

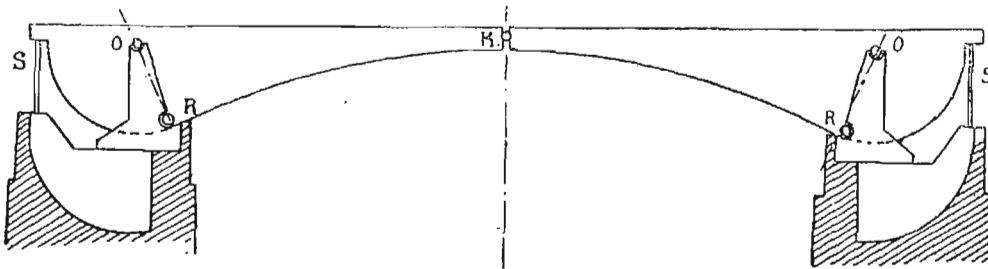
Sposób zastosowania łuków trójprzegubowych do budowy mostów obrotowych i zalety tego ustroju.

Napisał prof. inż. A. Pszenicki.

(Ciąg dalszy do str. 513 w № 47, z r. b.)

Nieco lepsze rozwiązanie zadania zastosowania łuku trójprzegubowego do mostu obrotowego, dwuskrzydłowego mamy w moście „Knippel Broo”, zbudowanym w roku 1908 w Kopenhadze. Otwór tego mostu wynosi 28,3 m, przy rozpiętości teoretycznej 32,3 m, szerokość mostu 15,0 m, jazda częściowo dołem, częściowo w połowie wysokości dźwigarów. Przeciwwagi górne, w specjalnych portalach, oddziałują na skrzydła równowagowe za pomocą słupków, połączonych przegubnie ze skrzydłami dźwigarów. Skrzydła równowagowe mieszczą się pod pomostem, pokrywającym studnie przyczółków, w których się mieszczą mechanizmy obrotowe i przeciwwagowe. Gdy most jest zamknięty, każde jego skrzydło jest podparte na przegubie podporowym, na osi obrotowej i na przegubie kluczowym. Oprócz tego, skrzydła równowagowe są podparte słupkami, tak iż przeciwwaga jest jakby nieco podniesiona. Wobec tego most w stanie zamkniętym może pracować jako łuk trójprzegubowy tylko przy obciążeniu ciężarem ruchomym i przy określonym stanie temperatury. Oś obrotowa nie jest wolna. Oczywiście w tych warunkach układu tego nie można rozpatrywać jako łuku trójprzegubowego.

Firma Straus, która zbudowała wspomniany wyżej most, proponowała i dla mostu Pałacowego w Petersburgu taki sam układ łuki, opierając się na przegubach podporowych i w kluczu, jednocześnie spoczywałyby na osiach obrotowych i na specjalnych podpórkach, podtrzymujących ogony łuków, aby je uchronić od otwierania się przy obciążeniu skrzydeł równowagowych, jak to widać z rys. 4.



Rys 4.

Układ ten był rozpatrywany przez projektodawców, jako łuk o węzłach zamocowanych wzdłuż linii OR i z przegubem w kluczu. Oczywiście układ taki możnaby rozpatrywać, jako układ podwójnie statycznie niewyznaczalny, jedynie tylko w tym wypadku, gdyby po ustawieniu dźwigarów na podporach i po ich wyregulowaniu przy pewnej określonej temperaturze, można było przy otwieraniu i zamykaniu mostu przy innych temperaturach nadawać dźwigarom te naprężenia, któreby w nich powstały skutkiem tej zmiany temperatury w moście zamkniętym.

Innymi słowy, gdyby można było być pewnym, że podczas zamykania mostu, przy temperaturach różnych od temperatury ustawienia go na podporach, można nadać dźwigarom rozpór dodatni lub ujemny, odpowiadający zmianie temperatury. Jednakże, przy znacznym obniżeniu się temperatury, rozpór łuku w kluczu może się znacznie zmniejszyć a nawet o tyle, że przewyższy rozpór powodowany wagą własną mostu i wtedy łuki w kluczu mogą się rozejść, zamieniając się na belki wspornikowe. Ciężar ruchomy może wówczas spowodować silne ugięcie dźwigarów w kluczu. Wzrost zaś temperatury spowoduje duży wzrost rozporu, co oczywiście wywoła konieczność zwiększenia podpór, a zatem i kosztów mostu. Firma Straus proponowała założyć zmiany temperatury tylko $\pm 8^\circ \text{C}$, lecz i to dawało już zwiększenie rozporu o 250 t, przy całkowitym rozporze pod działaniem obciążenia ruchomego 1000 t. Uważając jednak zmianę tem-

peratury tylko o $\pm 8^\circ \text{C}$ za niedostateczną, (według warunków technicznych zmiana temperatury winna była wynosić $\pm 40^\circ \text{C}$). firma proponowała regulować sztucznie zmianę długości dźwigarów pod wpływem temperatury, za pomocą klinów w kluczu. Oczywiście podobne propozycje, jako nierealne, nie mogły być przyjęte. Rozwiązanie trzeba było przeprowadzić takie, aby nie było najmniejszej wątpliwości, że most w stanie zamkniętym za wsze będzie pracować, jako łuk trójprzegubowy.

Wyżej jużśmy wskazali, jakiemu warunkowi winien zadość czynić ustrój mostu, ażeby w stanie zamkniętym zachowywał postać łuku trójprzegubowego. Tutaj jednakże musimy jeszcze wskazać niektóre właściwości mostów obrotowych dokoła osi poziomej. W mostach tych jest mianowicie wymagane, aby każde skrzydło obrotowe było zrównoważone względem swej osi obrotu, aby środek ciężkości każdego skrzydła przechodził przez środek osi obrotu, zatem moment wszystkich sił pionowych stałych względem środka osi obrotu winien równać się zeru.

Wówczas przy otwieraniu mostu takiego, o ile niema wiatru, mamy do czynienia tylko z przewyciężeniem tarć na osi obrotu i w mechanizmach obrotowych. Oś obrotu w tych mostach umieszcza się zwykle ponad podporą, nieco bliżej środka teje, aby przy moście otwartym części dźwigarów, znajdujące się poniżej osi obrotu, nie wysuwały się poza granice krawędzi podpory od strony otworu, przykrytego skrzydłami zwodzonymi. Zachowanie tego warunku jest wymagane dlatego, aby wystające poza podpory na niewielkiej

wysokości od poziomu wody części dźwigarów, nie zmniejszały otworu użytecznego części ruchomej mostu i nie były narażone na uderzenia i uszkodzenia przez przepływające statki. Co się zaś tyczy podpór dodatknych R (patrz rys. 4), w układach belkowo-wspornikowych oraz przegubów podporowych w układach łukowych, to te winny być położone o ile możności bliżej krawędzi podpory, ażeby zmniejszyć teoretyczną rozpiętość dźwigarów ruchomych,

a nadto, przy układzie łukowym, dogodniej przenieść ciśnienie na podpory, szczególnie zaś na podstawy fundamentów filarów.

Wobec tego pomiędzy podporą dodatnią R każdego skrzydła i jego osią obrotu O powstaje pewien odstęp w kierunku poziomym. Jeżeli ułożymy całkowitą masę skrzydła (łącznie z przeciwwagami) tak, ażeby środek ciężkości przechodził przez oś obrotu O , to każde skrzydło, będąc podparte na podporze dodatniej R , nigdy nie będzie miało dążności do zapadania się do otworu przęsła ruchomego. Innymi słowy, przy układzie łukowym i skrzydłach zrównoważonych względem osi obrotu, nie będziemy mieli naturalnego naciśku jednego skrzydła na przeciwległe drugie w kluczu. Skrzydła w tych warunkach nie będą pracować jako łuk trójprzegubowy, lecz jako układ belkowo-wspornikowy.

Aby oba skrzydła przy moście zamkniętym pracowały jako łuk trójprzegubowy, niezbędnym jest, by, przy wszelkich okolicznościach, skrzydła w stanie zamkniętym naciskały jedno na drugie. W tym celu zaś jest niezbędne, aby środek ciężkości każdego skrzydła był położony pomiędzy przegubem podporowym a przegubem kluczowym.

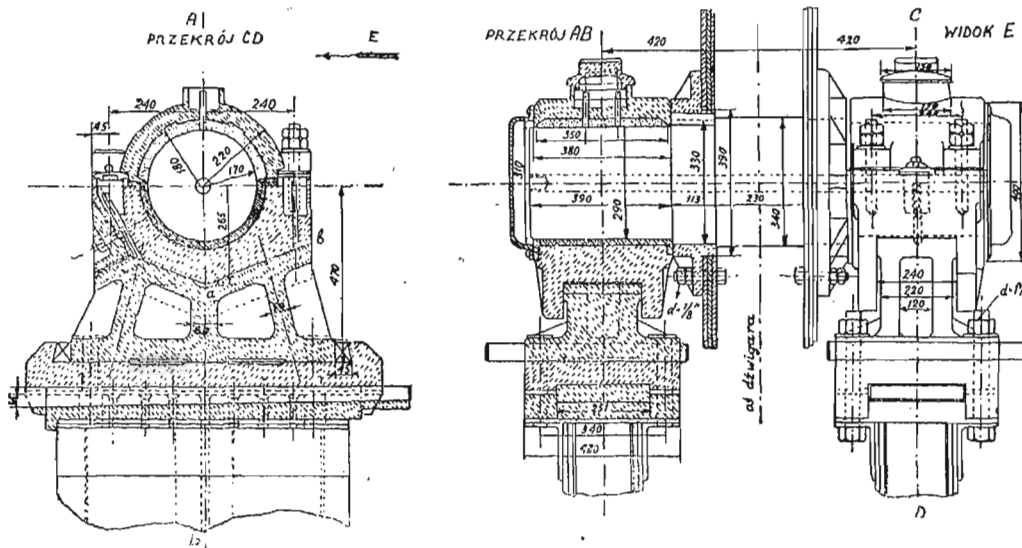
Stąd wynika, że położenie środka ciężkości nie może być stałe: podczas otwierania mostu środek ciężkości powinien przechodzić przez oś obrotu, gdy zaś most jest zamknięty, środek ciężkości skrzydła powinien przesunąć się poza przegub podporowy w stronę klucza. Ażeby jednak skrzydła

w stanie zamkniętym pracowały jako układ trójprzegubowy, niezbędnym jest nadto, aby w tym stanie każde skrzydło opierało się tylko na przegubie podporowym i kluczowym, niezależnie od obciążenia go ciężarem ruchomym i od zmiany temperatury.

Oś obrotowa, przy moście zamkniętym, powinna być wolna, nieobciążona, czyli że pomiędzy tą osią a jej łożyskiem powinien być dostateczny luz, któryby dawał rękojmię, że przy obciążeniu skrzydeł równowagowych (ogonów) lub przy wzroście temperatury, osie obrotu nie będą ulegały naciskom, a przeto nie będą wywoływały naprężeń w podporach ich łożysk. Warunek pierwszy, t. j. zmianę położenia środka ciężkości, można osiągnąć zapomocą zmiany wielkości przeciwwagi, lub też zmiany długości ramienia przeciwwagi.

Drugi warunek może być osiągnięty w sposób następujący: łożyska osi obrotu skrzydeł i przegubów podporowych winny być tak rozłożone, by wówczas, gdy środek ciężkości każdego skrzydła przechodzi przez oś obrotu i przegub podporowy leży w łożysku, powstał pomiędzy obu przeciwnymi skrzydłami dostateczny luz w kluczu.

Przy takim układzie osi obrotowej i przegubów łożyskowych oraz kluczowego, otrzymujemy następujący schemat działania skrzydeł.

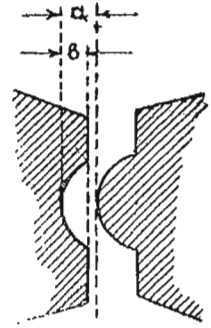


Rys. 5. Ustrój łożyska osi obrotowej.

Most zamknięty. Część przeciwwagi na obydwu skrzydłach jest zdjeta, środek ciężkości każdego skrzydła znajduje się między przegubem podporowym a kluczowym. Pomiedzy osią obrotową, a raczej pomiedzy łożyskiem tej osi a jego podporą jest pewien luz dostateczny; każde skrzydło jest podparte na przegubie podporowym oraz na przegubie kluczowym przeciwnego skrzydła. Środek ciężkości każdego skrzydła jest o tyle oddalony od odpowiedniego węzłowa, że obciążenie skrzydeł przeciwwagowych (od węzłowa do końca ogona) ciężarem ruchomym nie przesuną jednak tego środka ciężkości poza przegub podporowy skrzydła w stronę osi obrotu. Obydwa więc skrzydła będą w tych warunkach zawsze pracować jako układ łuku trójprzegubowego ze wspornikami o rozporze dodatnim i dlatego niema najmniejszej potrzeby podpierania skrzydeł przeciwwagowych, aby zapobiedz otwieraniu się mostu przy obciążeniu ruchomem wsporników łuku.

Otwieranie mostu. Zdjęte części przeciwwag zawieszają się do ogonów skrzydeł, środek ciężkości każdego skrzydła przesuną się więc ku jego osi obrotu; gdy tylko środek ciężkości przejdzie poza przegub podporowy w stronę osi obrotu, każde skrzydło rozpoczyna obrót około przegubu podporowego dopóty, dopóki łożyska osi obrotowej każdego skrzydła nie spoczną na swych podporach. Obracając się dokoła swego przegubu podporowego w stronę osi obrotu, skrzydła rozchodzą się w kluczu na pewien odstęp. Każde skrzydło staje się przytem zupełnie wolnym, jego środek ciężkości przechodzi przez oś obrotu i zapomocą odpowiednich mechanizmów może być ono podniesione. Zamykanie mostu odbywa się zupełnie tak samo jak otwieranie, tylko opisane czynności następują w kolejności odwrotnej. Najpierw więc skrzydło się zamyka, dopóki przeguby podpo-

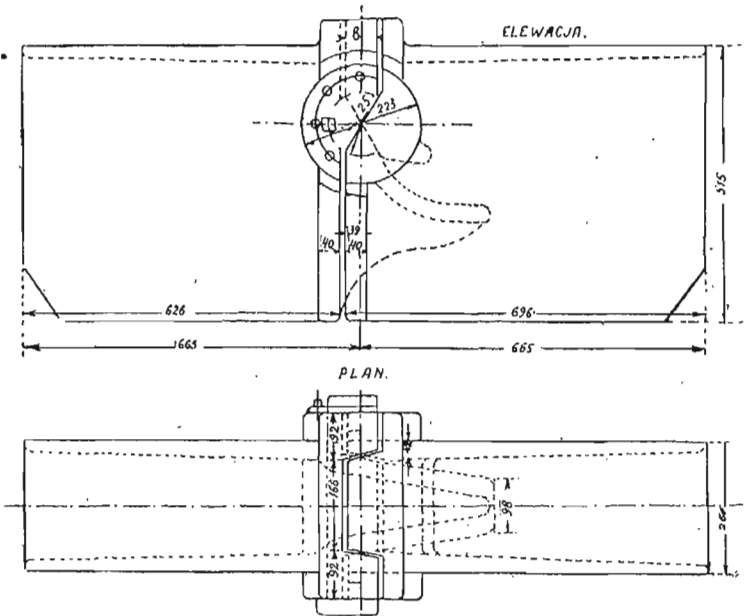
rowe nie spoczną na odpowiednich łożyskach. Wówczas każde skrzydło opiera się na swej osi obrotu, zaś przegub podporowy dotyka swego łożyska. Pomiedzy łożyskiem przegubu kluczowego jednego skrzydła a przegubem kluczowym drugiego pozostaje odpowiedni luz. Następnie rozpoczyna się zdjecie części przeciwwag na każdym skrzydle. Środek ciężkości przechodzi z osi obrotu ku kluczowi, wywołując coraz większy nacisk na przeguby podporowe, zmniejszając natomiast nacisk na oś obrotu; po przesunięciu się środka ciężkości na dostateczną odległość od podpory w stronę klucza, rozpoczyna się obrót każdego skrzydła około jego przegubu podporowego, dopóki oba skrzydła w kluczu nie oprą się jedno o drugie. Przy tym obrocie skrzydeł około swych przegubów podporowych, osie obrotu ze swymi łożyskami schodzą ze swych podpór, t. j. stają się zupełnie odciążonymi i nacisk skrzydeł przenosi się tylko na przeguby podporowe i kluczowy.



Rys. 6. Ustrój przegubu kluczowego.

W ten sposób zastosowanie łuków trójprzegubowych w mostach obracalnych około osi poziomej sprowadza się do zmiany momentu przeciwwagi względem osi obrotu, zapomocą zdjecia części obciążenia ze skrzydeł równowagowych, albo zapomocą zbliżenia, względnie oddalenia od osi obrotowej punktu zaczepienia przeciwwagi. Mając jednak możność zmieniać moment przeciwwagi względem osi obrotowej, musimy zabezpieczyć zachowanie odpowiedniego luzu w kluczu pomiedzy skrzydłami mostu, gdy skrzydła spoczywają na osiach obrotu i przeguby podporowe dotykają zaledwie swych łożysk.

Wielkość luzu w kluczu w chwili oparcia się przegubów podporowych o ich łożyska winna być przyjęta w zależności od ustroju przegubu kluczowego. Obrót skrzydła około pre-



Rys. 7. Inny ustrój przegubu kluczowego.

gubu podporowego powinien być taki, aby zachodziło nie tylko rozłączenie w kluczu obu skrzydeł, lecz nadto, aby jedno ze skrzydeł można było podnieść, nie podnosząc jedno-

wcześnie drugiego. Luz ten zależy jednakże nie tylko od obrotu skrzydeł koło przegubów podporowych, lecz również i od sprężystego ugięcia się skrzydeł w kluczu, a raczej od różnicy ugięć sprężystych w kluczu skrzydeł, pod wpływem obciążenia stałego, gdy skrzydła pracują jako łuk i jako wspornik. Przy wychodzeniu skrzydeł z układu łuku tróiprzegubowego, w chwili obrotu koło przegubu podporowego, klucz każdego skrzydła początkowo obniża się, wskutek obciążenia ogonów przez dodatkowe części przeciwwag i wskutek zmiany łukowego układu przęsła na układ belkowo-wspornikowy, a potem dopiero następuje obrót dokoła przegubów podporowych i rozłączenie skrzydeł w kluczu. Oprócz dwóch wyżej wskazanych czynników, przy obliczaniu luzu w kluczu winno być wzięte jeszcze pod uwagę wydłużenie skrzydeł skutkiem wzrostu temperatury do $+40^{\circ}\text{C}$.

Mając wielkość tego luzu, nietrudno obliczyć kąt obrotu skrzydła koło przegubu podporowego dla otrzymania tego luzu, mając zaś kąt obrotu, z łatwością już można obliczyć luz, jaki winien mieć miejsce pomiędzy łożyskami osi obrotowej a siódmami, na których łożyska te spoczywają.

Przy konstruowaniu łożysk osi obrotowej według rys. 5, pochylenie płaszczyzny ab łożyska i jego siodełka do poziomu powinno być nieco mniejsze od pochylenia linii łączącej początkowe (oś obciążona) i ostateczne położenie środka osi obrotowej (oś zwolniona).

Ustrój przegubu kluczowego, według rys. 6, czy też 7, winien być taki, aby luz w kluczu pomiędzy skrzydłami, po ich obrocie około przegubu podporowego, był nie mniejszy od wartości a , otrzymanej według przytoczonych wyżej danych. Jednakże zwiększenie tego luzu ponad wymaganą wartość nie jest wskazane, gdyż od obrotu skrzydeł około przegubów podporowych zależy praca, jaką trzeba wykonać, ażeby zdjąć lub zawiesić napowrót zdjęte części przeciwwag (praca podklinowania mostu).

Im większy jest ten luz, tem praca podklinowania jest większa. Dlatego też przy konstruowaniu przegubu kluczowego winno się baczyć, ażeby zabezpieczając opór przegubu siłom tnącym, wgłębienie b jednej części przegubu i występ drugiej był możliwie niewielki (w moście Patacowym $a = 90\text{ mm}$). (d. n.).

Badania parowozów.

Metody i sposoby badania poszczególnych czynników pracy parowozu.

napisał prof. A. Czeczott.

(Ciąg dalszy do str. 231 w Nr. 20 r. b.).

Uwagi wstępne.

Doświadczenia dokonywane na różnych kolejach przez różnych autorów są o tyle różnorodne, że nie można bezpośrednio uznać programu któregośkolwiek z nich za najlepszy, a więc za godny naśladowania. Składają się na to różnice celów, ilość i jakość posiadanych środków pomiarowych, wreszcie różnice poglądów na metody omawianych badań. Mając przeto ustalić program badań parowozów, należy przedewszystkiem uprzytomnić sobie istotę badań tych wogóle, usystematyzować całą tę sprawę i wówczas wyjaśnić, jakie cele możemy, wzgl. powinniśmy sobie stawiać i jakimi sposobami możemy je osiągnąć. Aby ująć całokształt sprawy, wyjdziemy z założenia, obejmującego raczej bytu samego parowozu:

„Zadaniem parowozu jest przewóz pociągów pewnego składu na danym szlaku, z wyznaczoną szybkością, z najmniejszym zużyciem wody, paliwa i in. materiałów, danej jakości, z najmniejszymi wydatkami na obsługę oraz z zachowaniem wszystkich warunków bezpieczeństwa ruchu“.

Stąd wynikają następujące zagadnienia, których wyjaśnienie stanowi całokształt wszechstronnego zbadania parowozu.

- 1) Jaka jest wartość oporu, który parowóz musi przezwyciężyć podczas swego ruchu;
- 2) Jaka jest siła, którą parowóz może rozwinąć dla pokonania tego oporu, oraz jaki jest sposób najlepszego jej wyzyskania;
- 3) Jaki potrzebny jest rozchód wody i paliwa do wytworzenia tej siły i jakie są warunki najmniejszego zużycia tych materiałów;
- 4) Jakie warunki wpływają na rozchód innych materiałów i od czego one zależą, wreszcie
- 5) Jakie są warunki bezpieczeństwa ruchu, o ile są one zależne od parowozu.

Takie ujęcie zagadnienia badania parowozu wyjaśni, o ile dany parowóz odpowiada wymaganej od niego pracy, oraz da odpowiedź na inne zagadnienia dużej doniosłości praktycznej, jak to: jaki jest najwygodniejszy skład pociągu i szybkość jazdy, największa sprawność parowozu i t. p., wreszcie da możliwość prawidłowego obliczenia czasu biegu na szlakach przy ustaleniu rozkładów jazdy, norm zużycia paliwa i t. d.

Z wyliczonych wyżej zagadnień, trzy pierwsze są najważniejszymi a zarazem najpospolitszymi zagadnieniami ba-

dań, skutkiem czego ustalono już dla nich pewne wypróbowane metody, oparte na stosowaniu — po pierwsze, indykatorów — do określania pracy w cylindrach parowozu, powtóre — dynamometrów — do określania siły pociągowej na haku tendra. Przyrządy te i inne im podobne nie są jednak bezwzględnie potrzebne, a ponieważ stosowanie ich jest w każdym razie kosztowne, nadto niezawsze dostępne, przeto w dalszym ciągu podamy sposoby rozwiązania pierwszych dwóch kwestji, tak z użyciem tych przyrządów, jak też bez nich, co w niektórych wypadkach stanowi o charakterze samych badań i ich programie, zależnym oczywiście od posiadanych przyrządów. Tu należy nadmienić, że stosowanie dynamometru jest zwykle związane z użyciem specjalnego wagonu dynamometrycznego, który jednocześnie nadaje się do najdogodniejszej obserwacji innych zjawisk pracy parowozu. Zapomocą różnych przyrządów, jak naprz. szybkościomierzy i innych, dających możliwość obserwowania w wagonie zjawisk, odbywających się na parowozie.

Badania indykatorowe i dynamometryczne nadają się do pomiarów wartości chwilowych, a więc do jazdy przy zmiennych warunkach, i wobec tego najczęściej są używane. Natomiast zagadnienie (3), dotyczące rozchodów wody (ewent. pary) i paliwa, jak już zaznaczyliśmy, wymaga dla dokładnego zbadania specjalnych metod jazdy, nie zawsze możliwych, przeto zmusza w zwykłych warunkach bądź do ograniczenia się do przeciętnych wyników, bądź do wątpliwej wartości, bądź do niezbyt dokładnych danych, o charakterze nawpół doświadczalnym, nawpół teoretycznym. Uzyskanie zaś ścisłych wyników jest połączone z szeregiem dodatkowych, zawsze bardzo mozolnych, obserwacji i obliczeń. Główną cechą tych pomiarów stanowi konieczność różnorodnego kalibrowania przyrządów i obserwacji czasu działania odnośnych urządzeń lub trwania zjawisk, co wymaga, aczkolwiek zasadniczo prostych, ale uciążliwych i mimo to niezupełnie ścisłych manipulacji.

Zanim jednak przystąpimy do omówienia szczegółowego projektu urządzeń i organizacji badania powyższych zagadnień, musimy sobie przypomnieć ogólny związek, jaki istnieje pomiędzy wartościami poddawaniemi badaniom, oraz wynikające stąd metody poszczególnych badań.

A. Siła pociągowa i opory.

Otóż przedewszystkiem należy zauważyć, że siła pociągowa i opór pociągu, mimo że są całkiem różnej natury, muszą być zawsze w odpowiednim stosunku do siebie,