju budowy wielkich mostów wiszących, jak to zaznaczył prof. Szkoły dróg i mostów Godard w pracy swej o warunkach budowy takich mostów, podanej niedawno w Annales des Ponts et Chaussées. Podaje w niej prof. Godard szkicowe rysunki mostu Brooklyńskiego i Filadelfijskiego, wspominając przytem, że równocześnie z tym ostatnim budowany jest most w Detroit, między Stanami Zjednoczonymi a Kanadą, o otworze 600 m. Mówi że po zbudowaniu w r. 1883 mostu Brooklyńskiego, będącego przez czas pewien największym mostem na świecie, stosowanie mostów wiszących dla wielkich otworów, zostało przez czas pewien zarzucone. Mosty wspornikowe: na zatoce Forth z 1899 i pod Quebec z 1917, zdawało się że ustalają typ wielkich mostów przyszłości. Przy budowie mostów na drogach żelaznych francuskich, stosowano też w ostatnich czasach wyłącznie prawie typ Cantilever, z wyjątkiem paru mostów, zaprojektowanych przez komendanta Gisclarda, twórcy nowego typu mostu, wiszącego wprawdzie, ale nie na giętkich linach, lecz na sztywnych odwróconych łukach żelaznych. Tymczasem w Ameryce nie zaprzestano stosowania mostów wiszących dla wielkich otworów. Charakterystyczne ich cechy są obecnie następujące:

1) Wieże stalowe, wysokie i wysmukłe, albo giętke, jak w moście Filadelfijskim, albo też osadzone na przegubach, jak w moście Detroit.

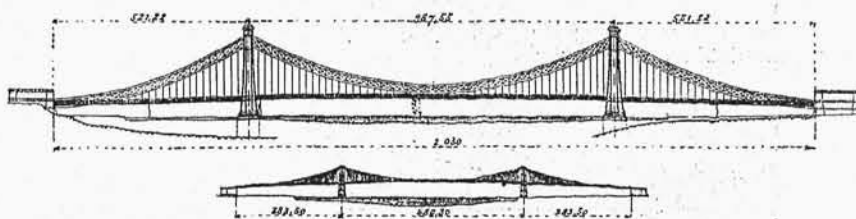
2) Zupełne pominięcie wieszarów ukośnych.

3) Pokład sztywny i ciągły między wieżami. Sztywność urzeczywistniona jest albo przez dwa pokłady, jeden nad drugim, jak w moście Detroit, albo przez dwa wielkie dźwigary Warrena, jak w moście Filadelfijskim.

4) Usunięcie wszelkich rolek na szczytach wież. Nadzwyczajnie grube liny, złożone są z drutów stalowych galwanizowanych, powiązanych w pęki. Liny rozciągają się nieprzerwanie, od jednego przyczółka do drugiego, położone na siodełkach nieruchomych na szczytach wież. Ciężar przesła środkowego równoważony jest całkowicie ciężarem przesła przybrzeżnych, tak że przy moście pustym, lub obciążonym równomiernie, wypadkowa ciśnienia na szczytach jest pionowa, a różnica w naprężeniu lin ma miejsce tylko podczas przejścia ciężarów ruchomych, obciążających nierównomiernie pokład mostu.

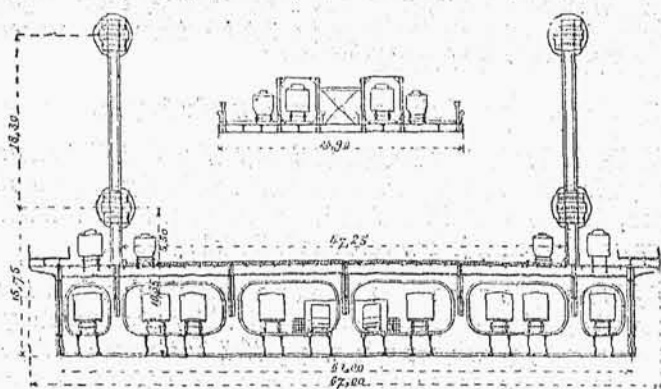
Nie bez powodu inżynierowie amerykańscy wracają przy budowie wielkich mostów do racjonalnego typu mostów wiszących na giętkich linach i typ ten stosują w jednakiej postaci. Skłonił ich do tego najprzód rozgłoszony wypadek zawalenia się mostu wspornikowego pod Quebec, a następnie ogólna drożyzna, zwracająca uwagę na główną zaletę mostów wiszących, mianowicie ich taniość w porównaniu z innymi systemami. Ale typ ten przedstawiał poważną wadę, mianowicie trudność ścisłego obliczenia części składowych. Trudność ta wszakże znika, wobec przyjęcia typu, zastosowanego przy budowie mostów w Filadelfii i Detroit. Obliczeniu ścisłemu dawnych mostów wiszących przeszkadzały, z jednej strony, wieże murowane, a z drugiej — wieszary ukośne. Zastąpienie wież murowanych stalowymi, mającymi ten sam współczynnik rozszerzalności, co i inne części budowli, i zupełne usunięcie wieszarów ukośnych umożliwiło przeprowadzenie ścisłych obliczeń, podanych w pracy prof. Godarda.

Jest tam także wzmianka, o projektowanym od lat paru w Nowym Jorku, moście na rzece Hudson. Nowy Jork zajmuje półwysep, położony między rzekami: Hudson i East River. Na tej ostatniej stoją cztery mosty, o otworach mniejszych od połowy kilometra, rzeka zaś Hudson, wymagająca mostu o kilometrowym prawie otworze, nie doczekała się go dotąd. Projekt też tego mostu (Rys. 14) wzbudził ogólne zainteresowanie. Rysunek przedstawia jego elewację a także w tej samej podziałce elewację mostu Brooklyńskiego. Most na Hudsonie zawieszony będzie nie na linach, lecz na łukowo wygiętych kratownicach. Całkowita jego długość między przyczółkami wyniesie 2030 m, a przesła środkowe ma mieć 987 m otworu. Pokład mostu wznosić się będzie na 47 m nad wysoką wodą. Wieże mają mieć 256 m wysokości, górować więc



Rys. 14. Most na rzece Hudson i Brooklyn Bridge.

będą nad nowojorskimi drapaczami nieba. Więcej jeszcze zaciiekawiającym (rys. 15) jest przekrój poprzeczny projektowanego mostu, zestawiony tu z przekrojem poprzecznym mostu Brooklyńskiego. Most na Hudsonie ma mieć takie wymiary, że przez otwory, wykrojone w ścianach pełnych belek poprzecznych pokładu, przechodzić będą tory kolejowe. Na rysunku mamy dziesięć torów kolejowych, przechodzących przez pewien rodzaj tuneli z blachy żelaznej, oświetlonych otworami w ścianach bocznych. Po tych torach chodzić mają pociągi pośpieszne i towarowe.



Rys. 15. Przekrój poprzeczny mostu na rzece Hudson.

Cztery tory tramwajowe przechodzą wierzchem pokładu, unoszącego po obu bokach chodniki dla pieszych. Całkowita szerokość mostu ma wynosić 67 m, a szerokość między belkami podłużnymi, obejmująca dwa tory tramwajowe i jezdnię — 47 m. Każdy pas łuków, na których wisi most, złożony jest z 80 sztab stalowych, złączonych przegubami i ułożonych w trzy szeregi, jak widać na przekroju. Te trzy szeregi sztab otoczone będą powłoką z brązu, której profil pokazuje rysunek.

Tak na tym przekroju, jak i na elewacji (rys. 14), most Roeblinga w Nowym Jorku z r. 1883, w porównaniu z projektowanym na Hudsonie, przedstawia się jak liliput przy olbrzymie. Daje to miarę postępu, osiągniętego przez inżynierów amerykańskich w ciągu ostatnich lat, w zakresie budowy mostów wiszących.

O podstawach wstępnych obliczeń płatowca.

Podał mjr. inż. Z. Zych-Płodowski.

Płatowiec unosi się w powietrzu, jak wiadomo, dzięki oporowi powietrza, który działa na jego płaszczyzny nośne.

Sila oporu powietrza powstaje skutkiem ruchu płatowca względem powietrza, który to ruch otrzymuje płatowiec od śmigła, pędzonego przez silnik. Jaka jest zależność pomiędzy ciężarem całkowitym płatowca, wielkością jego płaszczyzn nośnych, szybkością lotu, mocą silnika i w jaki sposób, założywszy sobie z góry jedno z tych wielkości, należy dobrać pozostałe, by płatowiec odpowiadał swemu zadaniu — oto pytania, które w tym szkicu postaramy się rozwiązać.

Opór płaszczyzny, prostopadłej do swojej szybkości.

Dla jasności dalszych wywodów, przypomnijmy w paru słowach wzory na opór płaszczyzn, poruszających się w powietrzu. Płytkę płaską, idealnie cienką, o powierzchni S , poruszającą się z szybkością V prostopadłą do płytki, napotyka w swym ruchu opór R_{90} .

Opór ten będzie tym większy, im większa jest wielkość powierzchni S i im większa jest szybkość V . Zależność R_{90} od S i V próbował wyprowadzić Newton analitycznie, wychodząc z równania:

$$\frac{1}{2} M V^2 = R_{90} V,$$

gdzie M jest masą powietrza, jakie w jednostkę czasu zostanie przez płytkę wyprowadzone ze stanu spoczynku. Newton przyjmuje $M = S V \delta$, gdzie δ — jest to gęstość powietrza.

Przyjmując $\delta = 1/8$, otrzymał Newton wzór:

$$R_{90} = 0,06 S V^2.$$

Wobec nie odpowiadającego rzeczywistości wyrażenia dla M , przyjętego przez Newtona, wzór jego jest nieścisły.

Doświadczenia Renarda, Le Dantec'a, Langley'a, Riabuszynskiego, Eiffel'a i innych dowiodły, że wzór ten winien raczej mieć postać:

$$R_{90} = 0,08 S V^2,$$

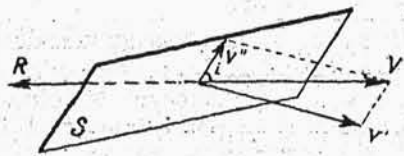
dla szybkości od 1 do 50 m/sek.

Ogólny wzór dla wszystkich wartości V proponuje Renard w tej postaci:

$$R_{90} = a V + b V^2 + c V^3 + d V^4.$$

Dla szybkości, z jakimi obecnie spotykamy się w lotnictwie, dostatecznie dokładnym jest wzór:

$$R_{90} = 0,08 S V^2.$$



Rys. 1.

Opór płaszczyzny, poruszającej się skośnie.

Wyobraźmy teraz sobie, że płytkę o powierzchni S porusza się z szybkością V , tworząc z powierzchnią tą pewien kąt i , mniejszy od 90° (rys. 1). Rozkładając szybkość tę na dwie składowe: prostopadłą i równoległą do płaszczyzny płytki, otrzymamy:

$$V'' = V \sin i.$$

$$V' = V \cos i.$$

opór płytki będzie:

$$R_i = 0,08 S V'^2 = 0,08 S V^2 \sin^2 i.$$

Doświadczenie wykazuje, że jednak wzór ten jest nieścisły. Euler i Borda w 1780 r. podali wzór empiryczny:

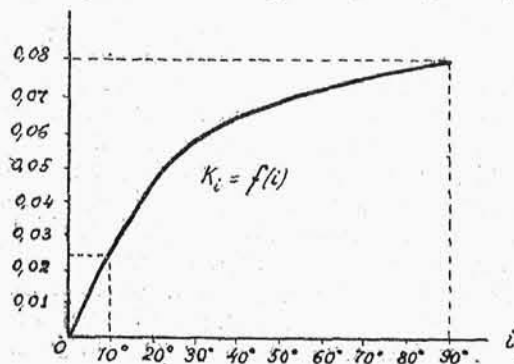
$$R_i = K S V^2 i, \quad \text{gdzie } K = 0,08.$$

Eiffel zmodyfikował wzór Eulera, mianowicie K oznaczył jedną literą K_i , a następnie określił doświadczalnie krzywą $K_i = f(i)$ (rys. 2)

Mając krzywą $K_i = f(i)$ oraz wzór

$$R_i = K_i S V^2,$$

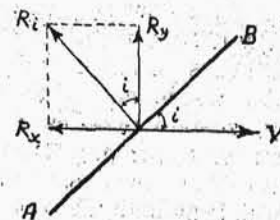
łatwo możemy dla danej płytki określić wielkość R_i dla dowolnego kąta natarcia i . Płytki o kształtach geometrycznie podobnych, różni-



Rys. 2.

ce się tylko wielkością, będą miały wartości K_i dla tego samego kąta i w przybliżeniu te same.

Zwykle interesuje nas jednak nie całkowity opór powietrza R_i , lecz jego składowe: pionowa i pozioma; oznaczmy je przez R_x i R_y . Składowa pionowa R_y daje nam siłę unoszącą płytki, zaś pozioma R_x — jej opór szkodliwy (rys. 3).



Rys. 3.

Odcinek AB niech nam wyobraża płytkę, pochyloną względem swej szybkości V pod kątem i . Wówczas, jak widzimy:

$$R_x = R_i \sin i = K_i S V^2 \sin i$$

$$R_y = R_i \cos i = K_i S V^2 \cos i.$$