

C  
Nr 6064  
Technika Warszawska

# OBSERWACYE

nad chwilowemi odkształceniami budowy wierzchniej toru

na drodze żelaznej Warsz. - Wiedeńskiej.

P O D A Ł

Aleksander Wasiutyński, inż. dróg kom.

---

Odbitka z „Przeglądu Technicznego“.



WARSZAWA

*Druk Rubieszewskiego i Wrotnowskiego, Nowy-Świat 34.*

1899.

# OBSERWACYE

nad chwilowemi odkształceniami budowy wierzehniej toru

na drodze żelaznej Warsz. - Wiedeńskiej.

P O D A Ł

Aleksander Wasiutyński, inż. dróg kom.

Odbitka z „Przeglądu Technicznego”.



WARSZAWA

*Druk Rubieszewskiego i Wrotnowskiego, Nowy-Świat 34.*

—  
1899.

BIBLIOTEKA  
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ  
Warszawa, ul. Politechnicznej 1

~~e. 6064.~~

Дозволено Цензурою.  
Варшава, 8 Декабря 1898 г.



м. 99

~~183/11541D~~

---

100.9

### *Cel i znaczenie obserwacji.*

Jedno z najważniejszych zadań inżynierii polega na wyznaczeniu sił, działających na budowlę, oraz pracy, pod wpływem tych sił przez budowlę wykonywanej. Dwie drogi prowadzą do rozwiązania tego zadania: droga teorii i opartej na niej obliczenia i droga bezpośredniej obserwacji sił, jako przyczyn zjawiska, i obserwacji odkształceń, jako skutków działania sił.

Odnosnie do wierzchniej budowy toru, teoretyczna metoda badania napotyka dotychczas niepokonane trudności. Prace Winklera, Schwödlera, Zimmermanna, Löwego, Cholodeckiego i innych, doprowadziły jedynie do przybliżonego rozwiązania najprostszych wypadków tego nader trudnego zadania, pomijając nawet tę okoliczność, że stosowane do obliczenia wielkości sprężystości i wytrzymałości niektórych materiałów budowy wierzchniej zbyt mało są jeszcze zbadane.

Trudność teoretycznego rozwiązania kwestyj, odnoszących się do wytrzymałości budowy wierzchniej, wynika po części wskutek konstrukcyjnych osobliwości toku szynowego, bezpośrednio podlegającego działaniu taboru ruchomego, jak również wskutek sprężystości podpór toku, a mianowicie podkładów, spoczywających na sprężystym fundamencie i podlegających wygięciu. Wygięcie szyny wskutek działania sił pionowych i poziomych, przechylenie się i skręt tejże wskutek pochylenia wewnątrz toru, nieunikniona przerwa toku w stykach, niewystarczające wreszcie i po większej części nieokreślone działanie lasz lub innych systemów połączeń — oto przyczyny poważnych trudności przy obliczaniu.

Jednakże nadzwyczaj ważnem jest wyznaczenie wpływu sprężystości balastu, wygięcia podkładów i sposobu ich rozłożenia na wytrzymałość budowy wierzchniej.

Obliczenie wskazuje, że stopień sztywności podpór, na których spoczywa szyna, wywiera w znacznym stopniu wpływ na pracę tak samej szyny, jak róż-

wniez połączeń w stykach. Jednostajne osiadanie toku pod wpływem obciążenia, zależne przeważnie od rozkładu podkładów i niezbędne do spokojnego ruchu, ważne jest jeszcze z tego względu, że od niego, jak również od ogólnej sztywności toru, zależy nadmiar obciążenia pojedynczych osi i kół taboru, a nadmiar łaki wywiera silny wpływ na wielkość dynamicznego obciążenia toru.

Tymczasem wyniki teoretyczne w tych kwestiach tylko po części oparte są na doświadczeniach, głównie zaś na mało dokładnych obliczeniach i różnych przypuszczeniach.

Wobec tego, wyznaczenie pracy budowy wierzchniej drogą obserwacji uzyskuje doniosłe znaczenie, gdyż pozwala ono nie tylko sprawdzić otrzymane teoretyczne wyniki, lecz także w tych wypadkach, gdy teoria staje się bezsilną, dostarcza najpewniejszych i możliwych do bezpośredniego stosowania w praktyce rezultatów.

Istotną pracą części składowych budowy wierzchniej z największym prawdopodobieństwem może być wyznaczona na zasadzie obserwacji nad chwilowymi odkształceniami takowych pod wpływem sił działających. Stałe zmiany, pochodzące od tych sił, świadczą tylko, że napięcie materiału pojedynczych części przekroczyło granicę sprężystości, dają więc, że tak powiem, obraz zniszczenia, lecz nie pouczają, w jaki sposób i dla jakich przyczyn ono nastąpiło.

Obserwacje, mające na celu wyznaczenie pracy budowy wierzchniej, powinny oczywiście obejmować wszystkie jej części, jako to: szyny, połączenia, podkłady i balast, a oprócz tego nie mogą ograniczyć się na pewnej tylko części długości, lecz muszą obejmować całe przesło toru i styk szyn.

#### *Przyrządy, stosowane do wyznaczenia chwilowych odkształceń.*

Obserwowanie chwilowych odkształceń nie jest zbyt łatwe. Nieznaczne, prawie nieuchwytnie dla oka ruchy pojedynczych części budowy wierzchniej podczas przejścia taboru, bezpośrednio zmierzyć się nie dają: niezbędne są specjalne przyrządy, pozwalające w jakikolwiek sposób ruchy te utrwalić. Pomijając dokładny opis tych przyrządów, wspomnę tu tylko, że najprostszy z nich zastosowany był przez inż. Flanache'a na belgijskich drogach żelaznych. Składał się on z drążka nierównoramiennego, którego krótkie ramię podsuwało się pod główkę szyny, dłuższe zaś zaopatrzone było w ołówek, przeznaczony do wykreslania w powiększonej skali dyagramu drgań szyny na walcu, poruszonym za pomocą mechanizmu zegarowego. Walec i oś drążka przymocowywano do palika, wbitego w balast w pobliżu szyny.

Następnie Coillard dla obserwacji, dokonywanych na drodze żelaznej Paryż - Lyon - Morze Śródziemne, używał przyrządu pneumatycznego. Długa rura gutaperkowa z obydwóch końców zamykała się błonami, z których jedna przejmowała drgania punktu obserwowanego, druga zaś, powtarzając te drgania, wykreslała, za pomocą ostrza, dyagram na walcu, pokrytym warstwą sadzy.

W Rosji pierwsze tego rodzaju obserwacje poczynił inż. Stecewicz na drogach żelaznych Tambowsko - Saratowskiej i Bałtyckiej, za pomocą przyrządu własnego wynalazku. W ogólnych zarysach przyrząd ten zbliżony jest do przyrządu Coillard'a, z tą jednak różnicą, że transmisja w nim jest nie pneumatyczna, lecz hydrauliczna.

Wszystkie wspomniane przyrządy, a osobliwie dwa ostatnie, odznaczają się bardzo dowcipnem obmyśleniem szczegółów, niestety jednak posiadają wady

nieodłączne w pewnym stopniu od wszelkiej transmisji, a mianowicie: bezwładność łukowej, rozszerzanie wskutek zmian temperatury i t. p. W celu usunięcia błędów, pochodzących od tych przyczyn, wprowadzają się poprawki; te jednak, choćby najdokładniejsze, nie są w stanie zupełnie usunąć błędów we wskazówkach przyrządów. Nie mniej poważną wadę tych przyrządów stanowi ich konstrukcja, wymagająca, aby ta część, która bezpośrednio otrzymuje drgania obserwowanego punktu, miała podstawę w bliskości tego punktu. Jeżeli chodzi o względne przemieszczenie pojedynczych części budowy wierzchniej, wtedy wada ta nie daje się tak bardzo odczuwać; w pewnych jednak wypadkach, jak to zobaczymy następnie, prowadzi ona do wniosków fałszywych.

Na V-ej sesji międzynarodowego kongresu kolejowego w Londynie w roku 1894 opisany został w memoriale inż. Ast'a oryginalny przyrząd, zastosowany do obserwacji, na drodze żelaznej Północnej Austriackiej. Dyagramy drgań w tym przyrządzie otrzymują się drogą fotograficzną, czyli bez pomocy jakiegokolwiek transmisji, w zwyczajnem tego wyrazu znaczeniu. W tym celu używa się kamera fotograficzna, wewnątrz której przesuwa się równomiernie, za pomocą mechanizmu zegarowego, w kierunku poziomym, czuła na światło płytka, na którą pada światło przez wąziutką (0,3 mm) szparkę pionową. W obserwowanym punkcie umocowuje się poziomo linijka metalowa z błyszczącym odszlifowanym kantem, którego obraz w przecięciu ze szparą pionową daje na płycie punkt świetlny. Wskutek pionowych drgań punktu i poziomego przesuwania się płytki, na ostatniej otrzymuje się dyagram drgań. Prócz tego w przyrządzie nawprost górnej części płytki jest jeszcze jeden otwór, który co  $\frac{1}{2}$  sekundy kolejno zakrywa się i odkrywa. Dzięki temu na dyagramie drgań otrzymuje się szereg poziomych pasów jasnych i ciemnych, służących do wyznaczenia szybkości ruchu.

Przyrząd taki ustawia się w pobliżu toru na mocnym fundamencie, izolowanym od otaczającego gruntu.

Mając na widoku istotne zalety sposobu obserwacji zapomocą fotografii, postanowiono go zastosować na drodze żelaznej Warszawsko-Wiedeńskiej.

Jednakże, po bliższem obznajmieniu się z przyrządem Ast'a, wypadło zauważyć w nim następujące wady:

1) Przyrząd ten musi być ustawionym na nieruchomym fundamencie w taki sposób, ażeby odległość obiektywu od szyny wynosiła 0,70 m. Fundament taki urządzano w jednym wypadku, jako filar mурowany wysokości 8 m, stojący swobodnie na dnie studni o takiej samej głębokości, w innym znów wypadku — na palach, izolowanych do pewnej głębokości od otaczającego je gruntu. Ponieważ niepodobna było budować takie fundamenty zbyt blisko toru, odsuwały się więc one do 7,5 m, przyrząd zaś umieszczano na długich belkach, wspartych pośrodku i podtrzymujących na jednym końcu przyrząd, którego waga zrównoważoną była ciężarem, umieszczonym na drugim końcu. Dość znaczna waga przyrządu i sprężystość belek pozwalały spodziewać się, że wstrząśnienia, którym mógłby ulegać fundament, pomimo znacznej głębokości i silnej konstrukcyi, nie dosięgną przyrządu. Bez względu na oddalenie fundamentu od szyn do 7,5 m, położenie samego przyrządu wymagało zbudowania muru oporowego, podtrzymującego nasyt kolejowy. Oddalić zaś przyrząd od szyn więcej niż o 0,7 m niepodobna było z tego powodu, że już nawet w tym wypadku długość kamery fotograficznej, przy skali dyagramów 3:1, otrzymuje się dość duża:  $3 \cdot 0,70 = 2,10$  m.

2) Wskutek przytoczonych powyżej warunków, przyrząd musiał pozosta-

wać w położeniu niezmiennem, wskutek czego obserwacje mogły być dokonywane na niewielkiej przestrzeni toku szynowego, np. w pobliżu styku.

3) Dla obserwacji trzeba było wybierać dni jasne, słoneczne, ponieważ w przeciwnym razie, pomimo użycia silnych obiektywów, siła światła, wskutek szybkiego ruchu kliszy i potrójnego powiększania, była niewystarczająca.

#### *Przyrządy drogi żelaznej Warszawsko-Wiedeńskiej.*

W celu uniknięcia przytoczonych wad, podałem myśl, aby zastosować do przyrządu tak zwane teleobiektywy, słabe wprawdzie pod względem świetlnym, lecz dogodne bardzo pod innymi względami, w celu zaś otrzymania należytego efektu świetlnego — umieścić w punktach obserwowanych wypukłe zwierciadła, silnie oświetlane światłem elektrycznym lub słonecznym.

Pod nazwą teleobiektywu znany jest system optyczny, składający się z dwóch grup szkieł, z których tylna, rozpraszająca, może być w miarę potrzeby zbliżaną lub oddalaną od przedniej, skupiającej promienie świetlne, dzięki czemu zapomocą teleobiektywu można otrzymywać zdjęcia fotograficzne z większej odległości, w dużej skali.

Urzeczywistnienie tej myśli polecane zostało inżynierowi chemikowi p. Lebedzińskiemu, fabrykantowi przyrządów fotograficznych w Warszawie, który też zbudował, według obstalunku zarządu drogi żelaznej Warszawsko-Wiedeńskiej i otrzymanych odemnie wskazówek, dwa przyrządy fotograficzne następującej konstrukcyi <sup>1)</sup>:

Rura mosiężna  $ab$  (rys. 1 i 2) długości 1,18 m i średnicy 9 cm, zaopatrzona jest z przodu w obiektyw  $a$ , skupiający promienie świetlne i dający zmniejszony obraz przedmiotu, który następnie powiększa się zapomocą mikroskopu, umieszczonego w pośrodku rury i przesuwanego przy pomocy kremalier  $c$ .

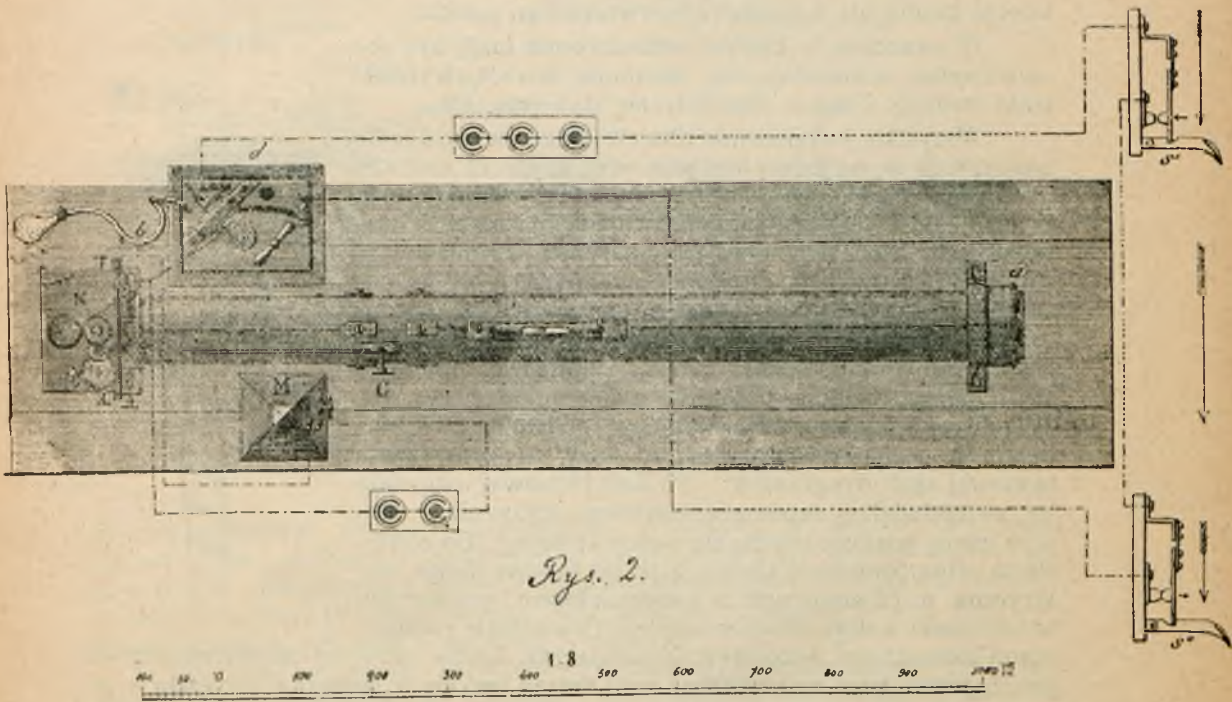
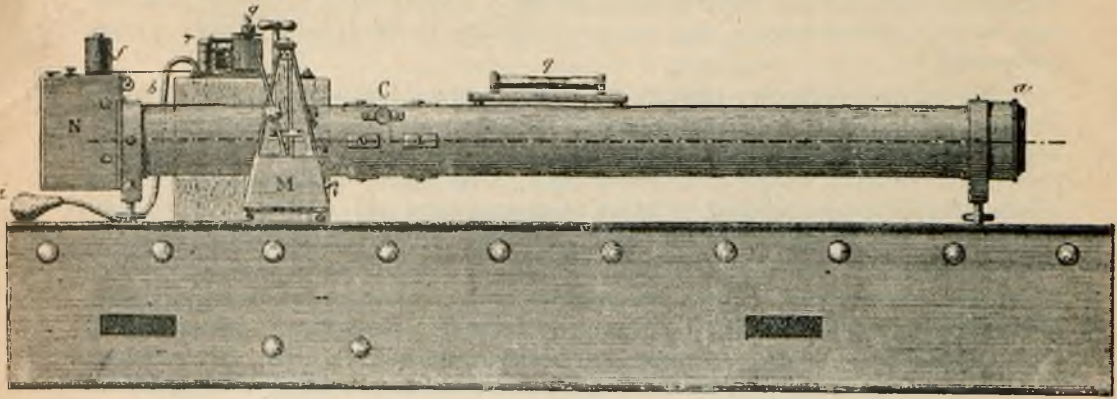
Do tylnej części rury przymocowywa się kasetka  $N$ . W zwróconej do rury ścianie tej kasetki zrobiona jest szpara (rys. 3<sup>a</sup> i 3<sup>e</sup>), przez którą promienie świetlne padają na czułą błonkę (Eastman's transparent film). Ta ostatnia ma kształt wstęgi długości 8 m i szerokości 0,12 m, wprowadza się zaś w ruch zapomocą umieszczonego przed samą szparą pionowego walca z rowkami  $v$ , do którego wstęga przyciska się z boków dwoma walcami mniejszymi  $z'$  i  $z''$ . Ażeby obraz przedmiotu na błonkę, czulej na światło, otrzymać w potrójnej skali, odległość przedmiotu od obiektywu  $a$  powinna wynosić 3,45 m.

Pionowy walec, przesuwany błonkę, wprowadza się w ruch zapomocą osobno stojącego mechanizmu zegarowego  $d$  (rys. 1 i 2) w ten sposób, że na osi walca obsadzony jest zewnątrz kasetki bębenek  $f$ , z nacięciem śrubowym, na które nawinięta jest gruba nitka jedwabna. Koniec nitki przyczepia się do bębna  $g$  mechanizmu zegarowego, który, obracając się, pociąga za sobą nitkę i w ten sposób przesuwa błonkę z szybkością, mogącą zmieniać się w granicach od 5 do 25 cm na sekundę.

W kasetce znajduje się także mechanizm  $k$  (rys. 3<sup>b</sup>) do rachowania ilości obrotów walca i urządzenie  $p$  do oznaczania końca każdego zdjęcia. W ścianie kasetki, zwróconej do rury, w górnej części, zrobiony jest jeszcze jeden wąski otwór, zakrywany i odkrywany kolejno kotwicą małego elektromagnesu  $h$ . Ten ostatni łączy się z metronomem  $M$  (rys. 1 i 2), bijącym pół sekundy. Dzięki

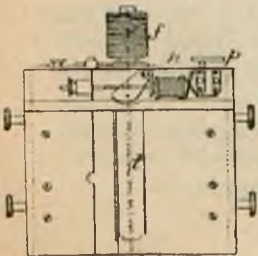
<sup>1)</sup> Detale przyrządów opracowane zostały przez p. Lebedzińskiego. Ponieważ prócz tego przekonano się, że znajdujące się w sprzedaży teleobiektywy dają nie dość wyraźny obraz przedmiotów, p. Lebedziński zaprojektował specjalną kombinację szkieł, co zostało uwiecznione pomyslnym skutkiem

Rys. 1.

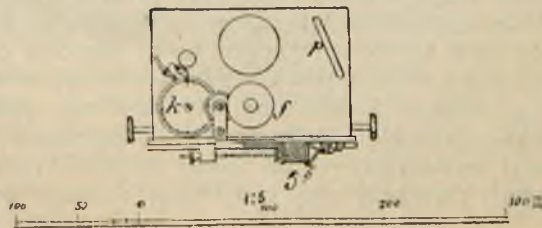


Rys. 2.

Rys. 3a.



Rys. 3b.



Rys. 3c.





temu w górnej części zdjęć otrzymuje się linię przerywaną, to jasną to ciemną, wskazującą czas trwania obserwacji i zarazem kontrolującą prostoliniowość ruchu błonki. Grundwaga  $q$  daje możliwość ustawienia przyrządu w płaszczyźnie poziomej.

Mechanizm zegarowy puszcza się w ruch przez ściśnięcie gruszki kulperkowej  $i$ , lecz bębenek  $g$ , będąc swobodnie osadzony na swej osi, pozostaje w spokoju, dopóki nie nastąpi złączenie go z osią. Złączenia dokonywa elektromagnes  $r$ , podnosząc bębenek do góry, a wtedy zęby, znajdujące się w górnej części bębna, zczepiają się z zębami, w które oś zaopatrzona jest u góry. W ten sposób unika się nierównomiernego przesuwania się błonki na początku jej ruchu.

Połączenie i rozłączenie bębna z osią, na której jest obsadzony, a więc wprowadzenie w ruch i wstrzymanie ruchu błonki dokonywa się automatycznie pierwszą osią nadchodzącego parowozu za pomocą kontaktów elektrycznych, umieszczonych w obydwóch końcach obserwowanego dystansu. Na zasadzie wiadomej odległości między kontaktami i czasu trwania obserwacji, nie trudnem jest wyznaczyć szybkość biegu pociągu, jak również w danej chwili określić położenie każdej osi względem obserwowanego punktu.

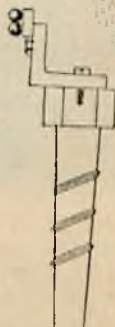
W punktach, w których odkształcenia mają być obserwowane, umocowują się za pomocą śrubek wypukłe kulki średnicy 3 mm z odszlifowanej stali (rys. 4<sup>a</sup>).

Wszystkie jednocześnie obserwowane zwierciadła umieszczają się na jednej linii pionowej, aby mieć możliwość określenia względnego położenia punktów według czasu. W tym celu zwierciadła umocowują się na małych kontownikach, które za pomocą trzech śrubek przymocowują się do obserwowanych punktów, przenosząc je w ten sposób na pewną odległość. Śrubki, przytwierdzające kontowniki, urządzone są w ten sposób, że środkowa przyciąga kontownik do szyny, dwie zaś krańcowe, opierając się o szynę, regulują położenie zwierciadła (rys. 4<sup>b</sup>). W jednym z punktów umocowuje się podwójne zwierciadło w postaci dwóch kulek, co służy do sprawdzania pionowej skali dyagramów. Po linii pionowej ustawiają się zwierciadła za pomocą osobnego kątownika, którego ramię poziome opiera się o główkę szyny. Do oświetlenia służą promienie słońca, albo też łukowa lampa elektryczna o 12 amperach z kondensatorem, postawiona w odległości 4 stóp od zwierciadeł. Oświetlenie promieniami słonecznymi, bezpośrednio padającymi, lub też odbitymi od zwierciadła, nie jest dogodnie, gdyż rozporządzać nimi można jedynie w jasne dni, a zresztą w pewne godziny, jak również dlatego, że zmieniają one swój kierunek i zakrywają się często przez cień od taboru. Dla tych przyczyn na kolei żelaznej Warsz.-Wiedeńskiej obserwacje dokonywane były prawie wyłącznie przy oświetleniu elektrycznym. Silne oświetlenie wypukłego zwierciadła wywołuje na szkłe malowem, ustawionem w kasetce przyrządu, jasno świecący punkt, który też jedynie odbija się na czulej błonce, podczas gdy reszta zwierciadła i przedmioty je otaczające, nie posiadając dostatecznej siły świetlnej, pozostawiają na błonce, z powodu jej szybkiego ruchu, ślady prawie niedostrzegalne. Wspominałem już, że dla obserwacji, dokonywanych na drodze żelaznej Warszawsko-Wiedeńskiej, sporządzone zostały dwa przyrządy konstrukcji opisanej poprzednio.

Rys. 4a.



Rys. 4b.

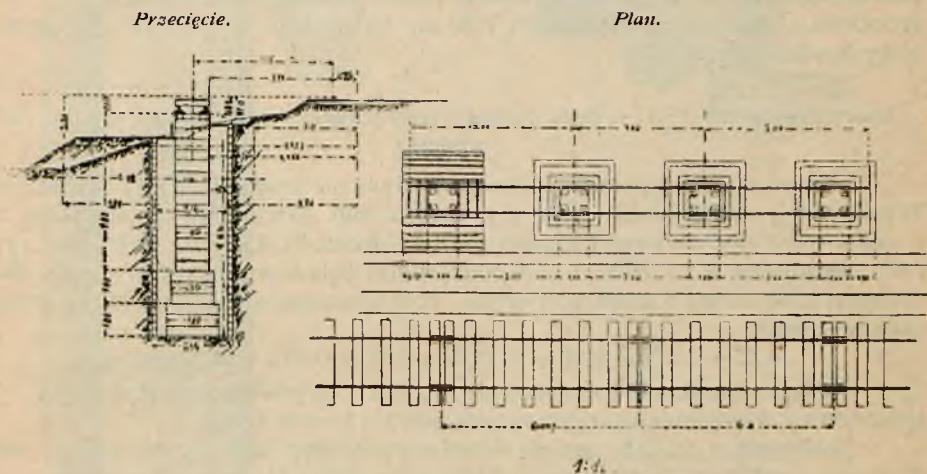


*Urządzenie fundamentów dla przyrządów.*

Fundamenty do tych przyrządów urządzone były w następujący sposób (rys. 5): W odległości 4,25 m od zewnętrznej szyny linii i w odległości wzajemnej 4 m od osi, wykopano cztery studnie o głębokości 7,40 m od górnej powierzchni szyn i o przekroju w planie 2,14 m . 2,14 m. W studniach tych wymurowano z cegły na zaprawie cementowej filary o przekroju 1,6 m . 1,6 m (u podstawy) i 1 m . 1 m (w górnej części). Co 5 rzędów cegły układano warstwę wojłoku. W ten sposób pomiędzy filarami a ścianami studni pozostawała przestrzeń, niezem nie zapelniona, ruch więc gruntu udzielać się mógł filarom jedynie przez ich podstawy.

Na powierzchni górnej (rys. 5 i 6) filarów ustawiono stalowe poduszki, które przytwierdzono do filarów wmurowanemi w nie bolcami. Do poduszek zapomoć lasz przymocowano parę szyn, na których spoczęły i po których mo-

Rys. 5. Rysunek fundamentów dla przyrządów do obserwowania chwilowych odkształceń budowy wierzchniej.



gły się przesuwac podstawy przyrządów. Podstawy te składały się każda z trzech żelaznych belek, znitowanych w kształcie litery II i ważyły około 8 pudów każda. Do podstawy takiej przymocowywano przyrząd czterema śrubami, przytem wysokość przyrządu można było zmieniać zapomoć trzech śrub mikrometrycznych, umieszczonych obok pierwszych.

Tak więc połączenie przyrządu z murowanym fundamentem było wyłącznie metaliczne i zupełnie sztywne. Przyrząd cały również zbudowany jest z mosiądzu grubego. Obserwujący nie dotyka się ani do fundamentu, ani do przyrządu podczas jego działania, a jedynym łącznikiem pomiędzy obserwowującym a przyrządem jest giętka rurka gutaperkowa, przy pomocy której, na pewien czas przed rozpoczęciem obserwacji, puszcza się w ruch mechanizm zegarowy.

Powyżej opisane urządzenie fundamentów dawało możność przesuwania przyrządów równolegle do szyn na przestrzeni 14 m, a więc prowadzenia obserwacji na przestrzeni całego przęsła szyn nowego typu (długości 12 m), jak również części przęsła, sąsiednich z dwoma obserwowanymi stykami. W celu współczesnego działania obu przyrządów, włączały się one we wspólny obwód elektryczny, t. j. posiadały wspólne kontakty na linii i wspólny metronom.

Wskutek tego czas trwania obserwacji dla obydwóch przyrządów był jednakowy, a uderzenia metronomu co  $\frac{1}{2}$  sekundy odznaczały się jednocześnie na obydwóch diagramach.

Miejsce, obrane do dokonywania obserwacji, znajduje się na 4-cj wiorście linii głównej obok toru № 2 (pociągów przychodzących). Linia w tem miejscu ciągnie się na nasypie wysokości około 1,5 m, czyli 0,75 saż., w kierunku prostym i z niewielkim spadkiem. Nasyp zrobiony był w r. 1840 i według dokonanego wiercenia składa się z gliny ze znaczną domieszką piasku. Po linii tej kursuje na dobę 16 pociągów pasażerskich (włączając kurierskie i pospieszne) i 12 towarowych; szybkość pociągów pasażerskich dochodzi do 60 wiorst na godzinę, szybkość zaś towarowych bywa niewielka, wskutek bliskości stacji towarowej. W ten sposób obserwacje mogły być dokonywane z niewielkimi przzerwami, niezbędnymi do przestawienia i sprawdzenia przyrządu.

W miejscach obranych do urządzenia fundamentów dla przyrządów, zrobiono otwory wiertnicze, które wskazały, że do 10 m głębokości od powierzchni szyn znajduje się drobny piasek, po większej części z domieszką mułu. Na głębokości 6,50 m trafia się na grubszy piasek z kamieniami i na glinę. Woda gruntowa zjawia się na głębokości 7,40 m, na tej więc głębokości założone zostały fundamenty.

*Obserwacje roku 1897 i typy budowy wierzchniej, nad któremi się one dokonywały*

Obserwacje, rozpoczęte w roku zeszłym na drodze żelaznej Warszawsko-Wiedeńskiej, dokonywane były z początku nad dawniejszą konstrukcją toru, a mianowicie nad szynami długości 6 m, ważącemi 31,45 kg na metr. bież. (rys. 6 i 6<sup>a</sup>), ułożonemi w r. 1879, i nad podkładami dębowymi o przekroju 15 . 25 cm, długości 2,44 m, po 8 sztuk pod szyną, rozmieszczonemi wzdłuż szyny w następujący sposób:

$$0,25 + 0,675 + 0,80 + 3 \cdot 0,85 + 0,80 + 0,675 + 0,25 = 6 \text{ m.}$$

Siodełka (podkładki) znajdowały się tylko na podkładach stykowych. Typ ten budowy wierzchniej nazywany jest poniżej typem I-ym.

Następnie w miejsce sześciu 6-metrowych szyn tego typu ułożone zostały 3 przęsła szyny typu 38 kg na metr bieżący (rys. 7), długości 12 m każde, na 16 podkładach o tej samej, co poprzednio, długości i przekroju, rozmieszczonych wzdłuż szyny w następujący sposób:

$$0,25 + 0,55 + 13 \cdot 0,80 + 0,55 + 0,25 = 12 \text{ m.}$$

Szyny tego typu ułożono z klinowemi siodełkami na każdym podkładzie, przytwierdzone doń trzema hakami. Obserwacje dokonywały się na przestrzeni przęsła środkowego. Ten typ budowy wierzchniej nazywać będziemy dalej typem II-gim<sup>1)</sup>.

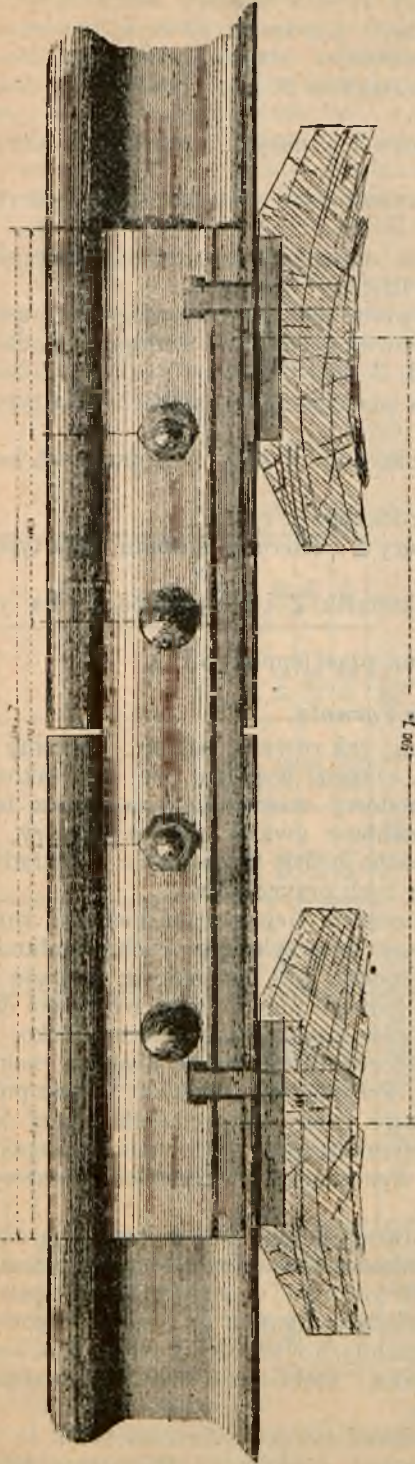
Przy następnych obserwacjach zmianie uległa najprzód długość podkładów obok tej samej, co poprzednio, ich liczby, a mianowicie: w dawniejszych miejscach ułożone zostały podkłady długości 2,70 m (typ III), następnie zaś te same dłuższe podkłady rozmieszczono w następujący sposób:

$$0,125 + 0,55 + 0,65 + 11 \cdot 0,85 + 0,65 + 0,55 + 0,125 = 12 \text{ m,}$$

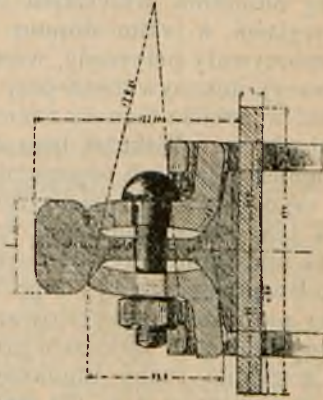
czyli stykowe podkłady zostały przesunięte aż do wzajemnego zetknięcia (typ IV).

<sup>1)</sup> Całkowity projekt tego typu budowy wierzchniej przytoczony jest w artykule inż. Wasiutyńskiego: „Nowy typ szyny stalowej drogi żelaznej Warsz. - Wiedeńskiej”, Przegląd Techniczny z r. 1898, Nr. 29 do 34.

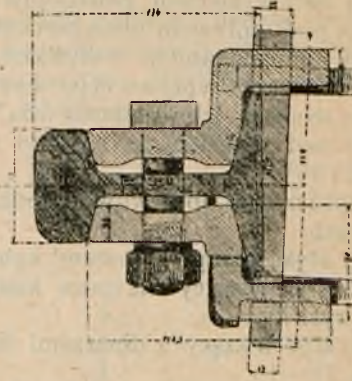
Rys. 6. Styk z kątowymi laszami dla szynu, wążących 31,45 kg metr bież., ze strony zewnętrznej.



Rys. 6a



Rys. 7.



Przekroje w stykach dla szynu wagi 31,45 kg na m. bież.  
dla szynu wagi 38 kg na m. bież.

Przy wszystkich wymienionych czterech typach budowy wierzchniej balast pozostawał ten sam i składał się z grubego piasku ze żwirem, zawierając prócz tego, wskutek częstego podbijania podkładów, znaczną domieszkę ziemi. Grubość warstwy balastu wynosiła pod podkładem 20 *cm*. Obserwacje dokonywane były następujące:

1) nad ściśliwością budowy dolnej toru, t. j. nasypu i gruntu pod nim na różnych głębokościach;

2) nad ściśliwością balastu, w celu wyznaczenia współczynnika tegoż (typ II i III);

3) nad wygięciem podkładów, w celu określenia kształtu linii sprężystej wygięcia pod wpływem obciążenia (typ II i III);

4) nad osiadaniami wszystkich podkładów pod jednym przęsłem szyny, w celu określenia wpływu typu szyny, jak również rozkładu i długości podkładów, na wielkość ich osiadania (dla typów I, II, III i IV) — i

5) nad ugięciem szyny nad każdym podkładem i w stykach (dla typów I, II, III i IV).

Oprócz tego obserwowano odkształcenia styków przy następujących konstrukcjach:

1) styk wiszący z laszami kątowymi (dla typu I, rys. 6),

2) styk wiszący z laszami kształtu litery **Z** i czterema śrubami (dla typów II i III, rys. 7),

3) styk wiszący z dłuższymi laszami kształtu **Z** i 6-ma śrubami (dla typu III, rys. 7) — i

4) styk na dwóch podkładach z laszami płaskimi (typ IV).

#### *Ściśliwość nasypu i gruntu.*

Wyznaczenie ściśliwości gruntu nasypu, jak również balastu, jakieśmy to już zauważyli, niezmiernie jest ważne z tego względu, że od takowej zależne są natężenia wszystkich części budowy wierzchniej; a prócz tego jeżeli się wyjaśni, w jakim stopniu za nieruchome uważać można podpory, na których spoczywały przyrządy, wówczas można będzie wnioskować o dokładności obserwacji, dokonywanych przy pomocy tych przyrządów.

Grunt w pobliżu toru na znacznej przestrzeni ulega wstrząśnieniom, mniej lub więcej silnym. Wskutek tego, obserwacja bezwzględного ruchu fundamentów, zapomocą opisanych poprzednio przyrządów, jest niemożliwa; wypada zadowolnić się obserwacją ruchu względnego jednego fundamentu względem drugiego. W tym celu na jednym z fundamentów umocowano zwierciadełko, na drugim zaś ustawiono przyrząd, zapomocą którego zdejmowano diagram ruchów zwierciadełka podczas przejścia pociągów. Przyrządowi nadawano dwa położenia: przy pierwszym, obserwowano pionowe ruchy zwierciadełka, przy drugim zaś — poziome w kierunku prostopadłym do toru. Otrzymane diagramy wykryły względne ruchy fundamentów, wynoszące w kierunku pionowym 0,15 *mm*, w poziomym zaś — 0,1 *mm*.

Przyjawszy pod uwagę, że ruchy obydwóch fundamentów powstają niejednocześnie, i że największe względne przemieszczenia odpowiadają krańcowym odchyleniom od normalnego położenia, skierowanym w strony wprost przeciwnie, wypada wywnioskować, że bezwzględne drgania przyrządu wynosiły w danym razie nie więcej od połowy przytoczonych wielkości, a więc — 0,075 *mm* w pionowym i 0,05 *mm* w poziomym kierunku. Dokładność wszystkich następujących obserwacji nie przechodzi tych granic.

Co się tyczy poruszeń gruntu na głębokości założenia fundamentów, to jest na głębokości 7,40 *m*, to mogły być one jeszcze większe skutkiem sprężystych

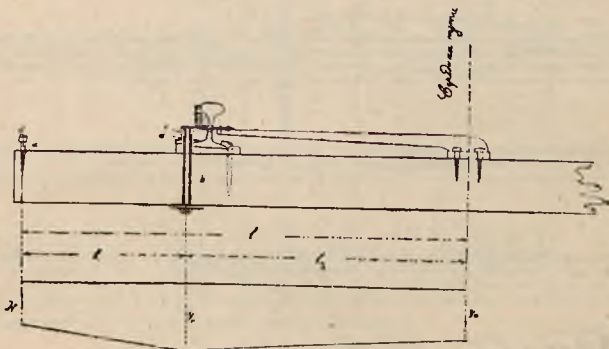
warstw wołoku, zastosowanych przy murowaniu filarów, które, jak się spodziewać należy, zmniejszyły wysokość drgań przyrządu.

W celu obserwowania osiadania nasypu na różnych głębokościach, wywiercono zapomocą świdra ręcznego tuż przy szynie, pomiędzy końcami podkładów, trzy otwory, głębokości 0,50, 1,00 i 1,50 *m*, w średnicy 4 cale, i zapuszczono w nie trzy rury żelazne o tejże średnicy i długości, tworząc w ten sposób trzy studnie. W dno każdej studni wbijano pręt z gazowej rurki żelaznej do głębokości 0,40 *m* poniżej dna studni. Do górnej, wystającej ze studni, części pręta przymocowywano zwierciadelko i zdejmowano diagram ruchów ostatniego podczas przejścia pociągu.

Otrzymane diagramy wykrywają sprężyste osiadanie nasypu nawet na głębokości 1,50 *m* od powierzchni balastu, co odpowiada w danym wypadku  $1,50 - 0,35 = 1,15$  *m* od powierzchni górnej nasypu. Wielkość największego osiadania nasypu podczas przejścia pociągów wynosiła:

na głębokości 0,50 <i>m</i>	. . . . .	1,2 <i>mm</i>
" "	1,00 "	. . . . . 0,8 "
" "	1,50 "	. . . . . 0,6 "

Rys 8.



#### *Wyznaczanie współczynnika balastu.*

Spółczynnik balastu wyznaczany był według metody, podobnej do tej, którą stosował Zimmermann przy obserwacjach, dokonanych na kolejach żelaznych alzacko-lotaryńskich. W tym celu obrano dwa środkowe podkłady jednego przęsła szyn i na każdym z nich—trzy punkty, charakterystyczne dla linii wygięcia, mianowicie pośrodku, obok szyny i na końcu podkładu. Podkłady te; jak również wszystkie podkłady obserwowanego dystansu, podbijano starannie, jednakże bez zbytej przesady, aby nie znalazły się one w warunkach wyjątkowych. Pośrodku obserwowanego podkładu przyśrubowywano gruby pręt (rys. 8), przechodzący swobodnie przez otwór, zrobiony w szynie.

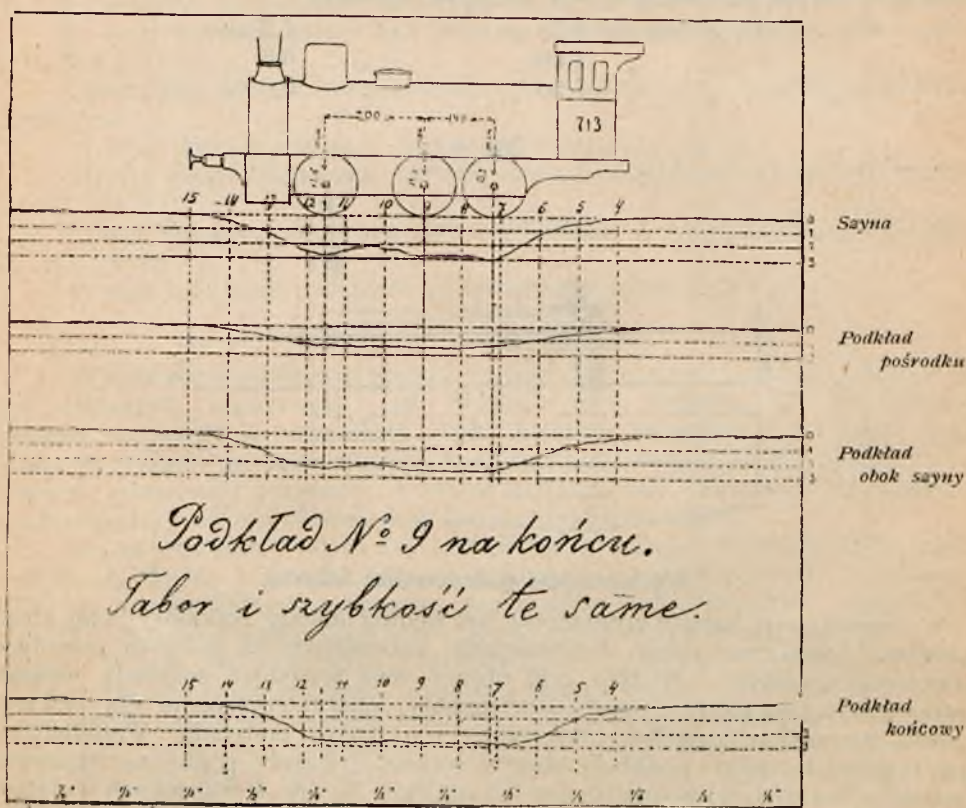
Dzięki takiemu urządzeniu można było zapomocą jednego przyrządu obserwować jednocześnie wygięcia środka podkładu, szyny i podkładu obok szyny. Aby otrzymać wygięcia końca podkładu, należało użyć drugiego przyrządu, gdyż wskutek nachylenia w tem miejscu linii wygięcia względem poziomemu, pręt, przeprowadzony od końca podkładu do szyny, dawałby oczywiście zupełnie fałszywe wskazówki.

Na końcu podkładu wkręcano śrubę *a*, średnicy  $\frac{1}{2}$  cala, do której przymocowywano zwierciadelko.

Oprócz tego zastosowano następujące urządzenie, służące do obserwowania osiadania podkładu pod szyną i mające na celu wyłączenie wpływu ściskania samego podkładu.

U brzegu podstawy szyny, z zewnętrznej strony toru, przepuszczono przez otwór w podkładzie śrubę *b* główką na dół. W górnej części tej śruby, czyli nad podkładem, nakręcono matkę *c*, pod którą założono przedtem pierścień sprężynowy *d*, wypychający śrubę do góry. W ten sposób zwierciadłko, przymocowane do górnej części śruby, powtarzało dokładnie ruchy podstawy podkładu. Pod główkę śruby i pod pierścień sprężynowy układano szerokie podkładki, aby uniknąć wżerania się takowych w podkład (rys. 8).

Rys. 9. Podkład Nr. 9. Szyna i podkład pośrodku i podkład obok szyny  
Szybkość parowozu 8 km na godzinę.



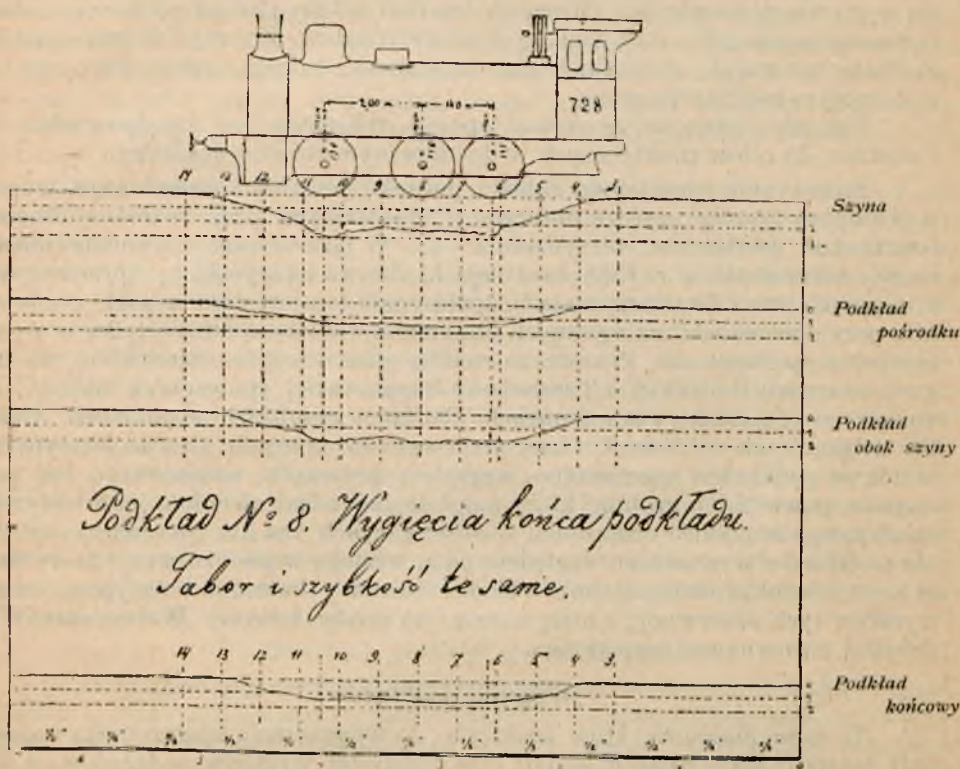
Szyny, ważące 38 kg metr bież., długości 12 m na 16 podkładach długości 2,44 m.

Diagramy osiadania podkładów (rys. 9 i 10) otrzymano, puszczając przez obserwowany dystans parowóz bez tendra z niewielką szybkością 3—10 wiorst na godzinę. Odległość pomiędzy krańcowymi osiami parowozu wynosiła 3,4 m, wskutek czego, przy szynach długości 12 m i przy umieszczeniu środkowej osi parowozu nad środkowym podkładem, osiadanie podkładów, jak wskazują diagramy, sięgało nie dalej, jak trzeciego podkładu, rachując od obydwóch styków, a więc miało miejsce tylko w granicach równomiernego rozłożenia podkładów.

Otrzymany diagram uwidoczni historię osiadania jednego tylko podkładu podczas przejścia parowozu. Jednakże można przyjąć w danych warunkach, że wszystkie podkłady, położone pod środkową częścią szyny, osiadać będą podobnie, a więc, aby otrzymać wielkość osiadania jakiegokolwiek podkładu w danej chwili, wypada tylko wyznaczyć na diagramie odpowiednie dlań miejsce.

Tak więc, dla danego położenia parowozu wyznaczyć można wielkość osiadania każdego podkładu w trzech punktach charakterystycznych, a zatem osiadanie jego przeciętne.

Rys. 10. Szybkość parowozu 8 km na godzinę.



Szyby ważące 38 kg metr bież. długości 12 m na 16 podkładach długości 2,70 m.

Wskazany na załączonych diagramach rozkład podkładów odpowiada chwili, gdy środkowa oś parowozu stanie bezpośrednio nad podkładem obserwowanym. Wszystkie podkłady, oczywiście, mogłyby być przesunięte na prawo lub na lewo, lecz wówczas diagram uwidoczniłby inną chwilę przejścia parowozu. Jednakże przy rozkładzie, wskazanym na diagramie i przyjętym w celu wyznaczenia współczynnika balastu, podkłady, sąsiednie ze stykami, znajdują się po za obrębem krzywej osiadania, a zatem przypuszczenie, że wszystkie podkłady, przyjęte do obliczania, znajdują się w jednakowych warunkach, staje się prawdopodobniejszym.

Przeciętne osiadanie podkładu  $y$  na zasadzie osiadania trzech jego punktów  $y_l$ ,  $y_r$  i  $y_o$  (rys. 8) otrzymano, dzieląc powierzchnię  $S$ :



$$S = (y_l + y_r) \frac{l_1}{2} + (y_r + y_o) \frac{l_2}{2}$$

przez połowę długości podkładu  $l$ .

Następnie, na zasadzie wiadomej powierzchni podstawy podkładów  $\omega$ , przeciętnego ich osiadania  $y$  i wagi parowozu  $P$ , współczynnik balastu  $c$  wyznaczony został z równania:  $c \Sigma \omega y = P$ .

Podobny sposób wyznaczania współczynnika balastu może wywołać zarzut, że przypuszczenie co do jednakowego osiadania środkowych podkładów nie odpowiada rzeczywistości, gdyż każdy podkład, inaczej podbity, inaczej osiadać może, a więc wypada jednocześnie obserwować wszystkie podkłady, znajdujące się w granicach osiadania. Warunek ten zbyt trudny jest jednak do wykonania, ponieważ wymagałby zbyt wielkiej ilości przyrządów. Zresztą i w tym wypadku możnaby zauważyć, że wskutek niejednostajności balastu, sprężystość jego jest pod każdym podkładem różną.

Tak więc, zdaje się, że obrany sposób obliczania jest najodpowiedniejszy i zarazem do celów praktycznych w dostatecznym stopniu dokładny.

Współczynnik sprężystości balastu, gatunku powyżej wymienionego, wyprowadzony na zasadzie szeregu obserwacji, dokonanych przy rozmaitej długości i rozkładzie podkładów, otrzymano 4–6. W porównaniu z wynikami obserwacji, dokonanych w r. 1888 na kolejach alzacko-lotaryńskich, opracowanych i opisanych przez Zimmermann'a <sup>1)</sup>, współczynnik ten jest dość wysoki, ponieważ tam przy warunkach analogicznych otrzymano nie więcej od 3 i tylko w wyjątkowych wypadkach—5. Prawda, że według obserwacji inż. Stecewicza, na drogach żelaznych Bałtyckiej i Tambowsko-Saratowskiej, współczynnik balastu średniego nawet gatunku i w warunkach dla kolei rosyjskich normalnych, wahał się w granicach od 3 do 9. Lecz ponieważ na kolejach alzacko-lotaryńskich osiadanie podkładów wyznaczano względem przyrządu, ustawionego tuż przy torze na powierzchni gruntu, który mógł ulegać odkształceniom pod wpływem działającego w pobliżu obciążenia, w obserwacjach zaś inż. Stecewicza osiadanie podkładów wyznaczano względem pala, wbitego w pobliżu szyny, który dzięki temu musiał prawdopodobnie osiadać razem z balastem i nasypem, zatem wyników tych obserwacji z otrzymanymi na drodze żelaznej Warszawsko-Wiedeńskiej porównywać niepodobna.

#### *Wygięcie podkładów*

Te same diagramy, które posłużyły do wyznaczenia współczynnika balastu, dały możność także określić kształt linii sprężystej wygięcia podkładów o długości 2,44 *m* (typ II, rys. 9) i 2,70 *m* (typ III, rys. 10).

Względna wielkość osiadania podkładów w trzech charakterystycznych punktach wygięcia, a mianowicie pośrodku, obok szyny i na końcu, wyznaczono, wymierzając zapomocą planimetru odpowiadające tym punktom powierzchnie osiadania według diagramów. W ten sposób otrzymano przeciętną względną wielkość osiadania podkładu w trzech punktach za cały przeciąg trwania odkształcenia. Jeżeli oznaczymy osiadanie podkładu pośrodku przez  $y_o$ , obok szyny— $y_r$  i na końcu— $y_l$  i przyjmiemy wielkość osiadania podkładu w pobliżu szyny równą 100, to stosunek  $y_o : y_r : y_l$  dla podkładów długości 2,44 *m* otrzymamy następujący:

$$y_o : y_r : y_l = 69 : 100 : 124,$$

<sup>1)</sup> Die Wirkungsweise der Bettung nach Versuchen der Reichseisenbahnen, von Dr. Zimmermann. Organ 1888, V.

dla podkładów zaś długości 2,70 m:

$$y_o : y_r : y_l = 75 : 100 : 68.$$

Na zasadzie teoretycznych obliczeń Zimmermann'a, przy współczynniku balastu = 5 i przy współczynniku sprężystości dębu  $E=120 t$  na  $cm^2$ , stosunek ten wynosi:

dla podkładów o długości 2,44 m:

$$y_o : y_r : y_l = 70 : 100 : 106,$$

dla podkładów zaś o długości 2,70 m:

$$y_o : y_r : y_l = 80 : 100 : 80.$$

Tak więc, z obserwacji wynikało, że końce podkładów o długości 2,44 m osiadają więcej, podkładów zaś o długości 2,70 m—mniej, aniżeli można było się spodziewać na zasadzie teorii. Jednakże ogólny kształt krzywej wygięcia otrzymuje się jednakowy, a mianowicie: w podkładach o długości 2,44 m końce osiadają znacznie więcej, niż środek, środek zaś mniej od części obok szyny; w podkładach zaś o długości 2,70 m środek i koniec podkładu osiadają mniej, niż część obok szyny.

Długość podkładów dla danego typu budowy wierzchniej wyznacza się, jak wiadomo, na zasadzie warunku, ażeby szyna, osiadając pod obciążeniem, nie pochylała się w żadną stronę, gdyż wywołałoby to szkodliwe dla ruchu zmiany szerokości toru. Warunek ten zostanie spełniony, jeżeli osiadanie środka i końca podkładu będzie jednakowe. Przy niewystarczającej długości podkładów końce ich osiadać będą więcej od środka, wskutek czego nastąpi rozszerzenie toru. Przy zanadto długich podkładach nastąpi zjawisko odwrotne, mianowicie zwężenie toru.

Według wniosków Zimmermann'a, długość podkładu, wyznaczona na zasadzie warunku jednakowego osiadania środka i końców, waha się, w zależności od gatunku balastu i typu podkładów, w granicach niewielkich i wynosi około 2,70 m. Tymczasem przytoczone już wyniki obserwacji wskazują, że długość 2,44 m bezwarunkowo jest niewystarczająca, długość zaś 2,70 m jest nieco za wielka, ponieważ przy niej końce podkładów osiadają nieco mniej niż środek. Zresztą różnica ta w osiadaniu jest zbyt mała, od wniosków więc w tej kwestyi należy wstrzymać się aż do czasu dokonania większej ilości obserwacji, w warunkach bardziej różnorodnych.

#### *Osiadanie podkładów pod szynami*

Oprócz opisanych dotychczas obserwacji nad osiadaniem środkowych podkładów w różnych punktach, w celu wyznaczenia współczynnika balastu i wygięcia podkładów, dla wszystkich czterech typów budowy wierzchniej dokonane zostały obserwacje nad osiadaniem pod szyną wszystkich podkładów jednego przęsła, jak również samej szyny nad podkładami (rys. 11, 12 i 13).

W tym celu jedno zwierciadło przymocowywano do śruby, wkręconej w podkład, drugie zaś—do główki szyny.

Obserwacje przy każdym podkładzie powtarzano 2—3 razy. W następującej tabelce przytoczone są przeciętne wielkości osiadania, osobno pod parowozem i tendrem, otrzymane dla każdego podkładu i każdego z czterech typów budowy wierzchniej (por. tab. na str. 806).

Wielkości te wyznaczone są w milimetrach i sprowadzone do obciążenia na koło = 1 tonnie.

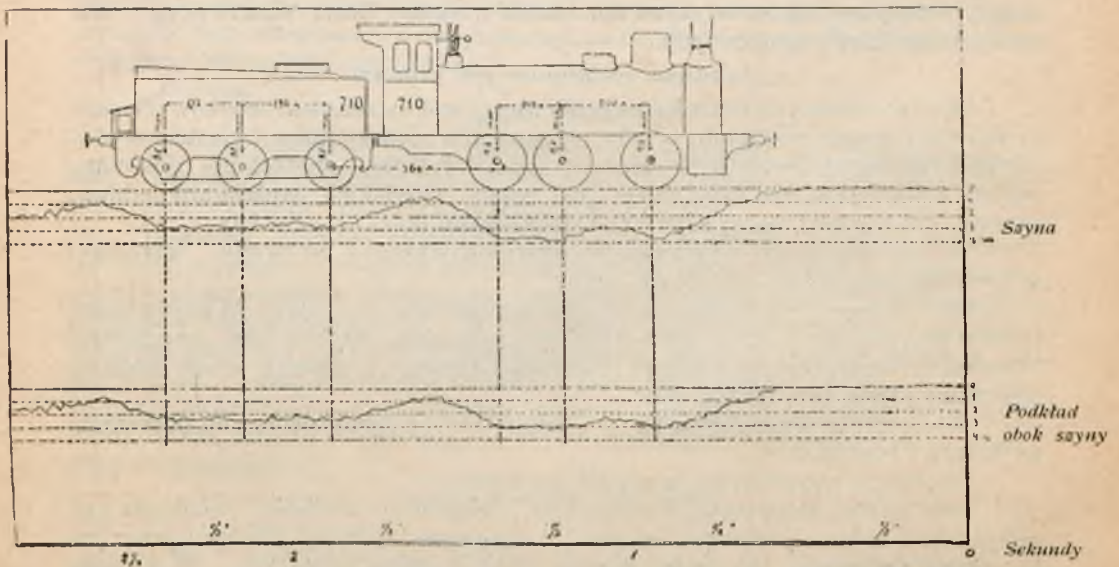
Obliczenie prowadzono w sposób następujący:

Przy każdej obserwacji wyznaczano z diagramu wielkości osiadania pod wszystkimi kołami parowozu i tendra, i sumę tych wielkości dzielono przez połowę wagi parowozu lub tendra danego typu w stanie roboczym. W ten sposób wyłączony był, według możliwości, wpływ, któryby mogło wywrzeć na rezultaty chwilowe przeciążenie kół pojedynczych. Parowozy, kursujące na dystan-



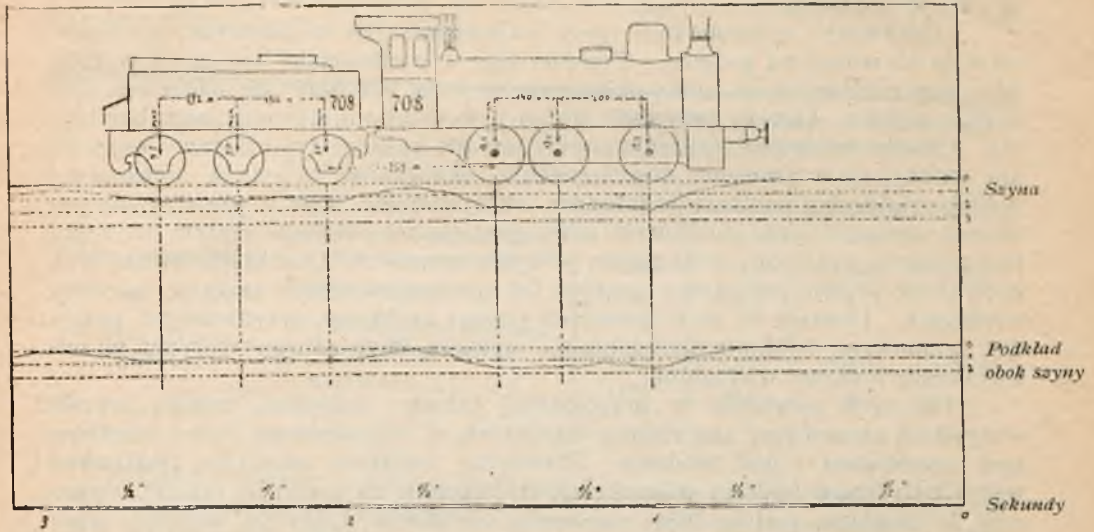
Nr. pod- kładu pod szyną 12-metrową	Nr. pod- kładu pod szyną 6-metrową	Chwilowe osiadanie podkładów							
		pod parowozem dla typów budo- wy wierzchniej				pod tendrem dla typów budowy wierzchniej			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV
1	1	0,30	0,20	0,23	0,22	0,32	0,22	0,22	0,20
2	—	—	0,18	0,20	0,21	—	0,18	0,21	0,22
3	2	0,46	0,19	0,16	0,20	—	0,25	0,15	0,18
4	—	—	0,33	0,21	0,27	—	0,33	0,20	0,27
5	3	0,49	0,35	0,25	0,32	0,53	0,42	0,27	0,33
6	—	—	0,46	0,25	0,22	—	0,60	0,30	0,23
7	4	0,52	0,20	0,22	0,25	0,60	0,18	0,20	0,22
8	—	—	0,27	0,27	0,22	—	0,24	—	0,22
9	5	0,54	0,37	0,26	0,29	0,70	—	—	0,27
10	—	—	0,35	0,24	0,24	—	0,37	0,23	0,21
11	6	0,45	0,39	0,22	0,24	0,48	0,55	0,18	0,22
12	—	—	0,32	0,32	0,23	—	0,31	0,31	0,40
13	7	0,50	0,25	0,26	0,25	0,54	0,28	0,26	0,16
14	—	—	0,26	0,22	0,20	—	0,55	0,20	0,20
15	8	0,48	—	0,22	0,23	0,43	—	0,18	0,22
16	—	—	0,19	0,19	0,20	—	0,16	0,17	0,23
Osiadanie prze- ciętne . . .		0,468	0,287	0,232	0,237	0,514	0,331	0,220	0,236

Rys. 11. Podkład Nr. 3. Szybkość parowozu 26 km na godzinę



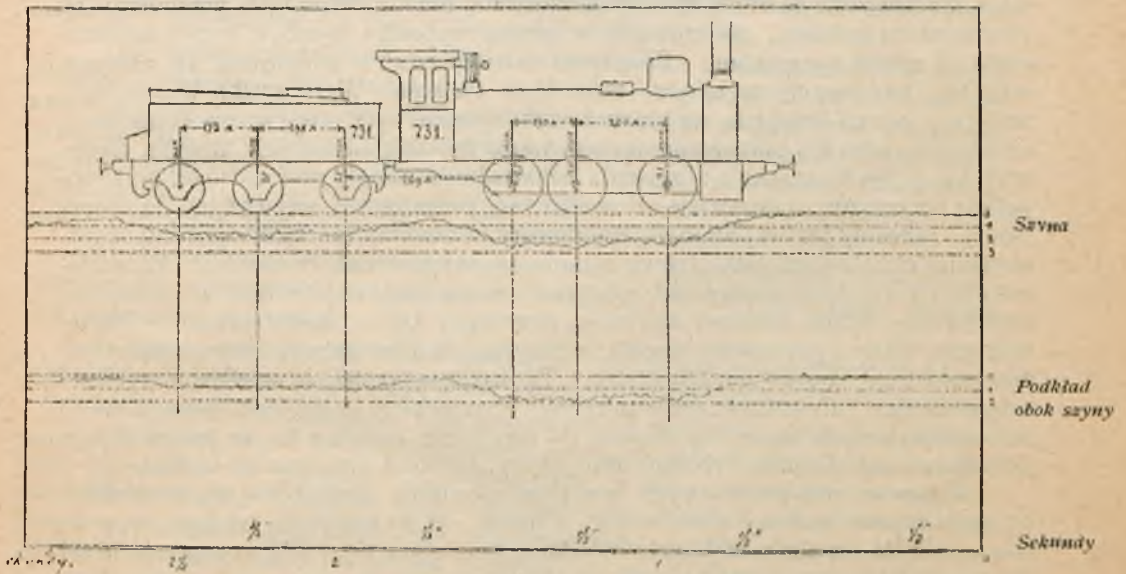
Szyny, ważące 31,45 kg metr bież., długości 6 m na 8 podkładach długości 2,44 m.

Rys. 12. Podkład № 8 Szybkość pociągu 23 km na godzinę.



Szyby ważące 38 kg na metr bież., długości 12 m, na 16 podkładach długości 2,44 m.

Rys. 13. Podkład № 12. Szybkość pociągu 22 km na godzinę.



Szyby ważące 38 kg na metr bież., długości 12 m, na 16 podkładach długości 2,70 m

się, gdzie dokonywały się obserwacje, po większej części były o trzech osiach, obciążonych około 13 t każda. Jedynie w pociągach kurierskich i pospiesznych chodzą parowozy cztero-osiove z wózkami na przodzie i z obciążeniem do 15 t na osie prowadzące.

Obserwacje czynione były przy najrozmaitszych szybkościach pociągów, od 8 do 55 wiorst na godzinę. Pomimo tego w wielkościach osiadania podkładów, sprowadzonych do tonny obciążenia na koło, nie dały się spostrzedz zbyt wielkie różnice, któreby przypisać można było działaniu dynamicznego obciążenia. Chociaż wielkości osiadania podkładów dla każdego typu budowy wierzchniej wahają się w granicach dość szerokich, okoliczność ta jednak objaśnia się niejednostajnością podbicia podkładów, skrzywieniem szyn w płaszczyźnie poziomej, wreszcie także chwilowem przeciążeniem kół, którego wpływ nie mógł być zupełnie wyłączony wskazanym powyżej sposobem. Zresztą dla wahań tych zauważono prawie jednakowe granice tak przy szybkościach małych, jak przy większych. Dowodzi to, że w granicach zmiany szybkości, przytoczonych powyżej, dynamiczne działanie obciążenia nie wywiera zbyt silnego wpływu na odkształcenie budowy wierzchniej.

Dla tych powodów w przytoczonej tabelce połączone zostały wyniki wszystkich obserwacji, bez różnicy szybkości, a odgraniczono tylko osiadania pod parowozem i pod tendrem. Przeciętne wielkości osiadania podkładów wszystkich typów budowy wierzchniej, umieszczone na końcu tej tabelki, wskazują, że osiadanie pod tendrem (na tonnę obciążenia koła) po większej części jest większe, aniżeli pod parowozem. Różnica wynosi jednak nie więcej od 10—15%.

Porównyując otrzymane rezultaty z wnioskami Flamache'a, Coüard'a, Ast'a i innych względem wpływu obciążenia dynamicznego i spłaszczenia hamulcowych kół tendrów, wypada zauważyć, że w opisywanych obserwacjach wpływ ten w bardzo słabym stopniu zauważyć się daje. Okoliczność tę objaśnić po części można w ten sposób, że wpływ obciążenia dynamicznego, jak to zostało spostrzeżone dawniej, występuje najsilniej przy szybkościach, przenoszących 75 wiorst na godzinę, podczas gdy w danym wypadku szybkość ta nie przekraczała 55 wiorst na godzinę. Podobnie niejednostajne zużywanie się obręczy, wskutek mniejszych szybkości, może być na kolei Warszawsko-Wiedeńskiej mniejsze, niż na kolejach, na których wykonywane były obserwacje Flamache'a i Coüard'a, albo też obtaczanie obręczy może być dokładniejsze. Zresztą obserwowane przez Flamache'a i Coüard'a odkształcenia mogły pochodzić od innej zupełnie przyczyny, mianowicie od wadliwości przyrządów, używanych do obserwacji. Jakiśmy już wspominali, wadliwości te nieodłączne są od sposobu obserwowania chwilowych odkształceń zapomocą jakiegokolwiek transmisyi. Za najlepszą ilustrację tych wadliwości posłużyc mogą diagramy, zdjęte na północnej austriackiej drodze żelaznej zapomocą przyrządu Ast'a: obserwowano chwilowe wygięcia szyny i poruszenia drążka w przyrządzie Flamache'a, który zdejmował diagramy tego samego punktu szyny. Tą drogą wykryto, że wielkości wygięcia i drgań szyny, utrwalane przez przyrząd Flamache'a, z powodu bezwładności jego pojedynczych części, są większe od istotnych, pomimo to, że przyrząd ten, przymocowany do pala, w białego obok szyny, razem z nim osiadać musiał.

Z porównania przeciętnych wielkości osiadania podkładów we wszystkich czterech typach budowy wierzchniej, wypada, że po przejściu od I-go typu do II-go, czyli do szyn mocniejszych, osiadanie zmniejsza się o 39%; po przejściu od II typu do III, t. j. po przedłużeniu podkładów, zmniejsza się ono jeszcze o 11%. wreszcie po przejściu od typu III do IV, gdy wskutek zetknięcia podkładów stykowych środkowe rozsunięte nieco zostały, osiadanie zwiększyło się o 1%.

W następującej tabelce wyniki obserwacji zestawione są z teoretycznymi wielkościami osiadania podkładów, wyznaczonymi na zasadzie wniosków Zimmermann'a przy współczynniku balastu = 5 i współczynnikach stali szynowej  $E=2000$  i drzewa  $E'=120$  t na  $cm^2$ .

		Przeciętne osiadanie podkładów dla typów budowy wierzchniej			
		I	II	III	IV
Według obserwacji	w mm na tonnę obciążenia koła parowozu . . . .	0,468	0,287	0,232	0,237
	w procentach . . . . .	100	61	50	51
Według Zimmermann'a	w mm na tonnę obciążenia koła parowozu . . . .	0,401	0,367	0,345	0,362
	w procentach . . . . .	100	91,5	86	90

A zatem wielkości osiadania podkładów, wyznaczone z obserwacji, przy słabym typie szyn, są o 17% mniejsze od teoretycznych, przy mocniejszym zaś—o 22—33% mniejsze. Wskutek tego wpływ wzmocnienia toru na jego sztywność, przy przejściu od jednego typu budowy wierzchniej do drugiego, występuje daleko jaskrawiej według obserwacji, aniżeli według teorii. Naprzykład zamiana szyn, ważących 31,45 kg na metr bieżący, długości 6 m, na szyny, ważące 38 kg, długości 12 m, zwiększa sztywność toru według teorii tylko o 8,5%, według obserwacji zaś w istocie—o 39%. Następnie zwiększenie długości podkładów od 2,44 m do 2,70 m, przy tym samym typie szyn, powiększa sztywność toru według teorii tylko o 5½%, w istocie zaś—o 11%, a więc obydwa te środki powiększają sztywność według teorii o 14%, w rzeczywistości zaś o 50%.

Tak wielka niezgodność wyników teoretycznych z rezultatami obserwacji objaśnić się łatwo daje w ten sposób, że chociaż dla wniosków swych Zimmermann przyjął pod uwagę wszystkie ważniejsze czynniki, mogące mieć wpływ na pracę budowy wierzchniej, poczynił jednak niektóre nie dość uzasadnione przypuszczenia co do ciśnienia, wywieranego przez szyny na podkłady. Ciśnienie to wyznaczane było przez Zimmermann'a w jednym z następujących dwóch wypadków rozkładu obciążenia, dającym największe rezultaty:

1) Szyna spoczywa na nieskończenie wielkiej ilości podpór sprężystych, rozłożonych w odległościach wzajemnych jednakowych; przytem ciężary działają nad podporami co druga.

2) Szyna spoczywa na trzech symetrycznych podporach sprężystych i podlega działaniu jednego skupionego ciężaru, umieszczonego nad środkową podporą.

Wyznaczone na zasadzie tych przypuszczeń wielkości ciśnień w podporach, przy spotykanych zwykle stosunkach pomiędzy gatunkiem balastu, wymiarami podkładów, ich rozkładem i profilem szyn, różnią się od siebie stosunkowo nie o wiele. Lecz z łatwością daje się spostrzedz, że jeżeli dla pewnego typu budowy wierzchniej przypuszczenie co do rozkładu ciśnienia koła na trzy tylko podkłady jest prawdziwe, to jednak ze zwiększeniem sztywności szyny traci ono swą wartość, ponieważ wówczas ciśnienie koła musi rozkładać się na większą ilość podpór, aniżeli poprzednio.

*Różnica pomiędzy osiadaniem podkładów i szyny nad niemi.*

We wszystkich obserwacjach nad osiadaniem podkładów i szyn nad niemi to ostatnie otrzymywano nieco większe od pierwszego, co pochodzi oczywiście od ściskania podkładów jak również od niezupełnego przylegania szyn do podkładów. Różnice te wahają się w dość szerokich granicach<sup>1)</sup>, ponieważ sprężystość drzewa zmienia się nie tylko w zależności od gatunku i czasu służby podkładu, lecz także od stopnia jego wilgotności, kierunku włókien i innych okoliczności, wielkość zaś luzów pomiędzy szyną, siodelkiem i podkładem zależy od sposobu wbicia haków i innych przypadkowych przyczyn.

Różnice pomiędzy największym osiadaniem podkładów i szyn nad niemi wynosiły przeciętnie:

dla typu	I	—	0,157	mm	na	tonnę	obciążenia	koła
"	"	II	—	0,101	"	"	"	"
"	"	III	—	0,090	"	"	"	"
"	"	IV	—	0,093	"	"	"	"

Chcąc wyłączyć z tych wielkości część odnoszącą się wyłącznie do ściskania podkładu, zauważmy, że otrzymane z obserwacji wielkości osiadania podkładów pod szyną pozwalają wyznaczyć ciśnienie szyny na podkład, a więc i jego ściskanie.

Stosunek pomiędzy ciśnieniem  $P$  szyny na podkład, a obciążeniem koła  $G$  jest następujący:

$$\frac{P}{G} = \epsilon_r \cdot D,$$

jeżeli  $\epsilon_r$  jest osiadanie podkładu na tonnę obciążenia koła w centymetrach, zaś  $D$ —ciśnienie szyny na podkład, odpowiadające osiadaniu ostatniego na jeden centymetr.

Według teorii sprężystego działania balastu i podkładów<sup>2)</sup>:

$$D = \frac{C \cdot b \cdot L}{[\eta_p]},$$

gdzie

$$L = \sqrt[4]{\frac{4 E' J'}{C b}}.$$

$C$ —spółczynnik balastu, równy według obserwacji 5,

$b$ —szerokość podkładu,

$E'$  i  $J'$ —spółczynnik sprężystości i moment bezwładności podkładu, zaś  $[\eta_p]$ —funkcja zależna od szerokości toru, długości podkładu i  $L$ —wyznaczająca się według tabel, umieszczonych w dziele Zimmermann'a.

Zauważmy, że wzór dla  $D$  wyprowadzony został z podstawowych zasad teorii sprężystości w przypuszczeniu, że podkład sprężysty spoczywa całą swą podstawą na sprężystym fundamencie, a więc należy spodziewać się, że wzór ten dostatecznie zbliżony jest do rzeczywistości.

<sup>1)</sup> Dla typu I od 0,06 do 0,29 mm na tonnę obciążenia koła

"	"	II	—	0,04	—	0,21	"	"	"	"
"	"	III	—	0,04	—	0,15	"	"	"	"
"	"	IV	—	0,02	—	0,26	"	"	"	"

<sup>2)</sup> Dr. Zimmermann. Berechnung des Eisenbahnoberbaues. Berlin 1888.

Dla obserwowanych typów budowy wierzchniej, przyjmując  $E' = 120 t$  na  $cm^2$ , otrzymujemy:

$$D_I = 13,8 t$$

$$D_{II} = 13,7 \text{ „}$$

$$D_{III} = 14,9 \text{ „}$$

$$D_{IV} = 14,9 \text{ „}$$

Mnożąc te liczby przez odpowiednie wielkości osiadania podkładów na tonnę obciążenia według obserwacji, otrzymujemy:

$$\frac{P_I}{G} = 0,646$$

$$\frac{P_{II}}{G} = 0,393$$

$$\frac{P_{III}}{G} = 0,346$$

$$\frac{P_{IV}}{G} = 0,353$$

Powierzchnia podkładu  $\omega$ , otrzymująca ciśnienie szyny, wynosi dla typu I-go  $9,7 \cdot 15 = 145 cm^2$ , w innych zaś typach  $19 \cdot 15 = 285 cm^2$ . Wysokość podkładu  $h = 15 cm$ . Spółczynnik sprężystości drzewa dębowego, przy ściskaniu prostopadle do włókien,  $E'' = 15 t$  na  $cm^2$ , a zatem ściskanie podkładu na tonnę obciążenia koła:

$$\delta = \frac{P}{G} \cdot \frac{1}{E''} \cdot \frac{h}{\omega}$$

wyniesie dla każdego z czterech typów budowy wierzchniej:

$$\delta_1 = 0,646 \cdot \frac{1}{15} \cdot \frac{15}{145} \cdot 10 = 0,045 mm$$

$$\delta_2 = 0,014 mm$$

$$\delta_3 = 0,012 \text{ „}$$

$$\delta_4 = 0,012 \text{ „}$$

Odejmując te liczby od wielkości różnic pomiędzy osiadaniami podkładu i szyny, otrzymujemy wielkości niezupełnego przylegania szyny do podkładu:

№ typu budowy wierzchniej	Na tonnę obciążenia koła	Przy przeciętnem obciążeniu koła = 6,5 t
		m i l i m e t r ó w
I	0,112	0,728
II	0,087	0,566
III	0,078	0,507
IV	0,081	0,526

Tak więc, wielkość luzu pomiędzy szyną a podkładem waha się od  $\frac{3}{4}$  do  $\frac{1}{2} mm$ , w zależności od sposobu umocowania szyny.

W następującej tabelce przytoczone są otrzymane z obserwacji wielkości całkowitego osiadania szyny nad podkładem, jak również wielkości osiadania podkładu, ściskania tegoż i luzu pomiędzy szyną a podkładem, z których to wielkości składa się osiadanie szyny.



Nr. typu	Osiadanie podkładu	Ściskanie podkładu	Luz pomię- dzy podkła- dem a szyną	Całkowite osiadanie szyny
	w milimetrach na tonnę obciążenia koła parowozu			
I	0,468	0,045	0,112	0,625
II	0,287	0,014	0,087	0,388
III	0,232	0,012	0,078	0,322
IV	0,237	0,012	0,081	0,330

#### *Odkształcenia budowy wierzchniej w stykach.*

Obserwacje nad odkształceniami w stykach prowadzone były w następujący sposób. Kątowniki ze zwierciadelkami przymocowywano do końców obu szyn, do laszy i do palika, wbitego obok szyny na wprost styku, w ten sposób, że wszystkie zwierciadelka rozłożone były na jednej linii pionowej na wprost samego styku. Do palika, wbitego w balast, przymocowywano podwójne zwierciadelko, służące za pionową skalę diagramów. Śrubka, zapomocą której zwierciadelko przymocowywało się do szyny, znajdowała się w odległości 15 mm od końca szyny. Obserwacje dokonane były nad wszystkimi czterema typami budowy wierzchniej, nad stykami z laszami i bez lasz, jak również ze zmianą w typie III krótkich lasz na długie, ściągnięte zapomocą 6-ciu śrub.

Diagramy zdejmowano po większej części zapomocą dwóch przyrządów, umieszczonych naprzeciwko dwóch styków obserwowanego przęsła. Dzięki temu otrzymano możliwość obserwowania tego samego styku, zmieniając jego konstrukcję, albo też jednoczesnego obserwowania, podczas przejścia tegoż pociągu, dwóch sąsiednich styków różnej konstrukcji.

#### *Ogólny charakter odkształceń.*

Badając otrzymane diagramy, zauważyć się daje, że w styku bez lasz, wygięcie każdej szyny odbywa się osobno, tak iż kolo, gdy dojdzie do końca jednej szyny, musi wskoczyć na następną, która do tego czasu znajdowała się w spoczynku, poprzednia zaś szyna, zwolniona od ciężaru, momentalnie podnosi się do góry<sup>1)</sup>.

W styku z laszami powstaje zjawisko analogiczne, gdyż samodzielność ruchów końców szyn nie znika zupełnie, lecz zmniejsza się tylko wskutek częściowego działania lasz w stopniu, zależnym od sztywności, wymiarów i ściśłości przylegania ich do szyn.

Przejście każdego koła przez styk odznacza się na diagramach, w miejscach największego ugięcia, zębem, skierowanym w górę, czyli momentalnym podniesieniem końców szyn. Podniesienie to odpowiada chwili, gdy kolo, przeskakując przez luz, przestaje cisnąć na szynę poprzednią i wskakuje na szynę następną, która zdążyła przez ten czas podnieść się w górę.

Zjawisko to najwidoczniejsze jest na diagramach odkształceń styków przy słabszym typie szyn i lasz, i obala zdanie Couard'a, jakoby uderzenia kół w styki i wyboje w pewnej odległości od końca szyny następnej pochodziły od skręcania końca szyny poprzedniej, której główka wskutek tego się podnosi,

<sup>1)</sup> Nieznaczone ugięcie szyny następnej przed przejściem koła przez styk pochodzi stąd, że wskutek niewielkiego luzu koniec poprzedniej szyny podczas ugięcia opiera się o koniec szyny następnej.

tworząc w styku stopień ku dołowi. Wyboje, tworzące się w odległości kilku centymetrów od końca szyny następnej, objaśnić się dają tą okolicznością, że chwila największego ugięcia tej szyny odpowiada położeniu koła w pewnej odległości od jej końca. Momentalne działanie obciążenia koła, wskakującego na szynę następną, ugina ją, lecz do wykonania tego ugięcia potrzebny jest czas, przez który koło zdąża przesunąć się naprzód.

*Wpływ różnych typów połączeń na odkształcenie budowy i wierzchniej.*

Otrzymane diagramy pozwalają dokładnie określić wpływ różnego rodzaju połączeń na odkształcenie szyn w stykach. W tym celu należy diagramy, otrzymane przy przejściu jednakowego typu parowozów z jednakową mniej więcej szybkością, sprowadzić do jednej skali i nałożyć jedną na drugą, jak to zrobiono na rys. 14, 15, 16 i 17.

Diagramy te wskazują, że lasze, przenosząc momenty wygięcia z jednej szyny na drugą, zmniejszają wielkość drgań szyn w stykach w różnym stopniu. W typie I z laszami kątowymi, w których zauważono pewne, nieznaczące zresztą, zużycie płaszczyzn przylegania do szyn, drgania te są największe, przy nowych zaś długich laszach o przekroju naksztalt litery Z, ściągniętych zapomocą sześciu śrub, drgania te są najmniejsze.

*Linia ruchu koła w środkowej części szyny i w pobliżu styków.*

Ast dowiódł<sup>1)</sup>, że w środkowej części przęsła, gdzie szyna spoczywa na podkładach, równomiernie rozstawionych, koło toczy się po linii prostej prawie, równoległej do poziomu szyn w spokoju; dzieje się to wskutek jednakowego osiadania szyny nad podkładami i pomiędzy nimi, jak również wskutek ciągłości krzywej wygięcia szyny.

Ażeby przejście koła przez styk odbywało się w takich samych warunkach, niezbędnym jest, aby lasze przenosiły moment wygięcia z jednej szyny na drugą całkowicie (gdyż wówczas tylko krzywa wygięcia toku szyn zachowaćby mogła w styku swą ciągłość), jak również, ażeby osiadanie szyn w styku nie różniło się od osiadania na pozostałej długości przęsła.

Jednakże całkowite przeniesienie momentu wygięcia zapomocą lasz niemożliwe jest nawet z teoretycznego punktu widzenia, jak to dowiodły prace Zimmermann'a i Ast'a. Wskutek tego w styku ciągłość krzywej wygięcia przestaje istnieć, a pomiędzy zgiętymi na dół końcami szyn tworzy się kąt, do którego stacza się koło.

Co się tyczy drugiego warunku, a mianowicie ażeby osiadanie w styku nie różniło się od osiadania szyn na pozostałej przestrzeni, to byłby on zbyt cenny, gdyby zapomocą lasz można było osiągnąć całkowite przeniesienie momentu wygięcia z jednej szyny na drugą, ponieważ wtedy (przy jednakowej odległości wszystkich podkładów) szyna wyginałaby się w styku podobnie, jak pośrodku. Nie mogąc zaś tego osiągnąć, wypada zadowolnić się przynajmniej zmniejszeniem wygięcia przez zsuniecie podkładów w pobliżu styku<sup>2)</sup>.

Zobaczmy, o ile przytoczone powyżej wnioski zgadzają się z wynikami doświadczeń.

<sup>1)</sup> Por. Comptes rendus du congrès intern. des ch. de fer. Session de St. Pétersbourg, 1892, V. A.

<sup>2)</sup> Sposób działania styku szyn i ocena różnych jego konstrukcyj wyłożone są szczegółowo w pracy inż. Wasiutyńskiego: „O wzmocnieniu styków szyn“ (por. Известия Собрания И. П. С., t. 1896).

*Osiadanie szyn w styku*

W następującej tabelce przytoczone są przeciętne wielkości osiadania końców szyn w styku, na tonnę obciążenia koła parowozu; dla porównania pomieszczone są także wielkości osiadania szyny nad podkładami.

Wyszczególnienie typów	Przeciętne wygięcia w stykach		Przeciętne wygięcia szyny nad podkładami
	szyny poprzedniej	szyny następczej	
	w milimetrach na tonnę obciążenia koła parowozu		
I . . . . .	0,648	0,625	0,625
II . . . . .	0,390	0,367	0,388
III z krótk. laszami	0,368	0,372	0,322
III z długimi .	0,347	0,340	0,322
IV . . . . .	0,330	0,325	0,330

Jak widzimy, w typach I, II i III osiadanie w styku jest albo równe, albo większe od osiadania nad podkładami, pomimo że odległość pomiędzy podkładami stykowymi wynosi zaledwie  $\frac{1}{8}$  odległości pomiędzy podkładami pośrednimi. W typie II bardzo mocne lasze kształtu **Z**, których moment bezwładności wynosi 85% momentu bezwładności szyny, nie wykazują jednak pod tym względem znaczniejszej różnicy w porównaniu z laszami kątowymi typu I.

Tak więc żaden z tych typów nie jest w stanie zachować ciągłości krzywej wygięcia szyny w styku; lasze zaś, przy danym rozkładzie podkładów, zapewniają tylko mniej więcej jednakowe osiadanie w styku i nad podkładami.

W typie III, różniącym się od typu II jedynie długością podkładów, wygięcie w styku prawie się nie zmienia, lecz za to osiadanie podkładów zmniejsza się, wskutek czego w styku podczas przejścia koła tworzy się zagłębienie, którego aby uniknąć, należy albo rozsunąć podkłady środkowe, albo, nie życząc sobie zmniejszenia ogólnej sztywności toru, zsunąć podkłady u styków.

Jednakże odległość pomiędzy podkładami w stykach, przyjęta na drodze żelaznej Warszawsko-Wiedeńskiej = 50 cm, doprowadzona jest do granicy najmniejszej. Jeżeli odległość tę zmniejszyć jeszcze bardziej, to podbijanie podkładów ze strony styku stałoby się niepodobnem. W takim razie lepiej byłoby zsunąć te podkłady aż do zetknięcia i podbijać je ze strony zewnętrznej, gdyż wówczas przynajmniej, podczas podbijania, nie wyciskałby się z pomiędzy nich balast.

*Styk na podkładzie i styk wiszący.*

Rozkład taki doprowadza nas do styku na podkładzie, lub raczej na dwóch podkładach, i zmusza zastanowić się nad pytaniem, dla jakich przyczyn zarzucony został system styku na podkładzie, i czy rzeczywiście system ten nie zasługuje już na uwagę.

Niedogodność przyjętego dawniej typu styku na podkładzie polegała głównie na osiadaniu podkładu stykowego wskutek ciągłego kołysania się tegoż około osi podłużnej, pod działaniem wygięcia kolejno to jednej, to drugiej szyny.

Sztywność toru w stykach jest o tyle mniejszą od sztywności pośrodku szyn, że szybkie osiadanie podkładu stykowego, przy praktykowanej wówczas

znacznej odległości tegoż od podkładów sąsiednich, jak również przy słabym przekroju lasz, łatwo objaśnić się daje. Tymczasem przy rozkładzie podkładów po dwa w styku i przy odległości podkładów sąsiednich = 0,55 *cm.* zaś środkowych — 85 *cm.*, jak to przyjęto dla typu IV, osiadanie wszystkich podkładów prześła otrzymuje się jednakowe.

Oprócz tego zauważono, że uderzenia koła w styku na podkładzie są silniejsze, aniżeli w styku wiszącym, i że w styku na podkładzie końce szyny uderzają w siodełko (podkładkę) tak, jak młot w kowadło, i wywołują szybkie zużywanie się podstawy szyny. Lecz obie te niedogodności mogą być uniknione, jeżeli każdy koniec szyny w styku będzie miał osobne siodełko i spoczywać będzie na osobnym podkładzie. Zresztą powszechnie wiadomo, że styk wiszący, zarówno jak styk na jednym podkładzie, podlega niejednostajnemu zużyciu, wskutek czego uderzenia kół stają się coraz mocniejsze.

Jeszcze jedna bardzo ważna wada styku wiszącego polega na stałym odkształceniu końców szyn, wyginających się na dół wskutek niedostatecznego działania lasz. Zjawisko to, opisane przez Couard'a<sup>1)</sup>, zauważone zostało również na drodze żelaznej Warszawsko-Wiedeńskiej w tych miejscach, gdzie ułożone były sześćo-metrowe szyny, ważące 31,45 *kg* na metr bieżący. Pomiar wykryły, że wygięcie na dół końców szyn w stosunku do ich części środkowej wynosi 7 i więcej milimetrów.

Zsuniecie podkładów stykowych do zetknięcia może w znacznym stopniu przeciwdziałać temu stałemu odkształceniu szyn w stykach, i z tego względu, zarówno jak z wyfuszonych wyżej, dalsze doświadczenia nad tym rozkładem podkładów bardzo są pożądane.

#### *Długie lasze.*

Inne środki wzmocnienia styku powinny być skierowane ku wzmocnieniu lub zmianie konstrukcyi połączenia szyn z sobą. W tym kierunku na drodze żelaznej Warszawsko-Wiedeńskiej dokonywane były dotychczas obserwacje jedynie nad wzmocnieniem styku zapomocą długich lasz, ściągniętych 6-ma śrubami (rys. 8 b). Z nałożonych na siebie diagramów odkształceń styków z krótkimi i długimi laszami widać, że ostatnie w istocie styk usztywniają, zmniejszając wysokość drgań końców szyn. Prócz tego dogodność długich lasz polega na tem, że można im nadać taką konstrukcyę, przy której obejmą one całe siodełko, wskutek czego przeciwdziałać będą podłużnemu posuwaniu się szyn daleko skuteczniej, aniżeli lasze krótkie, chwytające tylko za jeden hak.

#### *Podłużne posuwanie się szyn.*

Co do podłużnego posuwania się szyn należy zauważyć, że chociaż podług najnowszych badań przyczyny takowego mogą być najrozmaitsze, jednak jedna z głównych przyczyn polega prawdopodobnie na wykrytem przez obserwacje na kolei Warszawsko-Wiedeńskiej wskakiwaniu koła na szynę następną, połączone oczywiście z uderzeniem o koniec tej szyny. Według obserwacyi na wielu zagranicznych i rosyjskich drogach żelaznych, posuwanie się podłużne szyn najbardziej uwydatnia się na nasypach gliniastych, źle osuszonych, jak również przy złym gatunku balastu. Na drodze żelaznej Mikołajewskiej spostrzeżono, że po wprowadzeniu podkładów o grubości 3 werszków zamiast 4-eh, posuwanie się

<sup>1)</sup> Note sur les déformations permanentes de la voie, par M. Couard. Revue gen. des ch. de fer 1897.

podłużne szyn wzrosło, podczas gdy w tych miejscach, gdzie balast był całkowicie z szabru, posuwanie się szyn nie dało się wcale zauważyć.

Wszystko to dowodzi, że zmniejszenie podłużnego posuwania się szyn zależy od zwiększenia sztywności toru, a zatem od zmniejszenia wygięcia szyn w styku, powodującego uderzenia koła o koniec szyny.

Kończąc na tem opis obserwacji, dokonanych na drodze żelaznej Warszawsko-Wiedeńskiej w r. 1897, wypada zauważyć, że obserwacje te nader jaskrawo wykryły wpływ silniejszego typu szyn i akcesoryj na zwiększenie ogólnej sztywności toru, która ze swej strony wywiera ogromny wpływ na pracę wszystkich składowych części budowy wierzchniej, na spokojność ruchu, na wielkość sił, działających na tor, a w rezultacie na wydatki na utrzymanie i remont budowy wierzchniej. Zmniejszenie tych wydatków zostało potwierdzone doświadczeniem pierwszych trzech lat istnienia nowego typu szyn i akcesoryjów na drodze żelaznej Warszawsko-Wiedeńskiej, ponieważ skonstatowano, że dystanse, na których takowe zostały ułożone, wymagają o połowę mniej siły roboczej na utrzymanie toru w należyłym stanie, aniżeli inne.

Zwiększenie sztywności toru przez ulepszenie gatunku balastu należy do środków najracjonalniejszych, lecz w naszych warunkach nie wszędzie, niestety, do osiągnięcia możliwych.

Zwiększenie ilości podkładów, przy terażniejszym typie styku, doprowadzone zostało prawie do ostatecznej granicy.

Wobec tego ogromny wpływ, jaki wywiera szyna na ogólną sztywność toru, ujawniony zapomocą bezpośredniej obserwacji, nabiera nader ważnego znaczenia, z uwagi, że w ogóle na całej sieci rosyjskich dróg żelaznych ułożone są szyny słabego typu.

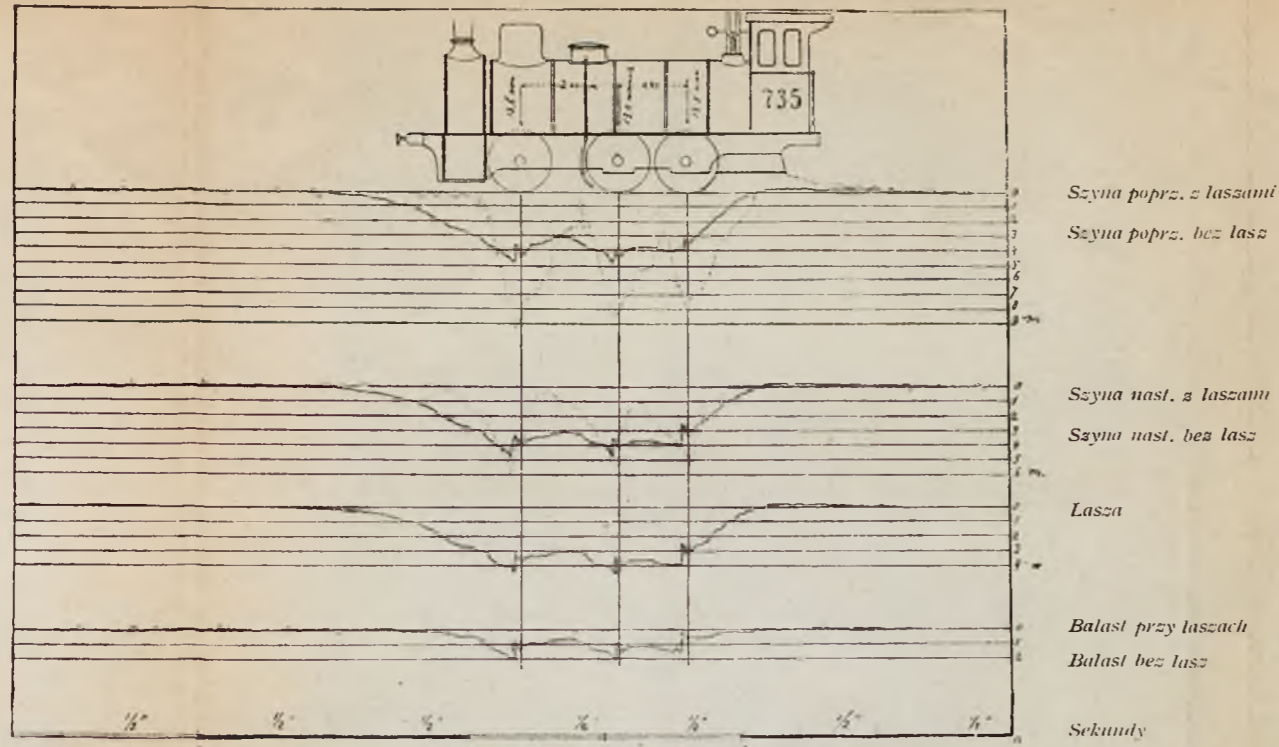
Przy wzrastającej szybkości i wzmagającym się ruchu, wzmocnienie w blizkiej przyszłości szyny i jej akcesoryjów, jest nieuniknione.

BIBLIOTEKA  
POLITECHNICZNEJ WARSZAWSKIEJ  
Warszawa, ul. Jedności Robotniczej 1



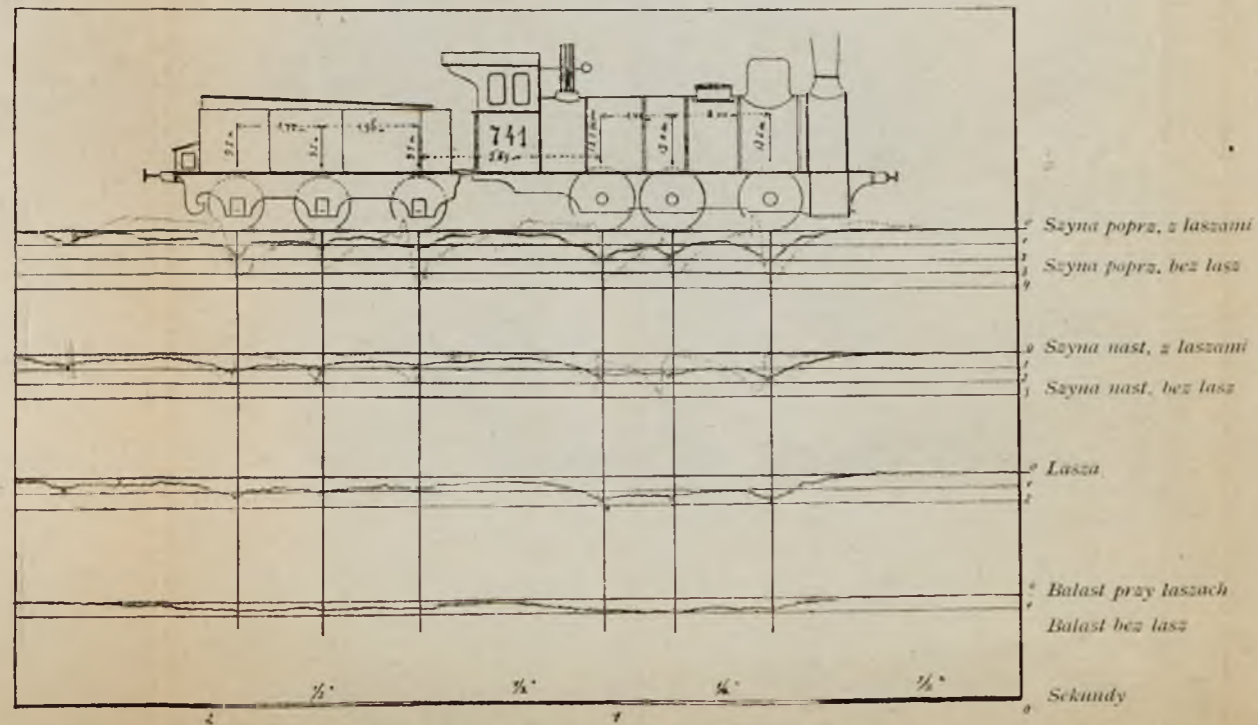
117.99

Rys. 14. Styk wiszący z laszami i bez lasz. Szybkość pociągu 21 km na godzinę.



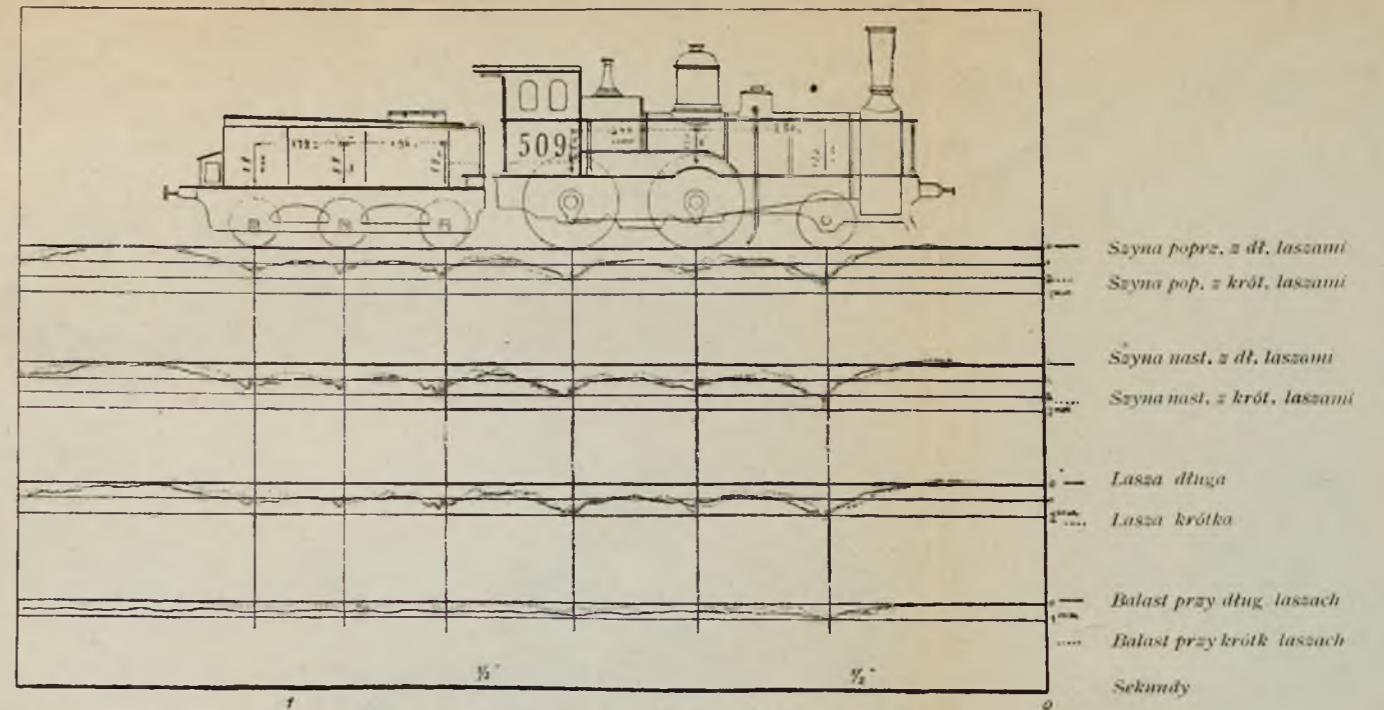
Szyny, ważące 31,15 kg na metr bież., długość 6 m, na 8-ciu podkładach długość 2,44 m.

Rys. 15. Styk wiszący z laszami i bez lasz. Szybkość 29 km na godzinę.



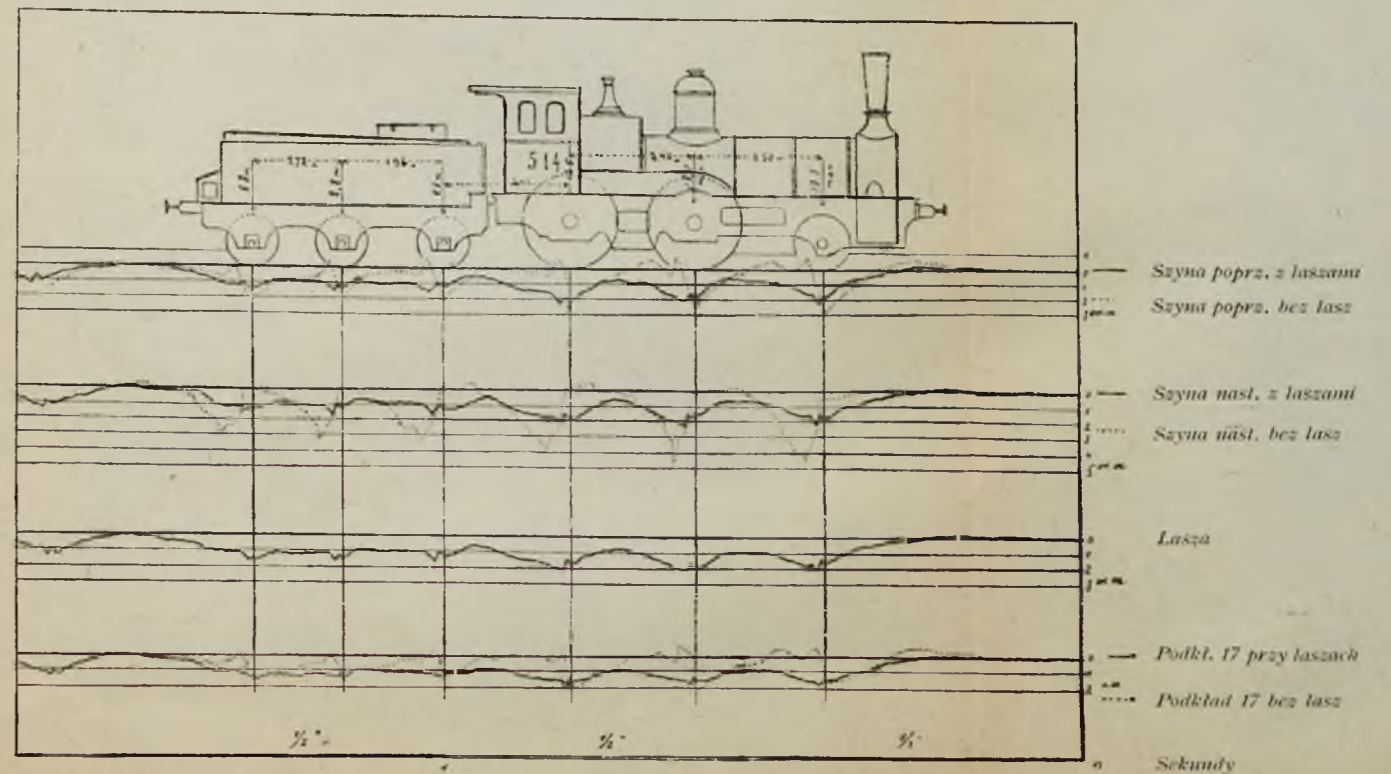
Szyny ważące 38 kg na metr bież., długość 12 m, na 16-tu podkładach długość 2,44 m.

Rys. 16. Styk wiszący z długimi i krótkimi laszami. Szybkość pociągu 55 km na godzinę.



Szyny ważące 38 kg na metr bież., długość 12 m, na 16-tu podkładach długość 2,70 m.

Rys. 17. Styk na dwóch podkładach z laszami i bez lasz. Szybkość 45 km na godzinę.



Szyny, ważące 38 kg na metr bież., długość 12 m, na 16-tu podkładach długość 2,70 m.