

Prof. A. XIĘŻOPOLSKI

PAROWOZY

CZ. I.

WEDŁUG WYKŁADÓW

NA

POLITECHNICE WARSZAWSKIEJ

WARSZAWA

1933 r.

B
114

L. 2. 4289

Prof. A. Nizkopsolski

Porowozly

cz. I

węctny wykładow
na

Politechnice Warszawskiej

Warszawa
1933.

Spis treści

B.114

<u>Wstęp. Komunikacje. Drogi naturalne i sztuczne. Charakterystyka dróg: lądowych, wodnych i powietrznych.</u>	1
<u>Pierwsza droga żelazna do użytku publicznego. Drogi żelazne główne i dojazdowe łącznie z komunikacją samochodową. Zadania techniki kolejowej i oparty na nich program studiów na Oddziale Komunikacyjnym Wydziału Mechanicznego Politechniki Warszawskiej.</u>	3
<u>Powstanie i rozwój toru kolejowego. Drogi lądowe zwyczajne i bite. Drogi gładkie z nawierzchnią kamienną, lub drewnianą. Drogi żelazne.</u>	5
<u>Siły, którym podlega tor kolejowy, pod działaniem taboru. Siły pionowe, działanie dynamiczne taboru na tor, siły poziome prostopadłe do osi toru i działające wzdłuż osi toru. Siła przyczepności, jako siła pociągowa.</u>	10
<u>Budowa spodnia i wierzchnia torowiska. Spółczynnik podłoża. Podsypka. Podkłady. Szyny. Umocowanie szyn do podkładów. Złącza.</u>	19
<u>Powstanie taboru kolejowego. Wóz, wagon i zasadnicze cechy kół tych pojazdów.</u>	21
<u>Wozy silnikowe (lokomotywy). Silniki: żywy; Ciężar zjeżdżającego pociągu na dół. Stała parowa maszyna. Wodne koła. Wóz parowy Cugnot'a, Evers'a. Pierwotny parowóz Trevithicka na gładkich szynach. Parowóz zębaty Blenkinsopa. Parowóz z napędem tańcuchowym Crompton'a. Rozwój historyczny parowozów do 1830 r. Włącznie z parowozem „Patent” jako podstawowym typem obecnych parowozów.</u>	29

Wstęp

Rozwój cywilizacji, przekształcanie się stosunków gospodarczych i kulturalnych świata, szły w parze ze stopniowym udoskonaleniem sposobów komunikacji. Obecnie do przesyłania wiadomości służą głównie telefon, telegraf i radio, do przewożenia osób, zwierząt, towarów i poczty – komunikacja lądowa, wodna i powietrzna. Aby uskutecznić powyższe przewozy, musimy mieć następujące środki:

1) drogę, po której się przewóz odbywa i 2) odpowiednie urządzenia przewozowe t.j. tabor. Tabor stanowią wozy; niektóre z nich są zaopatrzone w silnik, który wprawia tabor w ruch. W ogóle na pojęcie komunikacji składają się trzy pierwiastki techniczne: droga, wóz i silnik.

Drogi mamy naturalne i sztuczne, budowane na podstawach techniki komunikacyjnej. Do liczby dróg naturalnych należą od dawien dawna drogi wodne. Charakterystyczną ich cechą jest gładkość, dzięki której ruch okrętów i statków rzecznych odbywa się ze stosunkowo małym oporem, kilkakrotnie razy mniejszym nawet w porównaniu z oporem wagonów drogi żelaznej: dla okrętu opór wynosi około $0,4 \text{ kg/t}$, statku rzecznego 1 kg/t , a wagonu $2,5 \text{ kg/t}$ (przy małej szybkości). Komunikacja wodna jeśli chodzi o przewozy masowe, jest najodpowiedniejsza i najtańsza. Dzięki powyższym zaletom, pomimo wielkiego rozwoju dróg żelaznych w ostatnim stuleciu, ilość przewozów towarowych morzem i drogami żelaznymi jest prawie jednakowa. Zakres komunikacji wodnej jest jednakże ograniczony: dostępne są w tym wypadku tylko punkty, położone nad brzegami mórz i rzek. Tych ograniczeń nie posiada inny rodzaj dróg naturalnych – droga powietrzna. Lecz przy obecnym stanie rozwoju lotnictwa z tej drogi dla dokonywania masowych przewozów korzystać nie możemy. Drogi lądowe naturalne nie nadają się prawie do przewożenia większych ciężarów. Po takich drogach pierwotnie ciężary przenosił człowiek lub juczne zwierzęta. Dopiero postępy techniki w budowie dróg żelaznych i lądowych bitych sprawiły, że zakres zastosowania dróg lądowych szybko się rozszerzył. Obecnie mamy około 1250.000 kilometrów dróg żelaznych. Liczba ta jest wymownym dowodem, że koleje żelazne odgrywają pierwszorzędną rolę w naszym codziennym życiu. –

Pierwszą drogę żelazną do użytku publicznego zbudowano w Anglii i otwarto d. 27 września 1825 r. Była to droga długości 41 km. pomiędzy Stockton, a Darlington.

Po niej odbył swą próbną jazdę pierwszy pociąg osobowy, złożony z parowozu i 34 wagoników. Pociąg ten mieszczący 500 osób o łącznej wadze 90 ton, poruszał się z szybkością 19 km/godz. Konstruktorem i kierowcą parowozu pod nazwą „Locomotion” był George Stephenson. Jemu to zawdzięczamy szybki rozwój kolejnictwa, który odłąd szedł po wytkniętej drodze i w myśl postawionych przez niego wymagań, jakim odpowiadać winien przewóz po drogach żelaznych.

Postulatami Stephensa były: 1. zniwelowana droga 2. gładkie nieruchome szyny 3. trakcja mechaniczna.-

Pierwotnie drogi żelazne służyły do ruchu miejscowego, na niewielkie odległości. Z biegiem czasu powstają drogi żelazne t.zw. główne, stanowiące arterje dla dróg dojazdowych. Te ostatnie łączą uboższe mało uprzemysłowione miejscowości z główną drogą żelazną. Drogi dojazdowe mają tor wąski, lub szeroki normalny, o lekkich szynach i lekkim taborze. Rozwój komunikacji samochodowej w ostatnich latach pozwala wnioskować, że w niedalekiej przyszłości rolę dojazdowych kolei żelaznych spełniać będą także samochody osobowe i ciężarowe. Ta okoliczność, uwarunkowana w pierwszym rzędzie powstaniem licznych dróg dla ruchu samochodowego, o kierunku prostopadłym do głównej drogi żelaznej, utatwi to dowóz ludzi i towarów do stacji istniejących kolei, co dodatnio wpłynie na rozwój głównych dróg żelaznych. Kierunek dróg dla ruchu samochodowego, wyznaczony nieprawidłowo np. równoległe do toru drogi żelaznej w licznych wypadkach może szkodliwie oddziaływać na rozwój drogi żelaznej, ponieważ w tym wypadku ruch samochodowy okazać się może dogodnym.- Zadaniem techniki kolejowej jest: projektowanie, budowanie, oraz utrzymywanie wszystkich urządzeń kolejowych i organizacja ruchu. Urządzenia dróg żelaznych stanowią: 1. Tor (droga), mosty, budynki stacyjne, magazyny, parowozownie, naprawnie taboru kolejowego, wodociągi; 2. Sygnalizacja, urządzenia zabezpieczające, telegraf, telefon; 3. tabor kolejowy, t.j. lokomotywy i wagony.-

Z powyższych urządzeń dróg żelaznych przedmiotami naszych studiów będzie: projektowanie, budowa i utrzymanie taboru

kolejowego, na co złożą się następujące wykłady: 1. lokomotywy, 2. wagony, 3. warsztaty kolejowe, 4. badanie parowozów, 5. elektrykozy. - Pozostałą dziedzinę urządzeń dróg żelaznych w ogólnych zarysach obejmie wykład -podstawy kolejnictwa. Wykład kursu lokomotyw obejmować będzie teorię i konstrukcję parowozu, t.j. lokomotywy z tłokowym silnikiem parowym; inne rodzaje silników, stosowanych w lokomotywach będą omówione, jako dalszy rozwój parowozu. Nim jednakże przystąpimy do właściwego przedmiotu naszych rozważań, poprzedzimy je krótkim wykładem o rozwoju toru kolejowego. Jest to konieczne z tego względu, że rozwój parowozu uwarunkowany był postępami w budowie toru, że czynniki te są ze sobą związane i wzajemnie od siebie zależne.

Powstanie i rozwój toru kolejowego

Drogi bite zaczęli budować Rzymianie na 312 lat przed narodzeniem Chrystusa. Nawierzchnia tych dróg składała się z trzech warstw: kamienia, szajbru i żwiru, na zaprawie ogólnej grubości około 1 metra. W wiekach średnich sztuka budowania dróg podupadła. Dopiero w XVIII-tym wieku ta gałąź techniki znowu znajduje swój wyraz w powstaniu licznych dróg i ulic miejskich z ulepszonymi brukami. W Paryżu powstaje (w r. 1747) szkoła dróg i mostów, w której przyszli inżynierowie studjują budowę i utrzymanie urządzeń komunikacji lądowej. Dzięki naukowemu przygotowaniu, jakie dawała szkoła, powstają nowe pomysły i ulepszenia w tej dziedzinie.

Powstanie kolei datuje się od czasu, kiedy, w celu otrzymania gładkiej drogi zaczęto układać szyny z ciosanego kamienia, w którym ztobiono rowki, zapobiegające staczaniu się kół na boki. Następnie powstają koleje, z belek drewnianych, które znajdują zastosowanie w r. 1620 w kopalniach węgla pod Newcastle w Anglii, oraz w Niemczech przy przetaczaniu wózków z rudą. Aby uniemożliwić staczanie się kół przybijano od strony zewnętrznej belek listwy. Następnie zaczęto obijać belki drewniane, stanowiące kolej płaskim żelazem. (rys. 1). W roku 1767, gdy spadła cena na surowce, Reynolds, dyrektor jednej z hut żelaznych w Anglii, zaczął odlewać płytki wytobione, które układano na belkach drewnianych. (rys. 2) Wówczas okazało się, że drogi o żelaznych płytkach są trwalsze niż drogi drewniane, oraz w porównaniu z

temi ostatnimi posiadają następujące zalety: utrzymanie ich jest tańsze, tarcie kół mniejsze. Dzięki mniejszemu tarciu kół o szyny można było przy użyciu tej samej, co poprzednio siły, względnie tej samej ilości koni, przewozić większe ciężary. Takie korzystne wyniki skłoniły Ben Curra do wybudowania w kopalniach węgla około Sheffieldu w r. 1776 kolei o szynach żelaznych. Były to szyny z żelaza łanego z listwami bocznymi, zabezpieczającymi wozy od zsuwania się: (rys. 3). Długość szyn wynosiła około 1 metra, oparcie ich stanowiły ciosane kamienie. Szyny z obrzeżami miały tę zaletę, że mogły po nich jeździć zwykłe wozy, natomiast wadą ich było gromadzenie pyłu i piasku, co powodowało wykolejenie się wozów i przerwy w komunikacji. Aby tego uniknąć, powzięto myśl zbudowania szyny bez bocznych listew i jednoczesnego zastosowania kół z obrzeżami. Szyna żeliwna bez obrzeży, pomysłu Jesse'a (w r. 1789) uwidoczona jest na rys. 4. Szynę tą umocowano do drewnianych podkładów za pomocą haków, lub opierano oboje jej końce na ciosanych kamieniach. Do umocowania szyn służyły występy w końcach - uszka, które okazały się niepraktyczne, gdyż często się odtamywały. Zaczęto przeło stosować umocowywanie szyny do podkładów za pomocą siodełka (rys. 5) W celu zwiększenia wytrzymałości beleczek w kierunku pionowym, posiadały one żeberka w kształcie paraboli (rys. 6). Tego typu szyny stanowiły część toru drogi żelaznej Stockton-Darlington, zbudowanej w 1825 r. przez Georga Stephensona. Pozostała jednak część tej drogi posiadała szyny z żelaza walcowanego, gdyż na parę lat przed budową, wynaleziono sposób walcowania szyn. Dokonał tego inżynier huty żelaznej w Dureyham John Berkinshaw w r. 1820. Szyny walcowane, długość których wynosiła $1\frac{1}{2}$ metra, miały ten sam kształt, co żeliwne (rys. 6) Nadanie tego kształtu wymagało, ze względu na żeberka, dodatkowej obróbki po przewalcowaniu szyny. Pierwsze drogi kolejowe w Ameryce, budowane około 1832 r., miały szyny z belek drewnianych, do których były przybite na wierzchu płaskowniki żelazne. Następnie te ostatnie zastąpiono pasami żelaznymi, o wzmocnionym przekroju. (rys. 7) Szyny drewniane z żelaznymi pasami długo jeszcze znajdowały zastosowanie i w r. 1838 projektowano nawet tego rodzaju tor dla Warszawsko-Wiedeńskiej kolei (rys. 8). W skutek technicznych trudności przy wyrobie

szyn walcowanych ze zmienną wysokością żeberka zaczęto wyrabiać szyny o stałym przekroju. Po licznych próbach znalazły szersze zastosowanie szyny o następujących przekrojach: 1. Szyna rozpowszechniona w Europie pod nazwą Brunela (rys. 9), której przekrój ma kształt podkowy. Najpierw była zastosowana w Ameryce w r. 1835, obecnie prawie wyszła z użycia.

2. Szyna o główce podwójnej, pierwszy raz zastosowana w r. 1838 przez Roberta Stephensona. Rysunek 10 przedstawia kształt, oraz sposób zamocowania tej szyny na podkładach za pomocą siodełek z żelaza łanego i klinów drewnianych. Pierwotnie szyny tego typu posiadały główki o jednakowych wymiarach. Miało to na celu łatwą wymianę zużytej główki przez obrócenie szyny. Jednakże wskutek tego że dolna główka szyny także się ścierała (w miejscach przylegania do ścianek siodełka) górna zaś po obróceniu jej w dół nie pasowała do siodełka, celowość takiej budowy straciła rację bytu. Obecnie stosowane tego typu szyny mają główki o różniących się wzajemnie wymiarach (rys. 11). Znajdują one zastosowanie w Anglii i we Francji.

3. Szyna o płaskiej podstawie, pierwszy raz zaprojektowana i zastosowana w Ameryce przez Stevensa w 1832 r. (rys. 12) następnie rozpowszechniła się w Anglii dzięki inżynierowi Dignolesowi, a obecnie jest wyłącznie używana na drogach żelaznych.

Szyna Dignolesa w poprzecznym przekroju składa się z trzech części (rys. 13): główki A, szynki B, oraz stopy (podstawy) C. -

Sity, którym podlega tor kolejowy pod działaniem taboru, mogą być rozłożone na trzy składowe: w kierunku pionowym, poziomym prostopadłym, oraz równoległym do osi toru.

Sity pionowe powstają wskutek: a) statycznego nacisku kół na szynę, b) dodatkowego dynamicznego ciśnienia, powstającego podczas ruchu taboru. Obecnie największy statyczny nacisk od osi napędnej na szyny na polskich drogach ma wynosić 17 ton, lecz już mamy parowozy z naciskiem 18 ton, a przewidywany jest nacisk 20 ton. Na niektórych europejskich drogach nacisk ten dochodzi do 25 t, w Stanach Zjednoczonych A.P. do 35 ton. Na wielkość dynamicznego nacisku wpływa: a) bezwładność odsprężynowanych części t.j. części taboru, zawieszonych na maźnicach zestawów kotowych za pomocą sprężyn; b) bezwładność koła, które toczy się po ugi-

jącym się pod wpływem obciążenia torze c) pionowa składowa siły odśrodkowej, powstającej w skutek niesymetrycznego względem osi obrotu rozkładu mas na kołach napędnych parowozu, d) nierówność toru w skutek stałego przegięcia szyn i niejednakowej ich wysokości w złączach. e) nierównomierne zużycie obręczy i szyn.

Wielkość składowej siły pionowej, o której mowa w punkcie „c” zależy od tego, jaka część mas maszyny parowej parowozu o ruchu postępowym jest zrównoważona przez odciążki kół napędnych. Obecnie zrównoważają 15-60% tych mas, kierując się zasadą, aby dodatkowy dynamiczny nacisk osi na szyny nie przekroczył 15% ciśnienia statycznego. - Masy o ruchu obrotowym zrównoważają się w zupełności. Ogólny nacisk dynamiczny wskutek przyczyn, związanych z torem i taborem, przy szybkościach nie przewyższających 100 km/godz. może dosięgać do 2,4 naciśku statycznego. Według spostrzeżeń pr. Wasłutyńskiego na dr. Warszawsko-Wiedeńskiej stanowi on 1,85 naciśku statycznego przy szybkościach jazdy do 64 km/godz.

Poziomy prostopadły do osi toru (boczny) nacisk kół na szyny, wywołany jest: a) stożkowatością obręczy; koła taboru rozszerzają tor, działając tak, jak kliny nawet wtedy, gdy tabor znajduje się w stanie spoczynku. b) obniżeniem się jednego toku szyn względem drugiego, c) wiatrem w kierunku prostopadłym do bocznych ścian taboru, d) uderzeniami obrzeży obręczy o szyny, spowodowanymi tem, że tłoiki jednej maszyny parowej biegną naprzód, drugie zaś wstecz, co wywołuje obrót parowozu około osi pionowej, e) siłą odśrodkową przy przejściu taboru po łukach, kiedy ma miejsce zabieganie kół na szyny. Nacisk boczny średnio wynosi 0,2-0,4 naciśku statycznego koła na szyny, a czasem dochodzi do 0,75 tegoż.

Siły działające wzdłuż osi toru i powstające przy toczeniu się kół taboru po szynach, powodują pełzanie (uciekanie) szyn w kierunku ruchu pociągu, lub też w odwrotnym do niego kierunku. -

Koła, wskutek sprężystości toru, wciskają się w szyny i pociągają je w kierunku ruchu. Uderzenia kół w końce szyn przy przechodzeniu przez złącza, a także hamowanie kół taboru powoduje również pełzanie (uciekanie) szyn w kierunku ruchu. Pełzanie szyn w kierunku przeciwnym do ruchu pociągu wywołane jest działaniem siły pociągowej przyczepnej parowozu. -

Podczas hamowania pociągu wskutek nacisku klocka na obwód koła (rys 14) siła P powstaje siła tarcia pomiędzy klockiem i obwodem $-F=f \cdot P$; przyczepiona do obwodu i działająca przeciwnie do kierunku obrotu koła. (strzałka „a” wskazuje kierunek obrotu.) Pod wpływem tej siły i ciśnienia koła na szynę powstaje siła przyczepności przyłożona do obwodu w kierunku AF' ; siła wzajemna jej, przyłożona do szyny działa, oczywiście w kierunku przeciwnym $-AF$, wywołując pełzanie szyn w tymże kierunku. Pełzanie szyn w kierunku przeciwnym do ruchu pociągu pod wpływem przyczepnej siły pociągowej parowozu da się wytłumaczyć w następujący sposób. Na rys. 15^a mamy uwidoczniony układ sił w mechanizmie napędzonym parowozu, powstałych wskutek ciśnienia pary na tłok P_t i na pokrywę cylindra P_p ($P_t = P_p$). przy biegu parowozu naprzód (strzałka b) i przy dopływie pary do przedniej części cylindra; na rys. 15^b uwidoczniony tenże układ sił, przy dopływie pary do tylnej części cylindra. Ciśnienie pary P_p na pokrywę przenosi się na ostojnicę za pomocą płyty D cylindra umocowanej do ostojnicy śrubami (rys. 15^a i 15^b) Ciśnienie zaś pary P_t na tłok za pomocą krzyżulca i drąga korbowego zostaje przeniesione na czop korby (C albo C' rys. 15^a i 15^b)

Dla uproszczenia rozkładu sił obierzemy położenie tłoka przy jego biegu naprzód i wstecz takie, żeby położenie czopa dolnego C i górnego C' znajdowały się na linii pionowej, przechodzącej przez oś zestawu kół. Działanie siły P_t , przeniesionej na czop C (rys. 15^a) wywołuje reakcję na punktach oparcia B o ostojnicę (ramę) i w A o szynę. W punkcie B powstaje nacisk F_r maźnicy na wykładnicę otworu maźnicy (widły maźniczne), stanowiące jedną całość z ostojnicą parowozu, siła ta więc będzie przyłożona do ostojnicy; wskutek tego na ostojnicę będą działać siły P_p - ciśnienie pary na pokrywę i siła F_r , każda w kierunku pokazanym na rys. 15^a. Do ostojnicy ostatecznie przy obiegu czopa korby po dolnym półkołu będzie przyłożona siła $S = P_p - F_r$. Siła S za pomocą widel maźnicy zostanie przeniesiona na koło - pokazana ona jest na rysunku strzałką „O”. Wskutek działania siły P_t na czop C i nacisku koła na szynę w punkcie A styku koła z szyną, pozostaje siła przyczepności Z_s (nazywana częstokroć adhesją Z_a) wskutek tarcia chropowatych powierzchni obwodu o szynę, siła Z_s działająca

w kierunku odwrotnym do postępowego ruchu parowozu (strzałka b) - ciśnienie na szynę i powoduje pełzanie szyny, jeżeli takowa jest słabo przymocowana do podkładu, albo podkład w podsypce.

Reakcja szyny na koło wyrazi się siłą $Z_k = Z_s$ przyłożoną do koła i działającą w kierunku biegu parowozu.

Z tego widzimy, że koło z czopem działa jak dźwignia: oznaczając promień koła przez R , korby przez r , odległość czopa od styku koła z szyną wyniesie wówczas $R-r$, a wtedy z równania momentów względem punktu O (rys. 15^e) otrzymamy $Z_k R = P_t r$; i $Z_k = \frac{P_t r}{R} = Z_s$. Z równania momentów względem punktu A mamy $F_k R = P_t (R-r)$; $F = \frac{P_t (R-r)}{R} = F_r$

oprócz tego mamy $P_t = F_k + Z_k$

$$S = P_p - F_r = P_t - \frac{P_t (R-r)}{R} = \frac{P_t r}{R} = Z_k = Z_s$$

Dla położenia czopa w punkcie C' i dolotu pary do tylnej części cylindra parowego układ sił pokazany jest na rys. 15^f i 15^d. Oznaczenia są jak poprzednio. Z równania momentów względem punktu O mamy: $Z_k R = P_t r$; $Z_k = \frac{P_t r}{R} = Z_s$

Z równania momentów względem punktu A mamy:

$$F_k R = P_t (R+r) \quad ; \quad F_k = \frac{P_t (R+r)}{R} = F_r$$

Oprócz tego mamy

$$F_r = F_k = P_t + Z_k \quad i \quad P_t = F_r - Z_k$$

Ponieważ zaś maźnica ciśnienia na ramę w kierunku biegu parowozu, a ciśnienie pary na pokrywę P_p działa w kierunku odwrotnym (rys. 15^e), to siła wypadkowa, przyłożona do ramy przy obiegu czopa korby po górnym półkole wyniesie

$$S = F_r - P_p = F_r - P_t = \frac{P_t (R+r)}{R} - P_t = \frac{P_t r}{R} = Z_k = Z_s$$

Z rys. 15^e widzimy, że pod wpływem siły P_p przyłożonej do czopa C' w punkcie B powstaje siła F_r , która ciśnienie na ramę w kierunku biegu parowozu (strzałka b), a w punkcie A siła Z_s ciśnienie na szynę w kierunku odwrotnym do biegu parowozu, t.j. w tym samym co i przy położeniu czopa w punkcie C (rys. 15^a).

Z przeprowadzonych powyżej badań widzimy, że pod wpływem ciśnienia pary doprowadzanej naprzemiennie do przedniej i tylnej części cylindra parowego - przy napędzie korbowym i przy biegu parowozu naprzód po szynach otrzymaliśmy na =

*) $F_k = F_r$ lecz o przeciwnym kierunku i przyłożona do koła rys. 15^e

stepującą wyniki:

1. Podczas jednego obrotu koła napędnego parowozu pod wpływem siły przyczepnej $Z_{\alpha} = Z_s = Z_k$ szyny pełzną w kierunku odwrotnym do biegu parowozu.

2. Siła nacisku koła na ramę F_r podczas biegu czopa po dolnej części okręgu koła odpowiada dającego drodze czopa - ma kierunek odwrotny do biegu parowozu, a przy biegu po górnej części koła ma kierunek jednakowy z biegiem parowozu (strzałka b).

3. Siła wypadkowa $S = Z_{\alpha}$ sił, powstających w ostojnicy ciśnienie na koło podczas całego obrotu czopa w kierunku biegu parowozu.

4. Ciśnienie szyny na koło Z_k , podczas całego obrotu czopa ma kierunek stały, jednakowy z kierunkiem biegu parowozu. Ponieważ do koła parowozu, opierającego się na szynę mamy przyłożone siły, jak pokazano na rys. 15^e *) to punkt A będzie środkiem chwilowym obrotu koła i takowe pod wpływem siły $S = Z_{\alpha}$ położy się około punktu A i pociągnie za sobą ostojnicę, a ta za pomocą sprzęgła pociągnie przyczepiony do parowozu pociąg.

Jeżeli byśmy usunęli szynę, czyli zniesli nacisk na szynę, to siła Z_k znikłaby i do koła zostałaby przyłożona para sił $Z_s = Z_{\alpha}$. Stąd wynika takie określenie parowozu i wogóle lokomotywy: „lokomotywa jest to wóz, do kół którego są przyłożone pary sił”

Siła Z_k (rys 15^e) powstaje pod działaniem zewnętrznej przyczyny - szyny na koło, a więc będzie ona siłą zewnętrzną względem koła, stanowiącego jedną całość z pozostałymi częściami parowozu, który w tym wypadku można przyjąć za bryłę. Mając na widoku założenie powyższe możemy siłę zewnętrzną Z_k przyłożoną w dowolnym punkcie bryły (parowozu) przenieść do środka ciężkości jako środka redukcji układu i wtedy otrzymamy siłę $\vec{Z}_k = Z_{\alpha}$, oraz parę $\vec{Z}_k^* = Z_{\alpha}$

*) Układ taki sił przyłożonych do koła powstaje wskutek tego, że działanie siły F_r na ostojnicę i szynę możemy zamienić 1. siłą F_z przyłożoną w punkcie B ciskającą w tym punkcie na ramę i dającą z ciśnieniem pary na pokrywę cylindra wynikową $S = Z_{\alpha}$ i 2. siłą Z_s przyłożoną w punkcie A ciskającą na szynę i dającą siłę Z_k ciśnienie szyny na koło.

Siła Z_k wywołuje ruch postępowy parowozu para Z_k będzie zniesiona przez opory ustroju, powodując przytem zużycie widel moźnicznych i innych złączy.

Wistocie opór pociągu przy ruchu postępowym parowozu pokonany będzie przez siłę wypadkową $S = Z_k = Z_u$, przyłożoną do osiojnicy parowozu.

Na tor kolejowy działają największe siły w kierunku pionowym, dlatego podkłady, do których są umocowane szyny nie mogą być ułożone bezpośrednio na naturalnym lub nasypowym gruncie, ponieważ pod działaniem obciążenia wstaczone byłyby w grunt, który rozmiękcza i unosi woda, a więc następowałoby w wyniku stałe odkształcenie się toru kolejowego, niedopuszczalne i niebezpieczne dla ruchu pociągów. Do osiągnięcia rozłożenia nacisku podkładów na torowisko możliwie jednostajnego, stosuje się t. zw. podsypkę. Jest to warstwa materjału, łatwo przepuszczalnego, odpornego na wplywy atmosferyczne i nadającego się dla t. zw. podbijania podkładów, w miarę ich osiadania; najlepszym materjalem na podsypkę jest szaber z twardego kamienia lub żużli, żwir i gruby piasek. Podsypka kładzie się bezpośrednio na grunt, lub warstwę kamienia. Przekroje poprzeczne takiego torowisko, uwidocznione są na rys 18 - koleji angielskich, a na rys 19 normalny dwutorowy przekrój koleji polskich. -

Wszystkie części składowe toru powinny pracować w granicach sprężystości. Badania nad ruchem części toru, spowodowanym obciążeniem przez zabor kolejowy wykazały:

a) Podkład osiada w stosunku prostym do obciążenia, a po przejściu pociągu wraca do położenia, jakie zajmował. Przytem podkład wygina się na swojej długości niejednakowo. Podkład o długości 2,7 m, podbity jednostajnie (szerokość toru normalna) osiada na końcach i w środku prawie jednakowo (rys 16) ugięcie pod szynami $y_s > y_o = y_k$. Podkład krótszy - 2,4 m. osiada końcami więcej niż w środku (rys 17) $y_k > y_s > y_o$.

b) Szyna ugina się bezpośrednio pod kołami parowozu znacznie więcej, niż w rozstępach między niemi. Ugięcie części szyny pod kołami tendra, przyczepionego do parowozu jest więcej równomierne. -

c) Osiadanie toru rozciąga się nie dalej, jak do 2,5 m. od skrajnych osi taboru.

d) Przy podsypce o grubości warstwy około 0,35 m. poniżej podstawy podkładów, ciśnienie podkładów na torowisko, rozkłada się już równomiernie.

Dla charakterystyki stanu toru kolejowego służy t. zw. współczynnik podłoża. Oznacza on stopień sztywności podłoża podkładów. Jeśli oznaczymy przez p - ciśnienie, wywierane przez podkład w pewnym punkcie jego podstawy na jednostkę kwadratową podłoża w kg/cm^2 , y - osiadanie podłoża podkładu w cm , odpowiadające ciśnieniu p , C - współczynnik podłoża, wyrażający ciśnienie w kg/cm^2 podłoża podkładu, powodujące osiadanie jego o jeden cm . pod warunkiem, że osiadanie nie przestaje być sprężystem, to na podstawie badań możemy przyjąć że $p = Cy$.

Jeżeli dla ustawionego na szynach parowozu określimy średnie osiadanie y każdego podkładu i jeżeli P - płaszczyzną podstawy podkładu oznaczymy przez ω , to możemy napisać równanie:

$$\sum C \omega y = P, \text{ czyli } C = \frac{P}{\sum \omega y}$$

Na podstawie badań Zimmermana w r. 1887 na kolejach alzacko-łotaryngskich, inż. Stecewicza na drogach rosyjskich i prof. Wasilutyńskiego na drodze Warszawsko-Wiedeńskiej - średnio współczynnik podłoża $C = 3$ lub 4 .

Współczynniki sprężystości innych materiałów, wcho-
dzących w skład budowy wierzchniej toru: dla stał szynowej, według doświadczeń Bacha $= 2200 \text{ t}/\text{cm}^2$, sosny i dębu przy gięciu według doświadczeń Bauschingera $100 - 108 \text{ t}/\text{cm}^2$.

Podsypka. Na współczynnik podłoża C wywiera wpływ nie tylko podsypka, lecz i własność gruntów, naturalnego i nasypowego, znajdującego się pod nią. Podkłady szynowe muszą mieć odpowiednio urządzone podłoża w postaci podsypki; podkłady układają się bezpośrednio na gruncie stałym lub nasypce tylko na kolejach dojazdowych lub przenośnych lekkiego typu. Podsypka z szobru musi być z twardego kamienia o wymiarze do 5 cm .

Zwir i gruby piasek musi być bez domieszki gliny. Bardzo dobrze podsypka jest z żużli wielkich pieców.

Podkłady, ułożone na szabrze, długo utrzymują swoje normalne położenie, ponieważ szaber trudno się usuwa z pod podkładu, dzięki ostrym krawędziom oddzielnych kamyków. Podsyпка z szabru daje najmniej kurzu, co wpływa bardzo dodatnio na konserwację mechanizmów taboru. Na Polskich Kolejach od całej długości toru na podsypkę z szabru przypada 15%, ze żwiru 45% i z piasku 40%. Grubość podsyпки powinna wynosić od 35 ÷ 55 cm; szerokość podsyпки w górnej płaszczyźnie jest o 50 cm. większa od długości podkładu. Boczne skosy podsyпки 1 ÷ 1½.

Podkłady. (poprzecznicę) bywają drewniane, walcowane z żelaza żelwnego i żelazo betonowe. Zpośród rodzajów drzewa, używanego do wyrobu podkładów najlepszym jest dąb, ponieważ wskutek swej twardości dobrze wytrzymuje ciśnienie szyn i trzyma mocno szyniaki, oraz wkrętki, za pomocą których umocowane są szyny do podkładów. Podkład dębowy, będąc odpornym na gięcie, oraz cięższy od innych gatunków drzewa, czyni tor statecznym. Powyższych zalet nie posiada sosna, lecz ponieważ znajduje się ona u nas w dużych ilościach, to podkłady sosnowe są tanie (kosztują dwa razy mniej, niż dębowe); z tego względu liczba stosowanych na naszych kolejach podkładów sosnowych znacznie przewyższa dębowe, których jest zaledwie 20% całkowitej ilości. Wreszcie stosowane również podkłady jodłowe, mianowicie w Rosji podczas wojny światowej z braku podkładów sosnowych.

Podkład sosnowy służy do 7 lat, dębowy do 14 lat; nasycanie substancjami przeciugnitnemi (chlorkiem cynku, krezolem) zwiększa trwałość dębiny od 25% ÷ 50%, sosny zaś od 100 ÷ 150%. -

Kształt drewnianego podkładu w przekroju poprzecznym bywa zwykle prostokątny, obrobiony z czterech boków z nieznacznymi otlisami (rys. 20) Na polskich dr. żel. Państwowych mamy 6 normalnych typów podkładów:

Na rys. 21 pokazany jest podkład normalny typu I- sosnowy, lub dębowy, na podsyпce z szabru, lub żwiru;

na rys 22 - typ II na podsypce piaskowej. Szerokość dolnej podstawy podkładów na pierwszorzędnych wynosi 250 do 320 mm. grubość podkładów 130 ÷ 150 mm. Długość normalna 2,7 m., na linjach drugorzędnych 2,5 m. Dla zabezpieczenia sosnowych podkładów od zniszczenia mechanicznego w miejscach umocowania haków lub wkrętek, stosują korki Collet'a (rys 23) z twardego drzewa.

Pod wpływem całkowitego statycznego nacisku napędnej osi parowozu na jeden podkład, ciśnienie na podsypkę nie powinno przekraczać $2,5 \text{ kg/cm}^2$. Szerokość podkładu w górnej płaszczyźnie obliczamy, wychodząc z założenia, że wytrzymałość drzewo na zgniecenie, prostopadłe do włókien wynosi 270 kg/cm^2 , granica zaś sprężystości około 90 kg/cm^2 . Odległość pomiędzy podkładami = $85 \div 75 \text{ cm}$. (1200 ÷ 1500 sztuk na kilometr.) w zależności od nacisku zespołu kół na szyny i od szybkości jazdy. -

Podkłady żelazne mają kształt koryta przewróconego dnem do góry. Przy takiej formie daje się osiągnąć najlepsze podbicie podkładu. Krawędzie dolne są zgrubione przez co zwiększa się wytrzymałość, a także i sztywność pionowych ścianek, dzięki czemu zapobiega się ich wyginaniu, przy podbijaniu podsypki. Na rys. 24^a i 24^b pokazano przekroje najczęściej używanych podkładów

Główną wadą metalowych podkładów, jest brak dolnej poziomej podstawy. Żelbetonowy podkład pokazany jest na rys. 25 w przekroju. Zalety: możliwość nadawania kształtu podkładów drewnianych; chropowatość powierzchni, oraz znaczny ciężar zapewniają żelbetonowym podkładom stateczność. Wady: trudność przymocowania szyn; w tym celu najczęściej wbija się haki, lub wkręca śruby w drewniane korki, które muszą być wpuszczone w beton; włókna dolne i górne podkładu pracują jednocześnie na rozciąganie (patrz rys 16 i 17). - To wymaga znacznej ilości metalu dla wzmocnienia dolnej i górnej warstwy betonu; beton ściera się znacznie, pod stopą szyn i dlatego trzeba w tym miejscu elastyczny materiał jak np. filc. -

Szyny. Z podanego powyżej rozwoju historycznego typów szyn widzimy, że obecnie szyna Dignolesa ma najszersze zastosowanie; przeto zaznajomimy się bliżej z budową tej szyny. Oznaczamy przez (rys.13) a - szerokość główki szyny; h^1 - wysokość główki; b - szerokość podstawy; e - grubość szyjki; h - wysokość szyny; F - pole przekroju szyny. Szerokość główki a bywa od 51-72 mm. Szerokie główki zmniejszają ścieranie się obręczy i szyn, a także zwiększają powierzchnie przylegania tubek do szyn w złączach.

Stosunek $\frac{a}{h}$ waha się od 1,2 ÷ 1,7, w naszych typach szyn jest bliższy do wyższej granicy, dzięki czemu zwiększa się moment bezwładności i wytrzymałości przekroju, względem osi poziomej i pionowej.

Na ścieranie dodaje się pewien nadmiar wysokości główki, stanowiący od 6-10 mm. Taki zapas wystarczy najmniej na 30 lat służby szyny, która zresztą przeciętnie trwa krócej, w skutek pęknięć i innych uszkodzeń. Górne obręście główki jest wypukłe - promień łuku 200 ÷ 300 mm. Przy takim kształcie starta obręcz koła taboru dokładnie przylega do główki szyny. Promień zaokrąglenia bocznej ścianki główki przy przejściu w górę $r=14$ mm. Czasami główka ku dołowi bywa podszerzana w celu zwiększenia powierzchni przylegania tubek do szyn. Powierzchnie te mają pochylność 1:2, 1:3, 1:4, a obecnie nawet 1:5.

Grubość szyjki $e=11 \div 18$ mm. Szerokość stopy $b=100 \div 150$ mm. W szynach angielskich i amerykańskich $b=h$, w europejskich $b=0,8 \div 0,9 h$.

Dla szyn o profilach, używanych obecnie na normalnych kolejach, ważne są następujące wzory w przybliżeniu
moment bezwładności: $J=0,13 F h^2$ albo $J=0,032 h^4 \text{ cm}^4$
moment wytrzymałości: $W=0,26 F h$ albo $W=0,054 h^3 \text{ cm}^3$
pole przekroju $F=0,238 h^2 \text{ cm}^2$
ciężar $G=0,187 h^2 = 0,786 F \text{ kg/m.b.}$

Długość szyny = 12 ÷ 15 m, w tunelach i na mostach - 18 m.

Szyny winny być, o ile możliwości jak najdłuższe, aby zredukować ilość złączy, szkodliwie oddziaływu-

jących na tabor i tor kolejowy, oraz zwiększających opór ruchu pociągu. Metalurgia zrobiła obecnie takie postępy, że mamy szyny o długości 30 m. w celu podłuzenia szyn, zaczynają spawać krótsze szyny.

Ilość typów szyn, stosowanych na drogach żelaznych jest znaczna. Motywuje się to różnorodnymi warunkami budowy i eksploatacji, a także różnicą zdań inżynierów w sprawie samego ustroju nawierzchni.

Niektóre kraje, jak Ameryka, Niemcy, Rosja, przeprowadziły normalizację szyn. W Polsce spotykamy obecnie trzy typy szyn: rosyjskie II 1908 r. o ciężarze 38,4 kg/m.b. (rys. 26) i pruskie o ciężarze 41 kg/m.b. (rys. 27) i nasze normalne typy L o ciężarze 38,05 kg/m.b. i typu S o ciężarze 42,59 kg/m.b. (rys. 29^a). Niemcy w r. 1922 opracowały dl. państw. dr. żel. nowe typy-cięższe. Rys. 28. przedstawia szynę o wadze 49,42 kg/m.b. z poszerzoną główką, u dołu. Rys. 29 uwidacznia szynę angielską o wadze 44,64 kg/m.b. przy szerokości stopy równej wysokości szyny ($b=h$). Nowsze szyny amerykańskie zbliżone są w swej budowie do szyn, używanych w Europie; przeważnie jednak stosowane są tam jeszcze typy, w których $b/h=1$.

Szyny wyrabia się ze stali zlewnej w gruszkach Bessemera (sposób kwaśny-surowiec wolny od fosforu) lub Tomasa (sposób zasadowy-surowiec może zawierać fosfor) albo też z pieców Simens-Martina. Stal dla szyn jest wymagana o wytrzymałości na rozciąganie $R=65 \text{ kg/mm}^2$ i wydłużeniu $\delta=10\%$ ($R+2\delta \geq 85$). Granica sprężystości dla tego materiału = $\frac{2}{3}$ wytrzymałości, czyli 43 kg/cm^2 lecz ponieważ ciśnienie dynamiczne ocenia się na 2,4 ciśnienia stałym szyn należy przyjmować dopuszczalne naprężenie nie przewyższające $\frac{1}{3}$ granicy sprężystości przy gięciu, czyli $\frac{43}{3} = 14,3 \text{ kg/mm}^2$. Przy zwykle stosowanych wymiarach podkładów ($a=25 \text{ cm}$, $h=15 \text{ cm}$) odległościach między nimi = 75 ÷ 85 cm, współczynnika podłoża $C=3$ i nacisku około 17 t. ciężar szyny wynosi 32 ÷ 38 kg/m.b., a obecnie nawet 40 - 46 kg/m.b. w Ameryce zaś dochodzi do 70 kg/m.b.

Aby dać pojęcie o dopuszczalnej szybkości jazdy w km/godz. w zależności od nacisku osi na szyny w tonnach, ciężaru szyny w kg/m.b., ilości podkładów na wiorstę* podajemy wyciąg tych danych stosowanych na kolejach rosyjskich dla typu szyn używanych jeszcze obecnie na naszych kolejach:

Typ szyn	Waga		Dozwolony nacisk na oś w t.	Ilość podkładów na wiorstę							
	f/stop	kg/m.b.		1300		1400		1500		1600	
	Dozwolona prędkość największa										
			wiorst	kil.	wiorst	kil.	wiorst	kil.	wiorst	kil.	
II	28 1/2	38,3	14	60	64	70	74,7	85	90,7	94	100,3
			15	60	64	70	74,7	85	90,7	88	93,9
			15 2/3*)	60	64	70	74,7	78	83,2	80	85,3

*) Dla przerzadzania pociągów manewrowych

Umocowanie szyn do podkładów

Szyny kładzie się na podkładach bezpośrednio lub też podkładając pod nie podkładki i przytwierdza się je do podkładów hakami. Haki (szyniaki) - rys 30 - w przekroju są kwadratowe, w dołu tworzą klin, który przecina włókna, a nie rozczepia i dlatego lepiej się trzyma w drzewie. Główna haka zatapia się szynę za stopę; dla wyciągania haka z podkładu służą ucha. Grubość haka = 14-18 mm, długość 140-170 mm. Wkrętki (rys 31): średnica 20-23 mm, długość 120-150, gwint rzadki w celu uniknięcia zmiążdżenia włókien; główka okrągła na wierzchu ma czop kwadratowy dla wkręcania; aby można było poznać, czy wkrętka nie była wbijana, czop ma wypukłą cechę. Haki i wkręty mają przeciwdziałać przesunięciu szyny po podkładzie w stronę zewnętrzną toru, oraz wywróceniu się około zewnętrznej krawędzi stopy szyny pod działaniem poziomego nacisku kół (pionowego do osi toru).

Szyny do podkładu mocuje się 3 hakami: jede zewnętrzne, dwa wewnętrzne; w tym wypadku hak zewnętrzny, znosi siłę przesuwającą, zmniejszoną o siłę tarcia szyny po podkładzie, wewnętrzne zaś przeciwdziałają się wywróceniu szyny pod

*) wiorsta = 1,066781 km.

wplywem siły, która określa się z równania: (rys 13)

$$S \cdot b \approx H \cdot h ; S \approx \frac{H \cdot h}{b}$$

Więc czym szerokość stopy jest większa przy tymże h , tym tor jest stateczniejszy; w tym celu szyny angielskie mają $b=h$. Jeżeli szyny kładziemy bezpośrednio na drewnianym podkładzie, lub płaskich podkładkach, to dla nadania pochylenia szynie odpowiedniego do stożkowatości obręczy, robimy odpowiednie zacięcie w podkładzie (rys 33). W miejscach zacięcia podkładów zatrzymuje się woda, przenika następnie wewnątrz drzewa i powoduje gnicie. - Aby uniknąć tego zjawiska, stosują podkładki klinowate z obrzeżami. Stosując podkładki z obrzeżami osiągamy jeszcze i to, że siłom bocznym na ścianie przeciwstawiają się wszystkie 3 hacce, względnie wkretki. Na rys 32 pokazana jest podkładka dla szyny typu rys. 27, na rys 34 podkładka dla szyny typu rys. 26. Rys. 35^a, 35^b, 35^c, 35^d przedstawiają podkładkę z częściami składowymi, służącą do umocowania szyny do żelaznego podkładu. -

Złącza. Stanowią najstańszą część toru. Trzeba dążyć do tego, żeby złącza składały się z najmniejszej ilości, możliwie najprostrzych części, aby wykonanie ich i utrzymanie nie było drogie; następnie żeby było możliwe ciągle, a zarazem nie przeszkadzało wzajemnemu zbliżaniu się lub oddalaniu końców szyny, które powstaje pod wplywem zmiany temperatury powietrza. Kongres Kolejowy w Londynie w 1926 r. uchwalił, że należałoby przeprowadzić próby: a) ze złączami mostkowymi, w których końce szyny leżą na metalowej podstawie, tworzącej mostek pomiędzy przyzłączowymi podkładami, b) ze złączami wiszącymi, c) ze złączami nie wymagającymi dziurawienia szyny. Urządzenia mające na celu zapobieganie pęcznieniu szyn powinny być uniezależnione od złącz

Z początku ustrój złącza polegał na tym, że końce szyn opierały się na jednym podzłączowym podkładzie, za pomocą podkładek i haków w typach budowy nawierzchni o szynach Uignoles'a rys 36, albo za po-

mocą siodełek o szynach typu Stephensaona rys 37.

Od roku 1850 zaczęto stosować łączenie końców szyn za pomocą pary tubków, ściąganych śrubami; następnie zarzucono opieranie szyn swemi końcami na jednym wspólnym podkładzie i zaczęto opierać każdy koniec szyny na oddzielnym podkładzie, stosując urządzenie zw. łączyca wiszącego. Przy zastosowaniu tego urządzenia łączyca szyny z główką o przekroju gruszki, zostały zamienione szynami o przekrojach obecnie używanych, które pozwalają lepiej oddawać tubkom ciśnienie pionowe.

Dla zwiększenia sztywności łączyca zaczęto zamiast tubków płaskich (rys. 38) stosować tubki o przekroju kątowym (rys. 39), lub zetowym (rys. 40). Niektóre drogi znajdują, że najlepiej jest używać proste tubki, o wzmocnionym przekroju stosując jednocześnie cięższe szyny, jak np. Belgijskie Państwowe Koleje (rys 41). -

Stosując ten, lub inny typ tubek, trzeba starać się dać takie wymiary, aby stosunek momentu bezwładności pary tubków do momentu bezwładności szyny, o ile możliwości zbliział się do 1-sci. - Dla płaskich niewzmocnionych tubek stosunek ten wynosił tylko około 0,35, a w zetowych dochodzi do 0,9. -

Zależnie od długości tubków łączy się je 4 (rys. 38) lub 6 śrubami (rys. 40). Śruby te, łącząc tubki, nie powinny przeszkadzać wydłużaniu, lub kurczeniu się szyny pod wpływem zmiany temperatury; w tym celu otwory dla śrub robi się w szynach podługowate. Aby przeciwdziałać pęcznieniu szyn, przy tubkach płaskich przybijają do podkładów przyłączonych specjalny kątownik, który opiera się o tubkę; przy tubkach kątowych, robi się wycięcia w poziomym pasie, przez które przechodzą jeden, lub dwa hakiki (rys 39) albo wkrętki (rys 42). Długie tubki zetowe mogą zwieszającami się pasami z odpowiednimi wycięciami należy objąć podkładkę i oprzyć się o podkład, a więc zabezpieczyć szyny od pęcznienia. -

Pomimo znacznych ulepszeń, dokonanych w łączy-

czach wiszących nie odpowiadają one już tym wymaganiom, które są stawiane złączom przy obecnym ruchu taboru kolejowego, dlatego zaczęto stosować ostatnimi czasy podkłady przyzłączowe podwójne, jak to pokazano na rys 43 dla podkładów drewnianych. Przy torze z metalowymi podkładami w złączach stosują specjalne podwójne podkłady o podwójnej szerokości rys. 44. - Na rys. 45 pokazana opórka przeciwpętlna typu „BPS” do szyny normalnego typu „S”

Podany skrócony opis powstania toru kolejowego i doprowadzenia go do obecnego stanu, w zależności od sił, działających na niego pod wpływem ruchu taboru kolejowego wystarczy nam dla zrozumienia teorii budowy i pracy tego taboru. -

Bardziej szczegółowy opis ustroju toru kolejowego, będzie omówiony w kursie „Podstawy Kolejnictwa”. Pomimo to jest pożądane, aby studenci Wydz. Mechanicznego grupy komunikacyjnej, zamierzający poświęcić się w przyszłości służbie na drogach żelaznych, przestudjowali dzieło prof. A. Wasiutyńskiego „Drogi żelazne”. -

1. Powstanie Taboru Kolejowego.

Wóz, wagon i zasadnicze cechy kół tych pojazdów

Zanim wynaleziono wóz, do przenoszenia ciężarów, używano ludzi i zwierząt. Pierwsze wozy zbudowano w postaci sani, takich, z jakich obecnie jeszcze korzystałyśmy do jazdy po śniegu i lodzie; przewożąc ciężary po pomoście, smarowano płoży mazią celem zmniejszenia tarcia. Dążność do zmniejszenia siły pociągowej przy przewożeniu znacznych ciężarów zmusiła do zastąpienia tarcia posuwistego, tarcie obrotowym - powstał więc wóz na kółkach. Wozów takich używano już na 2000 lat przed Nar. Chr. ale pierwsza karetka zbudowana została w r. 1568 w Anglii, pierwsza dorożka pojawiła się w r. 1625 w Londynie, a pierwszy dyliżans w r. 1659 i aż do dn. 27 września 1825 r. t.j. do chwili otwarcia pierwszej drogi żelaznej dla użytku publicznego Stockton - Darlington służyły powyższe pojazdy wyłącznie do przewozu większych

ciłości ludzi. Zasadniczą część wozu stanowił zespół kół osi, z dwoma kołami, obracającymi się na czopach osi. Koło wozu (rys 46) składa się z tulejki metalowej A i z następujących części drewnianych: piasty B, ramion C, wieńca D i obręczy z żelaznego płaskownika E. Ulepszenie wozu dla dróg zwyczajnych wykonano przez zawieszenie pudła na sprężynach o znacznej przegiębności, przez zamianę drewnianych części koła metalowymi, oraz zastosowanie obręczy gumowych zamiast żelaznych. Wynalazek obręczy pneumatycznych Hro-ku 1875 w znacznej mierze dopomógł rozwojowi automobilizmu.

Swobodnie osadzone na osiach, pozwalało kołom zewnętrznym przechodzić na zakrętach dłuższe drogi, bez dodatkowego oporu, powodowanego poślizgiem. W kołach obracających na czopach tulejki piast wycierały się znacznie wskutek czego koła odchyłają się podczas ruchu od swego pierwotnego pionowego położenia (rys 46) o δ_1 , δ_2 , lub δ_2 , δ_1 ; w wozach dróg żelaznych, zwanych wagonami, odchylenia takie są niedopuszczalne, gdyż wskutek ograniczonych wymiarów obręczy taboru kolejowego, odległość pomiędzy kołem, a składowymi częściami pudła i ostojnicy, są nieznaczne; Poza to koła bez obrzeży, tocząc się po szynach z obrzeżami, wykolejały się często i dla tego zestaw kół pojazdu kolejowego musiał ulec zmianie, przez nadanie mu odpowiedniej konstrukcji.

Charakterystyczną cechą zespołu kół taboru kolejowego są koła osadzone nieruchomo na osiach i stożkowe obręcze zaopatrzone w obrzeża rys 47 do 50.

Przez nieruchome obsadzenie kół, unikamy ścierania się otworu piasty, przylega ona dokładnie do osi, zapewniając jednoślajne obciążenie części podpiastowej osi i prawidłowy nacisk kół na szyny; poza to możemy dać mniejsze luzy pomiędzy płaszczyznami kół, a pudłem i ostojnicą.

Stożkowatość obręczy nadaje się celem zmniejszenia poślizgu kół na tuskach i ruchu wężykowego wagonu podczas biegu po torze prostoliniowym.

Koła muszą być nasadzone na osie dokładnie według wymiarów rysunku.

Na drogach o torze normalnym, odległość wewnętrzna (w świetle) między główkami szyn, wynosi 1435 mm (4'8,5") Okręgi toczne kół otrzymamy, przecinając obręcz płaszczyznami pionowymi, równoległymi do osi toru, oddalone od siebie o 1500 mm; jest to odległość pomiędzy osiami geometrycznymi szyn. Prześwit normalny między wewnętrznymi płaszczyznami obręczy wynosi 1360 mm., dopuszczalne odchylenie przy nasadzeniu obręczy - po 3 mm. na każdą stronę. Luz między obrzeżem obręczy, a szyną, mierzony na poziomie o 10 mm. niżej okręgów tocznych waha się od 10 do 25 mm.; jest on niezbędny ze względu na zmniejszenie oporu ruchu, na nieuniknione niedokładności przy nasadzeniu kół - oraz na odchylenie szyn od ich normalnego położenia. Odpowiednio do pochylecia szyn, stożkowatość obręczy pośrodku wynosi zwykle 1:20; normalne wymiary obręczy i ich odległości wzajemne są na rys. 47 zestawu kół wagonu, na którym jedno koło pokazane łarczowe walcowane, a drugie o 8^{miu} ramionach. Na rys. 48 pokazany przekrój obręczy z pierścieniem zaciskowym, który uniemożliwia odpadnięcie kawałka obręczy, wrazie pęknięcia w dwóch miejscach. -

Wozy silnikowe (lokomotywy)

Pierwszą siłą pociągową dla przewożenia ciężarów stanowili ludzie i zwierzęta. W Anglii i w Niemczech używano w kopalniach wózki, ciągnięte przez konie po drewnianych, a następnie żelaznych szynach; przy zastosowaniu ostających, waga ładunku podniosła się czterokrotnie w odniesieniu do tej samej siły i drogi zwykłej. -

Okazało się wkrótce, że sity konia nie wystarczą, zaczęto więc dla wciągania wagonów na wzniesienia korzystać z ciężaru staczających się wagonów: pociąg zjeżdżający na dół, ciężarem swym wciągał na górę drugi pociąg próżny, za pomocą liny przerzuconej przez bęben.

Następnie zastosowano do wciągania stałe maszyny parowe i kota wodne. W roku 1768 Edgewart przedstawił angielskiemu „Society of Arts” projekt budowy drogi żelaznej ze stałą maszyną parową, która za pomocą liny bez końca, naciągniętej na rolkach - przesuwatyby wagony na szynach; projekt nagrodzono złotym medalem, ale nie został on urzeczywistniony. -

O zastosowaniu ciśnienia pary, jako sity pociągowej, myślał już Newton (1680r) w tym też kierunku pracowali Savery, Papin, James Watt, Olivier Evans i inni; żaden z nich swego pomysłu nie urzeczywistnił. -

Pierwotny wóz parowy został zbudowany dla przewożenia ciężkich armat i uruchomiony na bruku paryskim w 1768 roku przez francuskiego oficera Cugnota (przechowywany dotychczas w muzeum „Conservatoire des Arts et Métiers w Paryżu). Próby, choć nieudane, przekonaty ówczesnych inżynierów, o możliwości stosowania pary do poruszania wozów. W r. 1784 James Watt wraz ze swym przyjacielem Murdochem uzyskują patent na maszynę parową do poruszania wozów na zwykłych drogach, lecz pomysł nie urzeczywistniają. Projektowana maszyna, jak wszystkie maszyny Watta, miała być niskiego ciśnienia; z tego też powodu prawdopodobnie, wynalazcy natrafili na nieprzezwyciężone trudności. Dopiero w r. 1799 wyżej wspomniany Olivier Evans zbudował maszynę parową o wysokim ciśnieniu i wolnym wydmuchu, oraz zastosował ją do wykonanego w r. 1803-1804 wozu. -

Pierwszy ten parowóz w Ameryce, zwany przez wynalazcę „Świętym Amphibolos” jeździł w obecności tysięcy widzów ulicami Filadelfji, jednak z powodu niezrozumienia doniosłości

i celowości tego sposobu komunikacji, Evans nie mógł uzyskać odpowiednich funduszy, musiał zaprzestać dalszych ulepszeń i prób.-

Prawie jednocześnie z nim nad wynalazkiem wozu z silnikiem parowym pracowali Trevithick i Viviani w Anglii. R. Trevithick buduje w r. 1801 dla dróg bez szyn wóz z silnikiem parowym dla straży ogniowej, a w r. 1803 - parowóz do jazdy po gładkich szynach żelaznych.-

W tymże czasie ukazują się najpierw na ulicach Paryża omnibusy z silnikami parowymi, następnie zaś w Anglii i w r. 1830 takich omnibusów kursowało tam około 100 sztuk.-

Pierwszą lokomotywą (parowóz) sprawnie działającą i w zasadniczych częściach mało różniącą się od obecnie budowanych, dał nam G. Stephenson, jednak Trevithick (Trevifick) był pierwszy, który zrozumiał, że lokomotywa postawiona na gładkie szyny i poruszająca się po nich ma widoki na rozwój w przyszłości.-

Parowóz Trevithicka (1803r) posiadał (rys. 49) kocioł (średnicy 1,29 m. długości 1,83 m) z rurą płomienicową powrotną. W kocioł powyżej rury płomienicowej wstawiony był cylinder parowy ($\frac{D=8''=203\text{mm}}{S=4''6''=1043\text{mm}}$) Rozrząd pary wykonywał kurek sterowany występami na wodziku.-

Ruch wadzika za pomocą korbowodu i kół zębatach przenosi się na 2 gładkie napędne koła żeliwne. Koło zamachowe wyrównywało jednostajność biegu. Para wylotowa podgrzewała wodę, zasilającą kocioł i podtrzymywała próżnię w dymnicy. Parowóz pracował w zakładach hutniczych południowej Walji na odcinku 1,6 km. ze znacznymi wzniesieniami, ciągnął pociąg składający się z 5 wagonów wagi 25,4 t. z szybkością 6,4 km/godz.; największa szybkość parowozu bez pociągu wynosiła 25,7 km/godz.-

Szyny żeliwne jednak były zbyt słabe i tamaty się często, a ze włości cielel nie chciał zastąpić ich cięższymi, parowóz wycofano z ruchu i zamieniono w maszynę stałą do napędu pompy wodnej.-

Wiadomem było już wtenczas z podstaw mechaniki, że samo ciśnienie pary w cylindrze, jako siła wewnętrzna na ruch parowozu wptynąć nie może, że istnieć tu musi inna siła - zewnętrzna.

Edgeworth szukał jej w reakcji liny, Trevithick - w tarcie gładkich obrotów o gładkie szyny; inni, sądząc, że siła naturalnego tarcia jest tak mała, iż nie wystarczy do nadania parowozowi ruchu postępowego przy przewożeniu cięższych pociągów - szukali rozwiązania w inny sposób.

W r. 1811 Blenkinsop patentuje parowóz zębaty (rys. 50); ruch postępowy parowozu otrzymuje się dzięki kołom zębatym i zębatkom, ułożonym pomiędzy szynami, albo obok. Parowóz miał kocioł owalny z jedną podłużną, promienną, dwa pionowe cylindry, umieszczone w kotłach; korby przestawione o 90° względem siebie, tak że parowóz mógł ruszać z każdego położenia (prototyp późniejszych maszyn bliźniaczych). Ruch postępowy tłoków przenosił się za pomocą korbowodów na dwa wały obracające się w łożyskach przymocowanych do ostojnicy, z wałów za pomocą przekładni zębatej na oś z osadzonemi na końcach kołami zębatymi, te ostatnie ząbowały się z zębatkami (w literaturze spotyka się też opis tego parowozu z jedną szyną zębatą).

Na innej zasadzie oparł swój parowóz Brunton. Parowóz jego zbudowany w r. 1813 jest czterokołowy o jednym cylindrze (rys. 51) Dług tłokowy, umieszczony poziomo, poruszał dwa szczudła, które opierając się na przemiannym torze, poruszały parowóz, był to więc rodzaj nóg mechanicznych. Próba tego parowozu skończyła się fatalnie: wybuchł kocioł i prawie wszyscy obecni zginęli.

Wilhelm i Edward Clapmanowie użyli do napędu tańcucha, który leżąc między szynami, nawijał się na koła osadzone pod maszyną; z powodu wielkiego tarcia tańcucha, próby wypadły niepomysłnie i zostały zaniechane.

Właściciel kopalni w Newcastle Blackett i dyrek-

tor jej Hedley starają się obalić pogląd, że parowóz o gładkich kołach nie może ciągnąć po szynach gładkich pociągów znacznej wagi. Hadley w r. 1812 wykazuje doświadczalnie, że potrzebny jest tylko odpowiedni nacisk kół napędnych na szyny, aby otrzymać dostateczną siłę do poruszania pociągów.-

Po oparowaniu powyższej podstawy otrzymanie siły pociągowej przyczepności, buduje on w r. 1813 parowóz pod nazwą „Puffing Billy” (rys 52).

Wynikami pracy Hadley'a zainteresował się George Stephenson (ur. 9.II.1781r, um. 12.VIII.1848r), wówczas główny mechanik kopalni węgla w Killingworth. Doszedł on do przekonania, porównując parowozy Puffing Billy i Blenkinsopa, że w tym ostatnim należy tylko usunąć koła zębate, ząbatające się o zębate szyny, a nowy parowóz da wyniki lepsze od „Puffing Billy”. W ten sposób powstał w r. 1814 pierwszy parowóz Stephensona „Blücher” (rys. 53). Był to parowóz dwuosiowy z gładkimi obrotami, łożącymi się po gładkich szynach. Kocioł był cylindryczny (średn. 1110 [3'8"] / długość 2415 [8']) z pojedynczą płomienicą ϕ 508 mm. (20") cylindry parowe ϕ 200 mm (8") / $s=605$ mm (2') i mechanizm napędu kół, jak u Blenkinsopa. Średnica kół 914 mm. Parowóz mógł ciągnąć pociąg z 8 wagonów wagi 30 t. z prędkością 4 mił/godz. (6.4 km/godz) Wadą tego parowozu były wstrząsy i hałas, powodowane przekładnią zębatą. Dlatego też w następnym parowozie, zbudowanym w r. 1815 wespół z Doddsem - Stephenson zaniechał stosowania kół zębatych, oraz wprowadził odresorowanie kotła i maszyny na zestawach kół.-

Parowóz ten (rys. 54) posiadał 2 pionowe cylindry, częściowo wpuszczone w kocioł. Długi tłokowe zakończone były poprzecznymi beleczkami, od których odchodzące w obydwie strony korbowody chwytają za korby, osadzone pomiędzy ramionami kół. Korby jednej pary kół były przesunięte o 90° względem drugiej i utrzymywane w tym położeniu przy pomocy tańcucha bez końca.

skutkiem tego żadna z osi nie mogła obracać się pojedynczo.

W roku 1823 Stephenson bierze udział w budowie kolei żelaznej Stockton-Darlington, którą zaopatruje w szyny gładkie, na znacznej długości nawet już z żelaza walcowanego. Dla zaopatrzenia drogi w tabor buduje w r. 1824 w Newcastle pierwszą na świecie fabrykę parowozów, kierownikiem której zostaje syn jego, Robert.

1 Kolej żelazna Stockton-Darlington, zbudowana głównie dla wywozu węgla z tamtejszych okęgów do portów północnych, oddana została do użytku publicznego 27 września 1825 r.; była to zarazem pierwsza kolej, na której wprowadzono pociągi osobowe. Parowozy, dostarczone w liczbie 16 z fabryki Stephensona typu „Lokomotion” (rys. 55) pracują sprawnie, choć zarząd positkuje się jeszcze siłą pociągową koni uważając, że ponieważ droga ma spadek w stronę morza, pod górę do kopalni konie bez wysiłku ciągną puste wagony.

Wkrótce na drodze rozwinął się znaczny ruch, a kapitaliści, zachęceni zyskami, podjęli budowę nowej linii: Liverpool-Manchester, mianując G. Stephensona głównym inżynierem.

Stephenson, chcąc wprowadzić tu trakcję parową, napotyka na silny opór ze strony parlamentu i opinii publicznej; twierdzono iż zastosowanie lokomotyw parowych (parowozów), spowoduje, że krowy nie będą mogły się paść; kury przestaną nieść jajka; sąsiednie wioski zostaną spalone; ptactwo wyzdycha wskutek powietrza, zatrutego przez gazy, wychodzące z komina, hodowla bażantów i ryb będzie nie możliwa, konie stracą na wartości; właściciele hoteli i restauracji zbankrutują; jazda kolejami będzie niebezpieczna, gdyż w razie eksplozji koźła, jadący poniosą śmierć, będąc rozzerwani na kawałki.

Wskutek napotykaných trudności w zastosowaniu parowozów, zarząd drogi zamierzał z początku stosować trakcję konną; następnie maszyny parowe stały. Dzięki zabiegom G. Stephensona, udało się w końcu uzyskać pozwolenie na wprowadzenie trakcji parowej; wkrótce też

ogłoszono konkurs na najlepszy parowóz.

Dnia 8 października 1829 r. stąrety na równinie pod Ramhill cztery parowozy do konkursu „Nowełty” (Nowość), Ericsona, „Perseverance” (Wytrwałość) Burstalla, „Sanspareil” (Niezrównany) Hackwortha, „Rocket” (Rakietą) Stephensona. -

Według warunków konkursu parowóz trzyosiowy winien ważyć nie więcej niż 6 tonn, a dwuosiowy - 4,5 t. przy ciśnieniu pary w kotłе 3,5 atm. (50 funtów), oraz ciągnąć na poziomie z szybkością 16 km/godz. ciężar trzykrotnie większy od wagi własnej. -

Pierwszeństwo otrzymał dwuosiowy „Rocket”, który przy ciężarze własnym 4,25 t. (ciśnienie osi napędnej 2 t) ciągnął na poziomie z szybkością 38 km/godz. tender wagi 3,2 t. i 2 wagony po 9 tonn, szybkość największa dochodziła do 48 km/godz. (1 wagon z podróżnymi); zużycie paliwa 8,2-9,1 kg/km/godz. koksu; 1 kg. koksu odparowywał 6 kg. wody.

Nagrodę 500 funtów rozdzielono między G. Stephensonem i Boothem, który poddał myśl zastosowania płomieniówek. Skrzynia ogniowa i płomieniówki powiększyły powierzchnię ogrzewalną, a dysza parowa wzmocniła ciąg i spalanie; tak ulepszony kociot stanowił jedną z przyczyn zwycięstwa „Rakiety”. Należy zaznaczyć, że rurki płomienne i dyszę zastosował w celu zwiększenia wydajności kotła po raz pierwszy Marc Seguin na dwóch parowozach drogi żelaznej Lugdun - St. Etienne we Francji (dostarczonych tam przez Stephensona). Marca Seguin więc należy uważać za wynalazcę kotła płomieniówkowego, na który też otrzymał patent 20 grudnia 1827 r. Urządzenie dyszy było już stosowane w parowozach Trevithicka. -

Ponieważ parowóz „Rocket” stanowi podstawowy typ w rozwoju parowozów, podajemy jego rysunki i opis (rys. 56 i 57). Kociot „a” walczasty z denkami płaskimi, długości 1830 mm. średnicy 1015 mm. W jednym końcu mieściła się skrzynia polewickowa „b”, prostokątna, o wymiarach: szerokości 915 mm, długości 610 mm, wysokości 905 mm. Dno jej zajmował ruszt „c”. Samą skrzynię stanowił

ptaszcz o ściankach podwójnych, pomiędzy którymi była przestrzeń wodna o wysokości 75 mm. Rura boczna „d” łączyła skrzynie z kotłem i zasilata ją wodą, zaś górna „e” odprowadzała wytworzoną parę do kotła. W dolnej części kotła mieściła się 25 rur płomiennych 75 mm. średnicy. Cylindry parowe $\phi 200$ mm. $S=420$ mm. umieszczone były po obu stronach kotła ukośnie; napędzaty one koła $\phi 1430$ mm.; koła toczne miały $\phi 940$ mm. Rozrządu pary dokonywały suwaki, poruszone za pomocą mimośrodków, nasadzonych na osi napędnej. Zużyta para uchodziła do komina rurą, powodując ciąg w palenisku. - Zmiana kierunku ruchu parowozu odbywała się za pomocą ręcznych dźwigni.

Bezpośrednia powierzchnia ogrzewalna skrzyni ogniowej wynosiła $1,86 \text{ m}^2$, zaś pośrednia (w płomieniówkach) - $10,94 \text{ m}^2$. Powierzchnia rusztu $0,56 \text{ m}^2$.

Wyniki osiągnięte z parowozem Rocket zdecydowały o szerszym zastosowaniu parowozów dla przewozów towarów i podróżnych. Szybki rozwój budowy parowozów zawdzięczamy R. Stephensonowi, który stał na czele fabryki „R. Stephenson & Co” w Newcastle. Ze zbudowanych w tym okresie przez Stephensonów i Hackwortha typów zasługują na uwagę przede wszystkim dwa: „Patent” 1830 r. „Patent” (1833 r.) uważane za najlepsze - (szczególnie ten ostatni). Stanowią one podstawowy typ dla dzisiejszych parowozów. Powstające fabryki parowozów tak w Anglii, jak i na kontynencie wzięły za wzór parowóz „Patent”, a uwzględniając miejscowe warunki eksploatacji, stworzyły swoiste typy: niemieckie francuskie, belgijskie i inne.

W liczbie przejściowych typów w okresie 1826-1836 r. mamy przede wszystkim parowóz „Experiment” zbudowany przez R. Stephensona & Co w r. 1827 (rys 58) Ma on cylinder poziomy w budowany w kocioł o płomienicy powrotnej, jak w kotle Trevithicka; zbudowany najpierw, jako dwuosiowy, został przez Hackwortha przerobiony na trzyosiowy.

Parowóz Royal George skonstruowany i zbudowany przez Hackwortha dla linii Stockton - Darlington w r.

1827 (rys. 62), cylindry parowe pionowe, umieszczone nad kotłem w tylnej jego części; korbowody przedstawione o 90° (maszyny bliźniacze), pracują na oś napędną, połączone wiazarami z pozostałymi dwoma osiami; jest to typ parowozu o 3 osiach sprzężonych.

Podobny typ stanowią parowozu: „Victory” z 1829 r. z cylindrami pod kątem 45° , projekt Hackwortha (rys. 63) „Rocket” 1829 r. - 3 osiowy (rys. 64) Hackworth w parowozach zbudowanych w r. 1830 wprowadził zasadnicze ulepszenia: cylindry umieszczone poziomo pomiędzy ostojnicami, ciśnienie pary na tłok, przenosi się za pomocą korbowodu na oś wykorbioną; po raz pierwszy zastosował zbiornik pary w kształcie kuli.

Te ulepszenia posiadał parowóz „Globe” zbudowany w fabryce R. Stephensona (rys. 65) W tymże 1830 r. R. Stephenson buduje dla linii Liverpool-Manchester wyżej wspomniany „Planet”, wprowadzając już to wszystko, co po raz pierwszy zastosowano na parowozie „Globe”. Parowóz „Patent” posiadał cylindry poziome, umieszczone między ostojnicami i w dymnicy. Oś kół napędnych wykorbiona; parowóz, zawieszony na maźnicach za pomocą sprężyn, ma kształt zbliżony już do nowoczesnych typów, co widać z rysunku (rys. 60) Powierzchnia ogrzewalna: skrzyni ogniowej $3,46 \text{ m}^2$, rurek $34,37 \text{ m}^2$ (129 rurek $\phi 41 \text{ mm}$, długości 1980 mm. Cylindry $\frac{\phi 305 \text{ mm}}{s=457 \text{ mm}}$. Waga w stanie roboczym 9,5 t. kocioł - płomieniówkowy: średnica walczaka 1070 mm, grubość ścianek 8 mm.

Do Ameryki pierwszy parowóz sprowadzono z Anglii w r. 1828 Amerykanie jednak nie wzorowali się na typach angielskich, a opracowali swój własny: i tak np. John B. Jerois zaprojektował wózek dwuosiowy; a fabryka Baldwina stosuje wysokie ciśnienie w kotle (do 9^{atm}) nadaje kształt okrągły skrzyni ogniowej, mimośrody stawidłone zaklinowuje na osi.

Parowóz Baldwina z r. 1833 pokazany na rys. 67 jest prototypem parowozów amerykańskich.

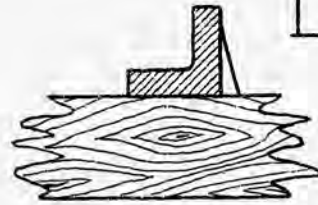




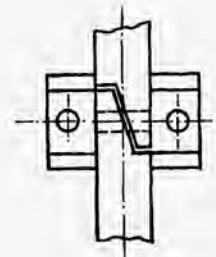
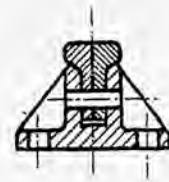
rys. 1



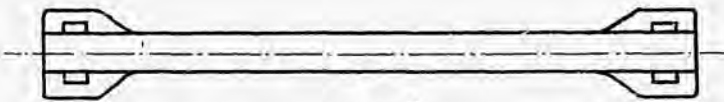
rys. 2



rys. 3



rys. 5



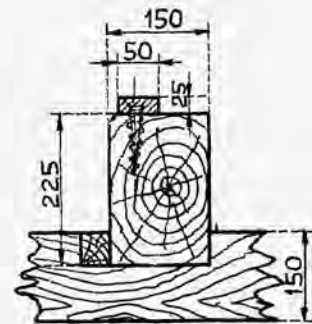
rys. 4



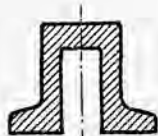
rys. 6



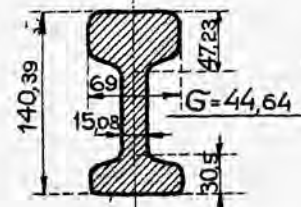
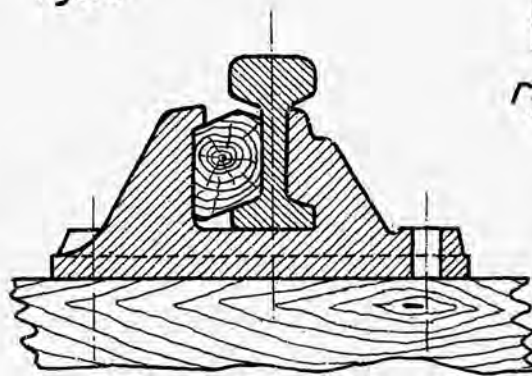
rys. 7



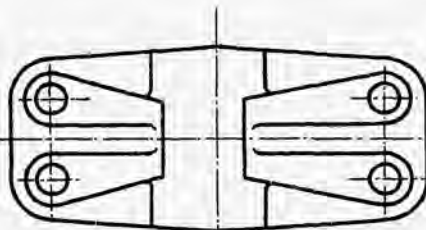
rys. 8



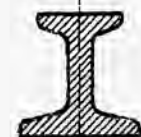
rys. 9



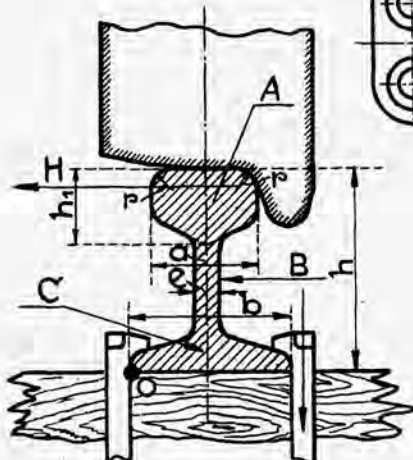
rys. 11



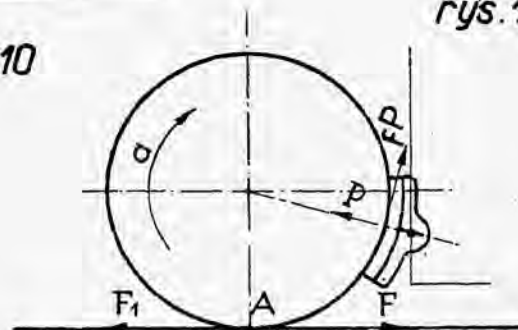
rys. 10



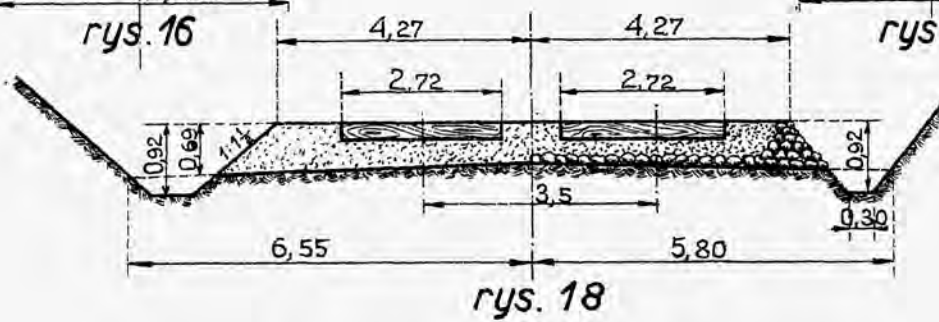
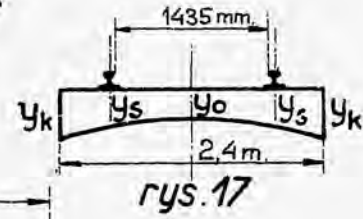
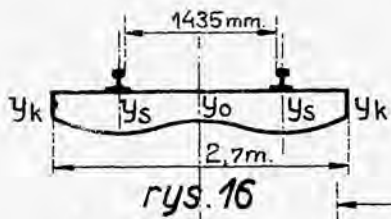
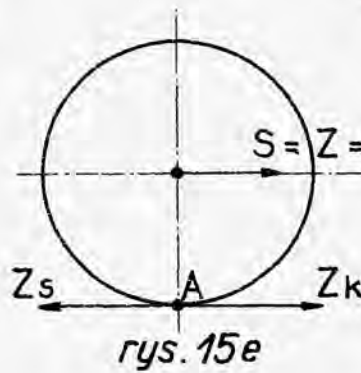
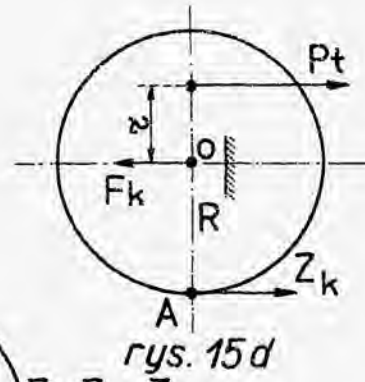
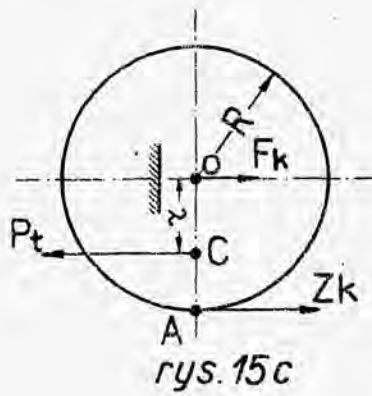
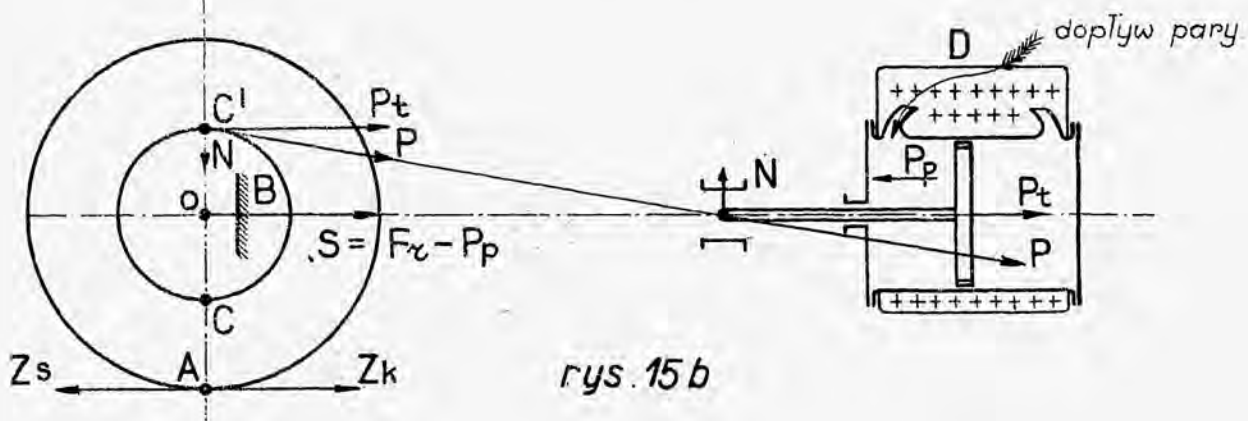
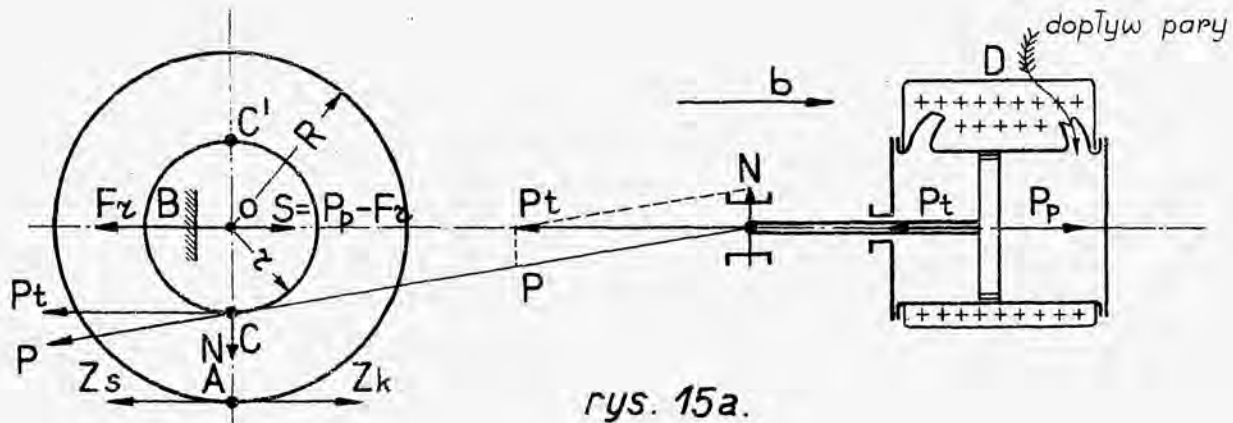
rys. 12

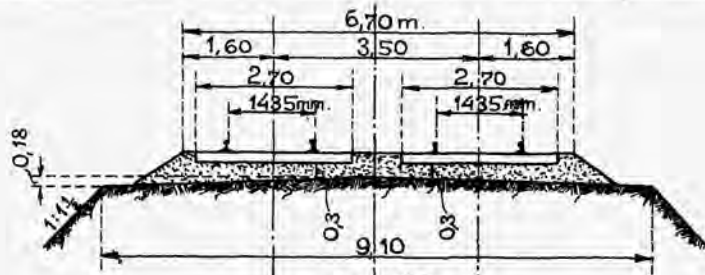


rys. 13

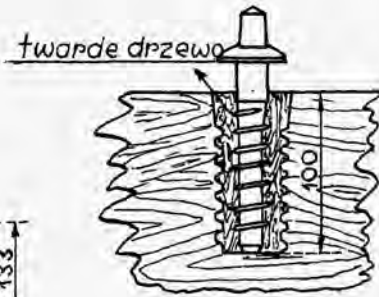


rys. 14

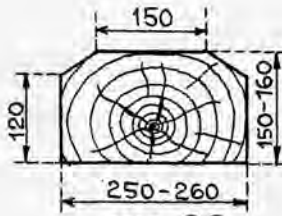




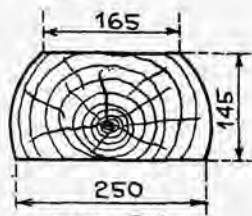
rys. 19



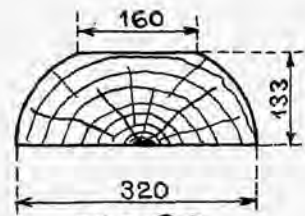
rys. 23



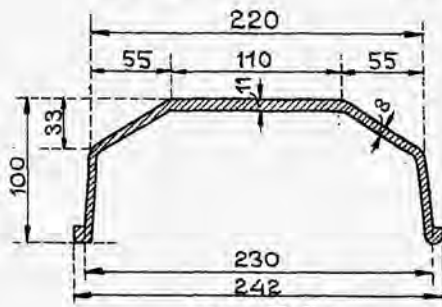
rys. 20



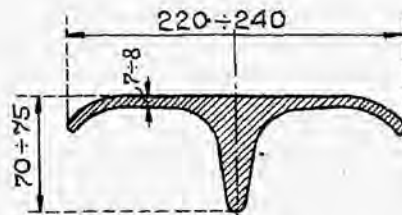
rys. 21



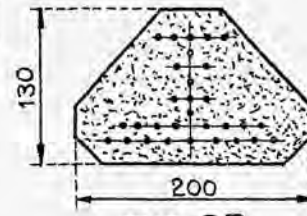
rys. 22



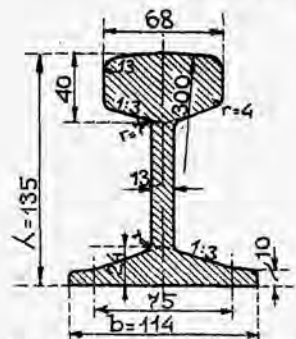
rys. 24a



rys. 24b

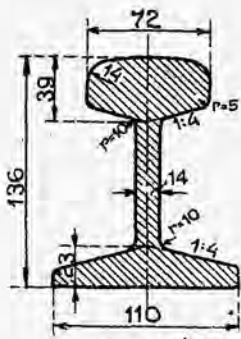


rys. 25



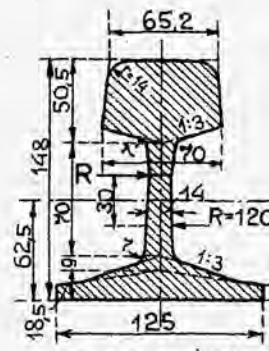
$G = 38,4 \text{ kg/m.b.}; \frac{b}{h} = 0,84$

rys. 26



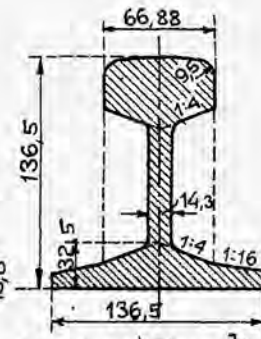
$G = 41 \text{ kg/m.b.}$

rys. 27



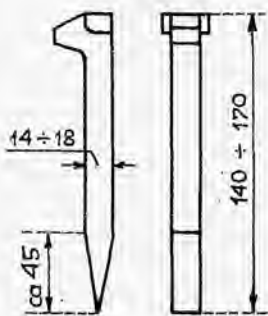
$G = 49,42 \text{ kg/m.b.}$

rys. 28



$G = 44,64 \text{ kg/m.b.}; \frac{b}{h} = 1.$

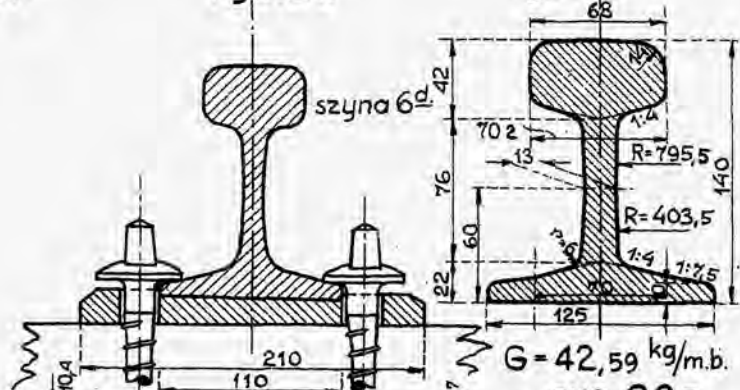
rys. 29



rys. 30

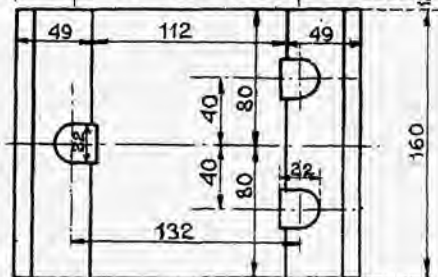


rys. 31

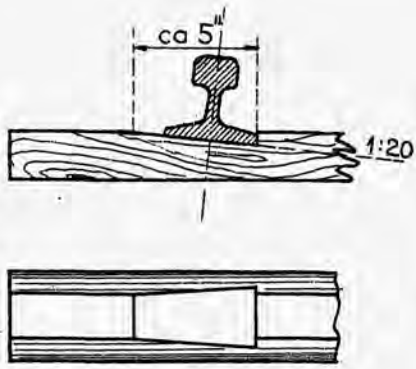


$G = 42,59 \text{ kg/m.b.}$

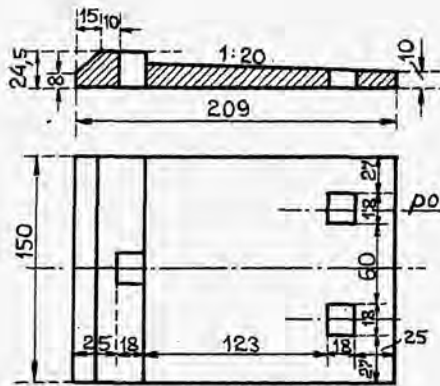
rys. 29a



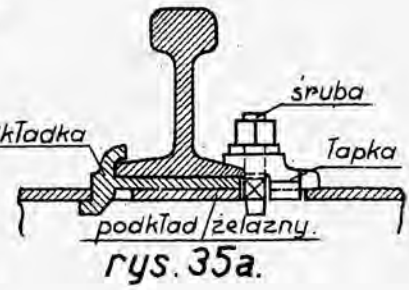
rys. 32



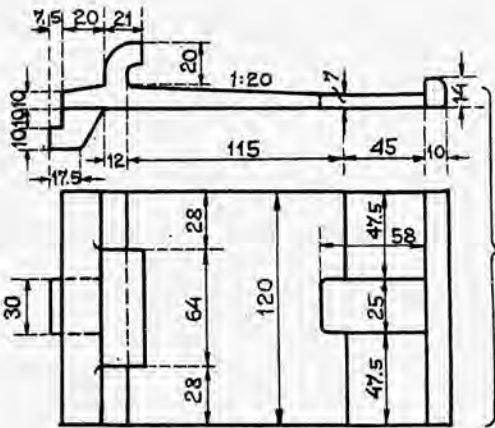
rys. 33



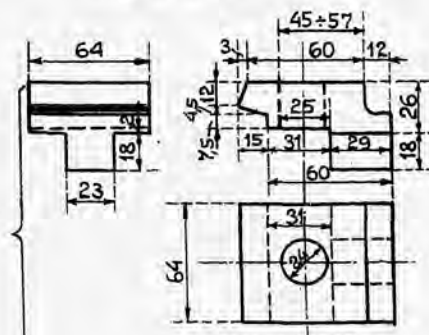
rys. 34



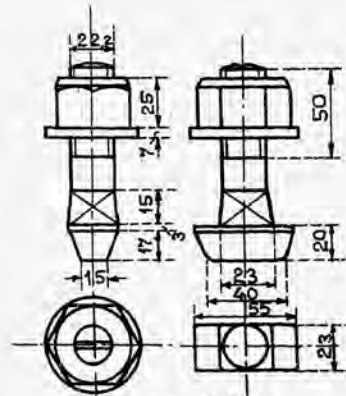
rys. 35a.



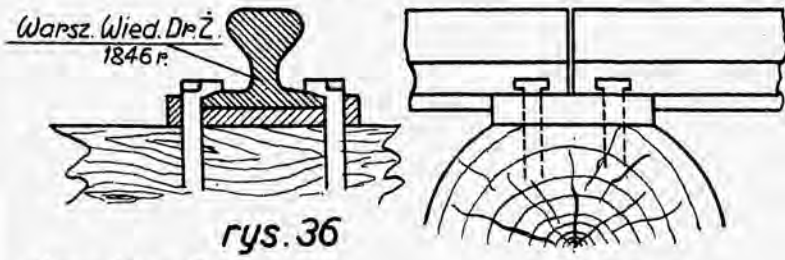
rys. 35b



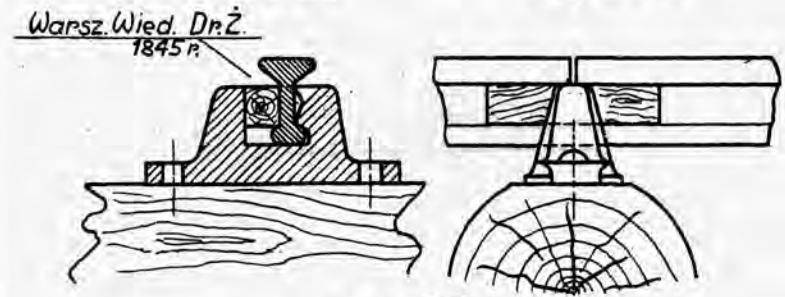
rys. 35c



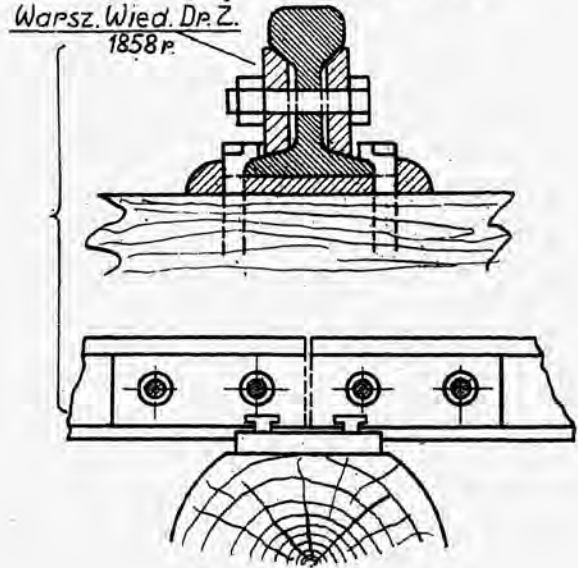
rys. 35d



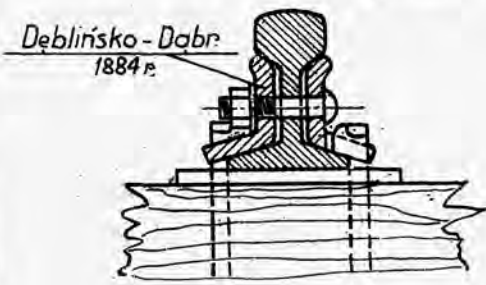
rys. 36



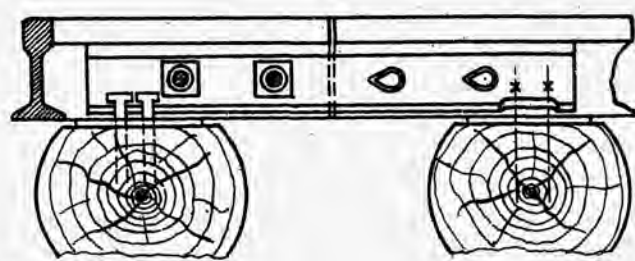
rys. 37

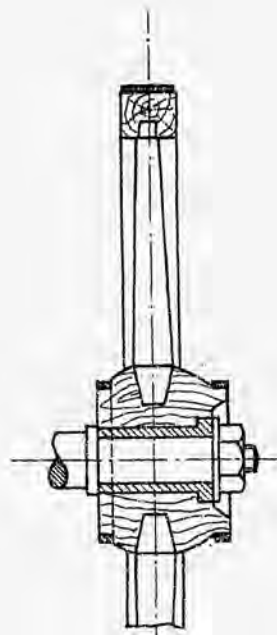


rys. 38

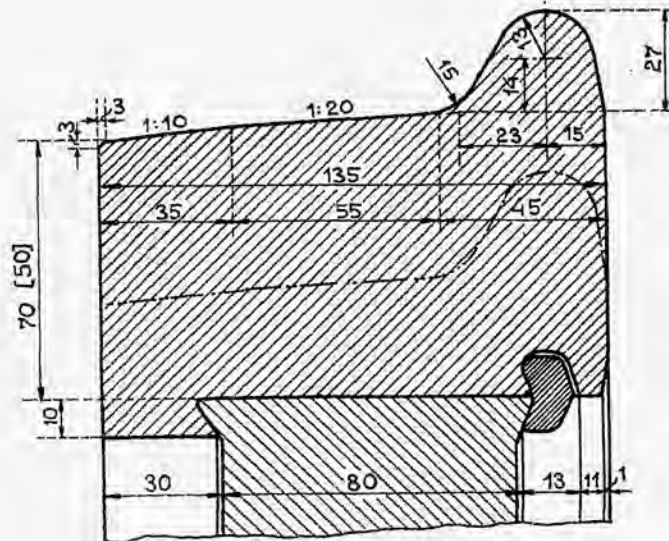


rys. 39

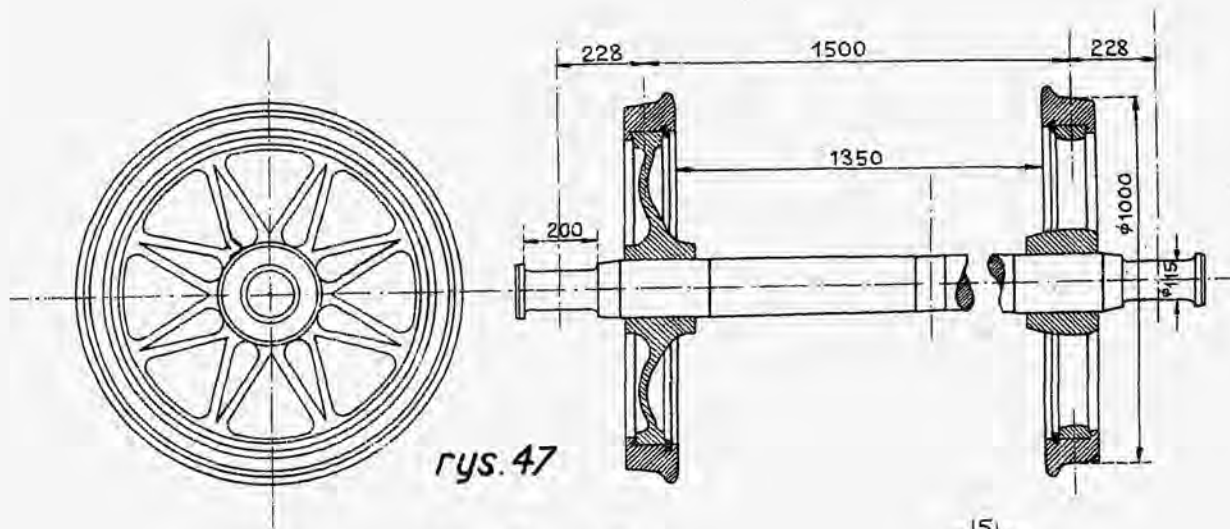




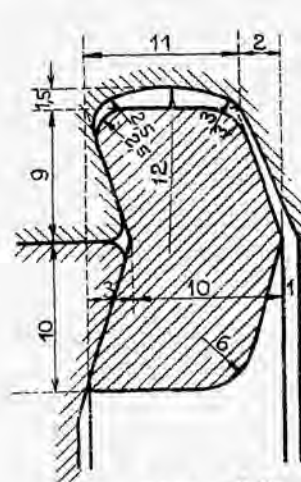
rys. 46



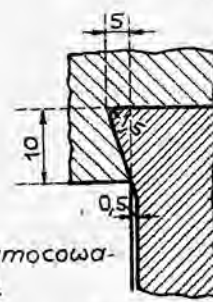
rys. 48



rys. 47

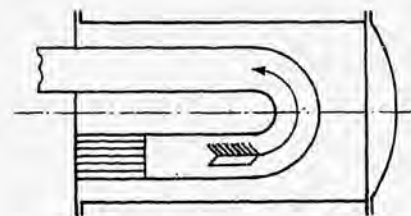
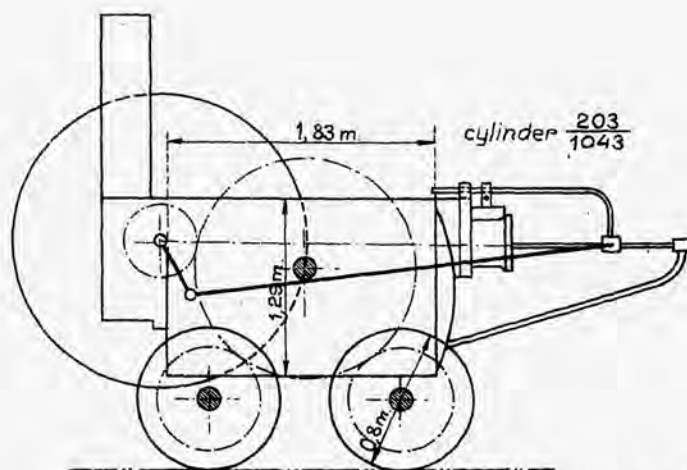


rys. 49



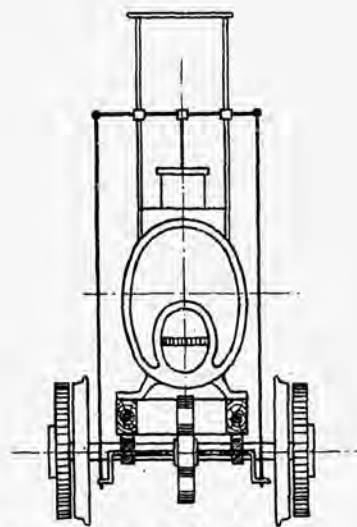
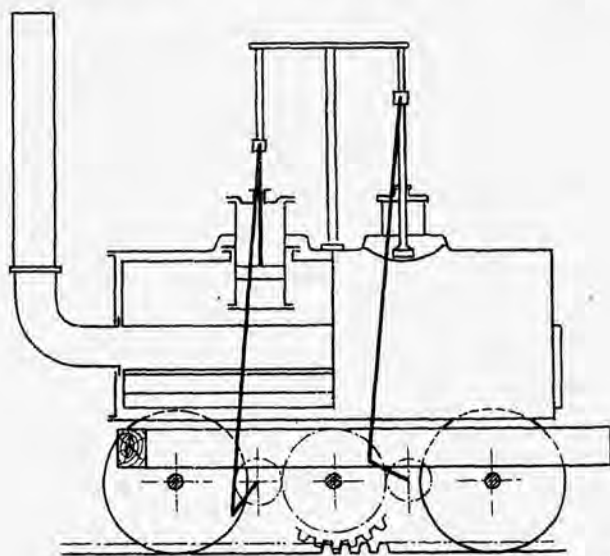
rys. 50

szczególne zamocowania obręczy.

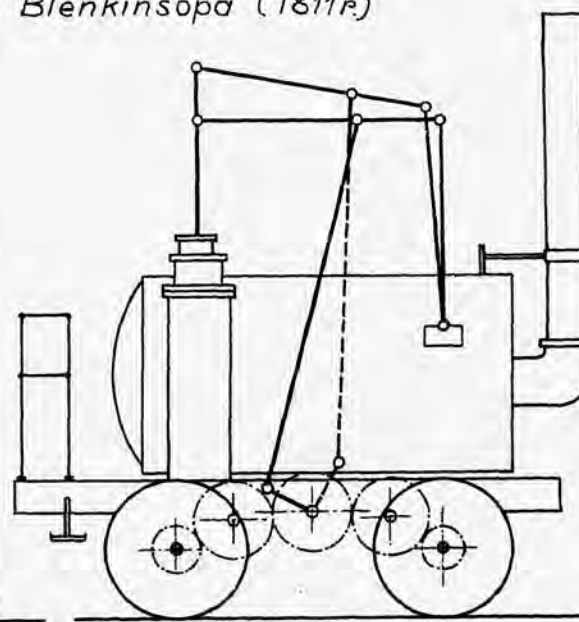
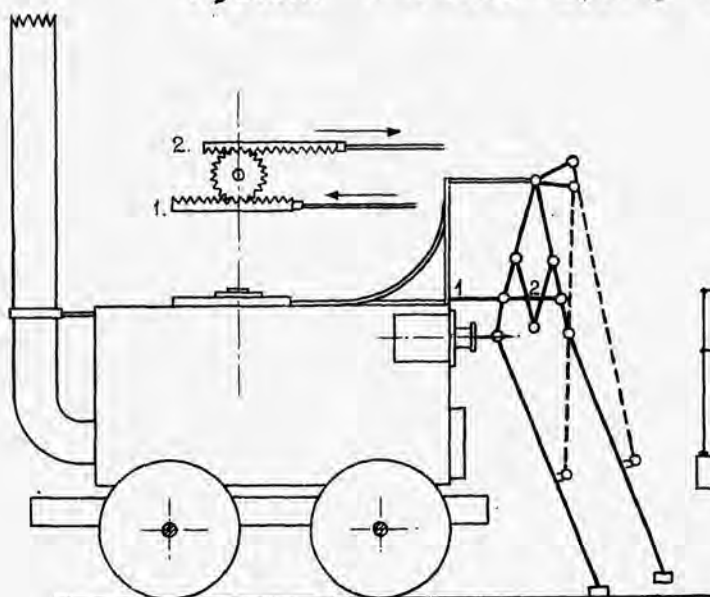


Rura płomienna powrotna parowozu Trevithicka.

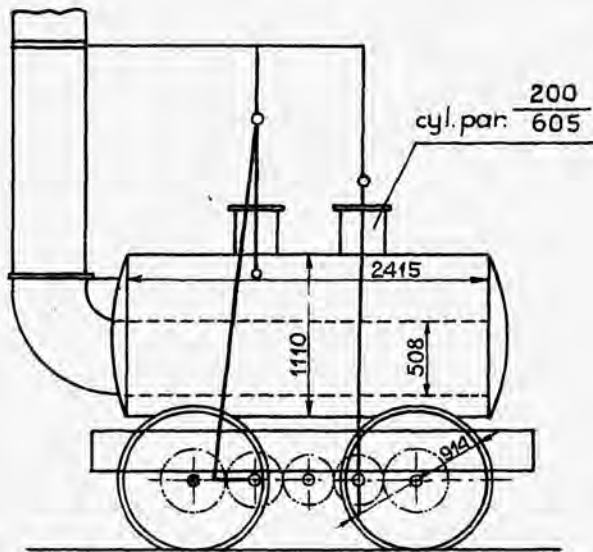
rys.49 Parowóz Trevithicka.(1803r).



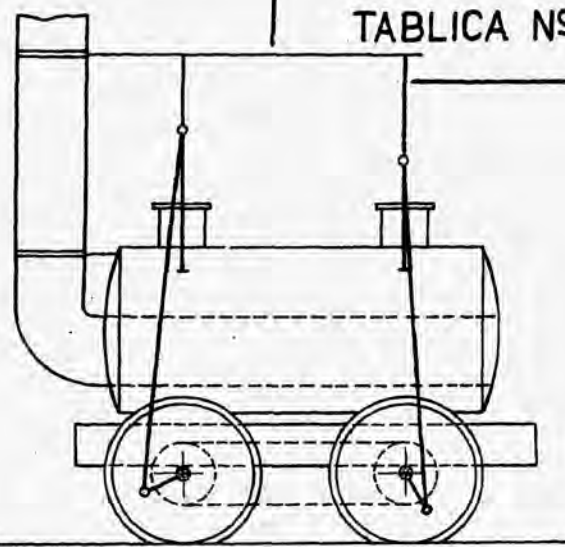
rys.50. Parowóz zębaty Blenkinsopa (1811r.)



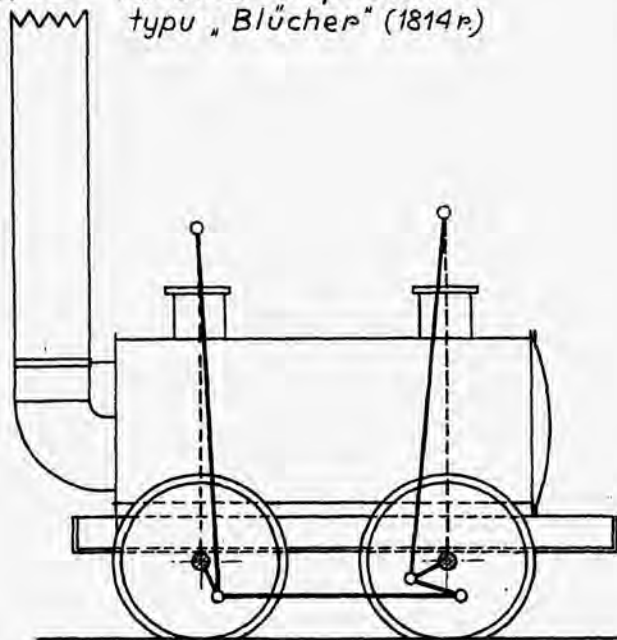
rys.51. Parowóz Bruntona (1813) rys.52. Parowóz „Puffing Billy” skonstruowany przez Hedley'a (1813).



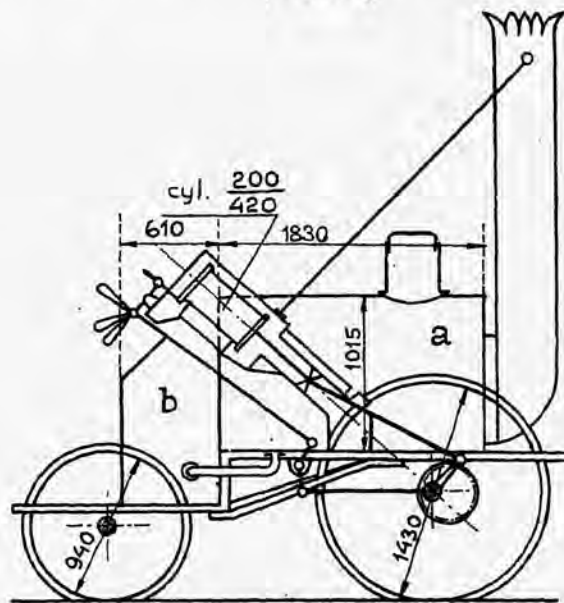
rys. 53 Parowóz Stephensona typu „Blücher” (1814r.)



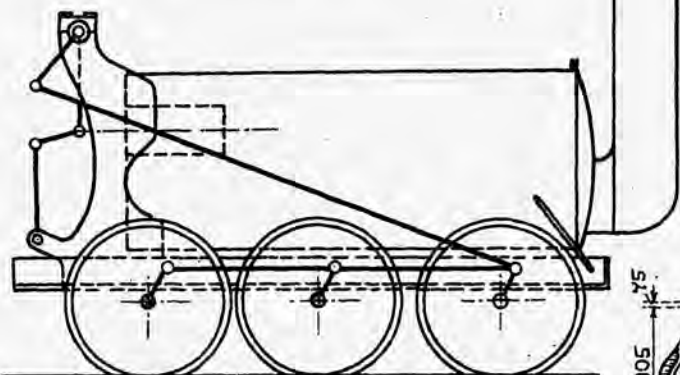
rys. 54. Parowóz Stephenson-Dodds. (1815r.)



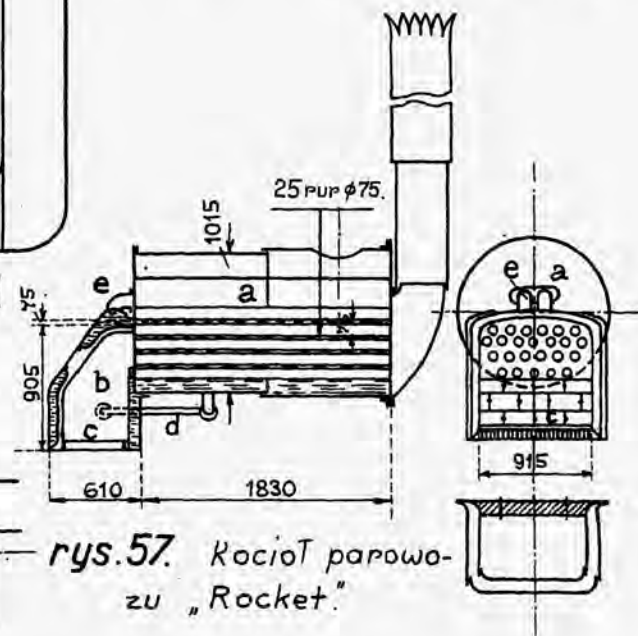
rys. 55. Parowóz Stephensona typu „Locomotion” (1825r.)



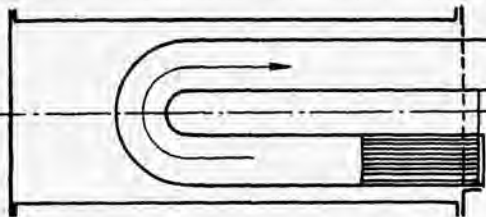
rys. 56. Parowóz „Stephensona „Rocket” (1829r.)



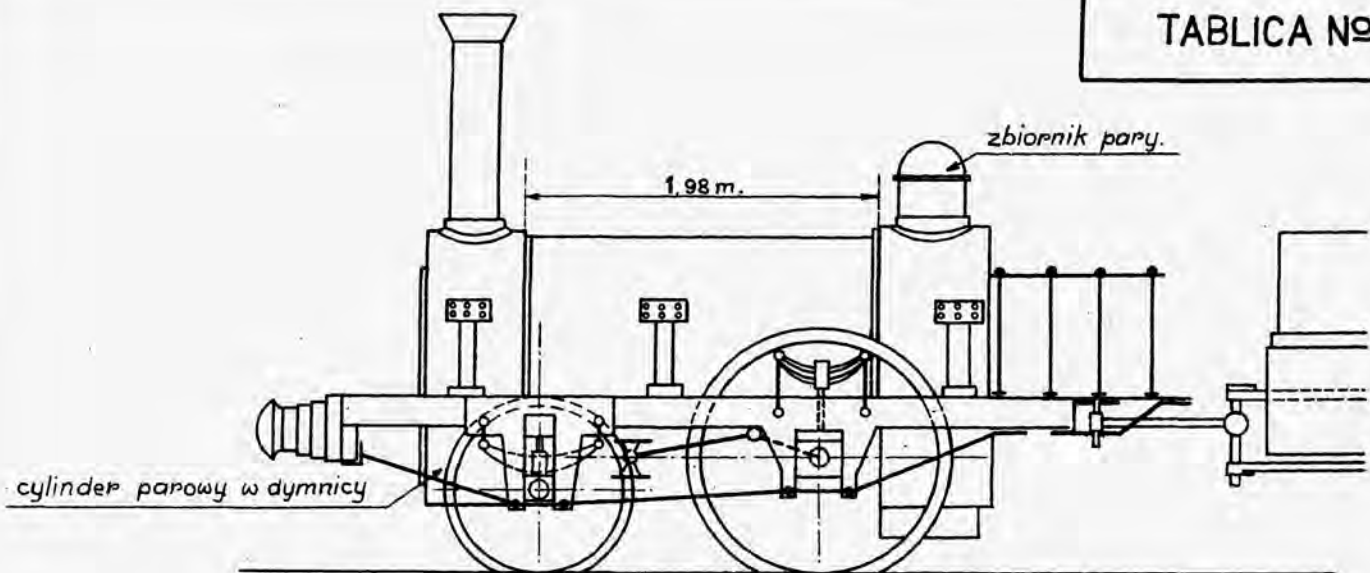
rys. 58 Parowóz „Experiment” (1827).



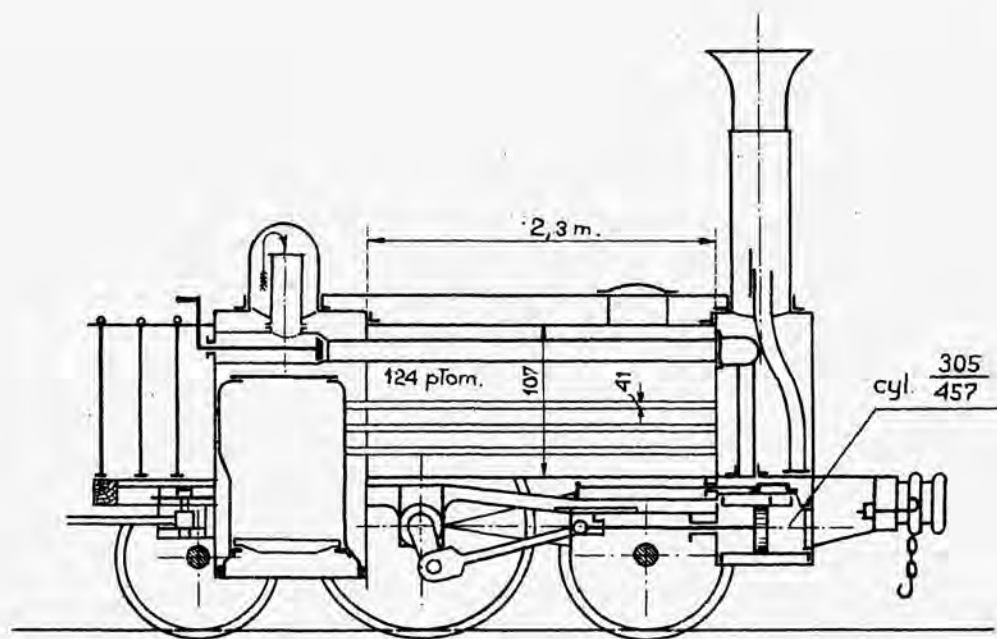
rys. 57. Kocioł parowozu „Rocket”.



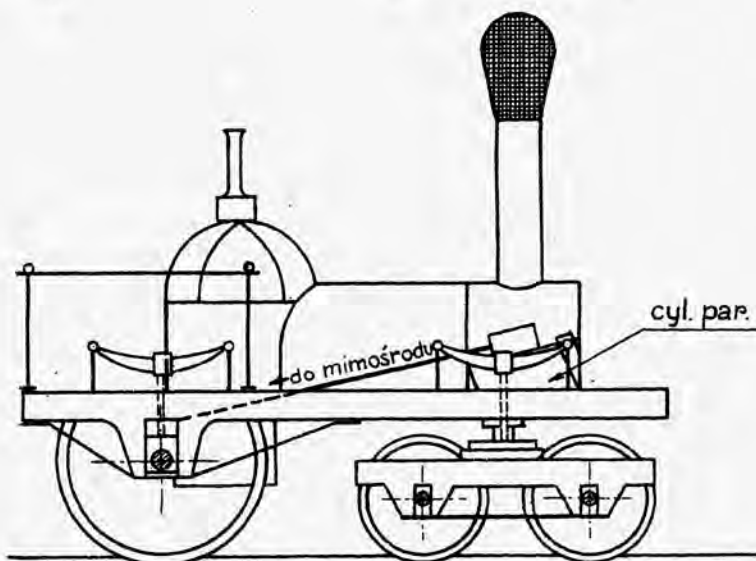
Rura płomienna powrotna parowozu „Experiment”.



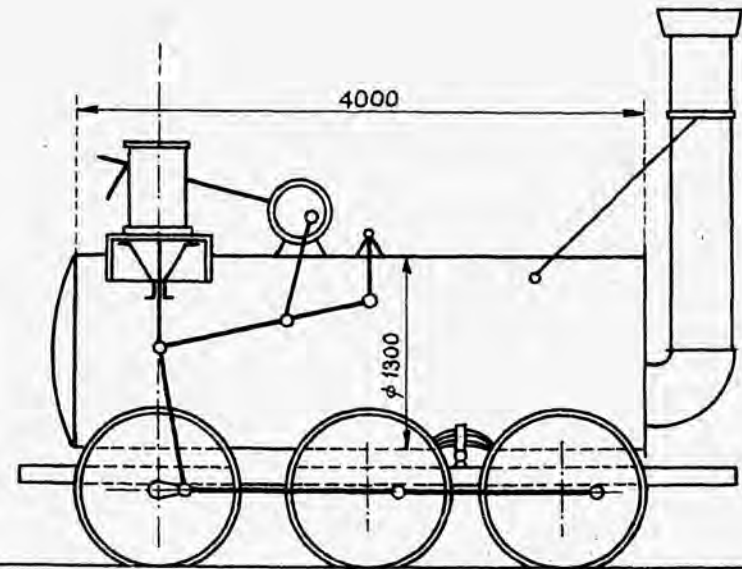
rys.59 Parowóz „Planet” Stephensona (1830).



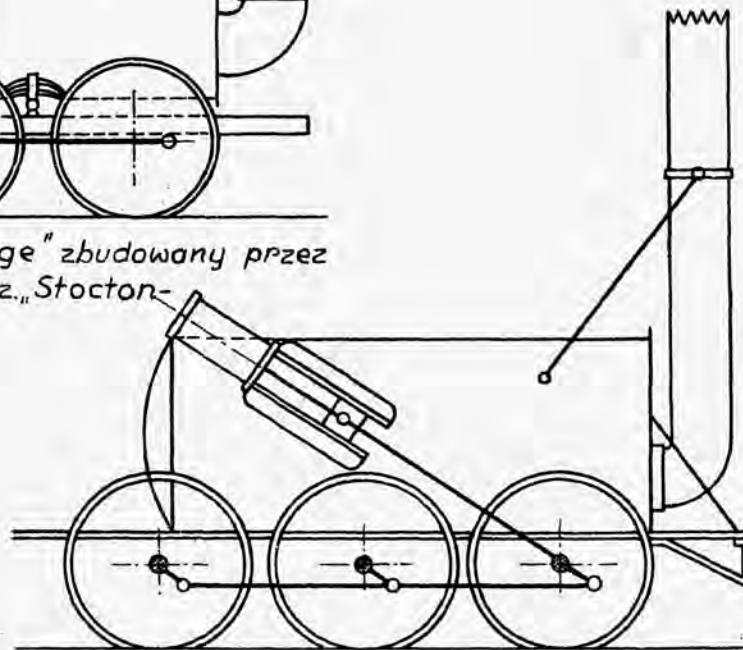
rys.60 Parowóz „Patent” Stephensonów (1833r.)



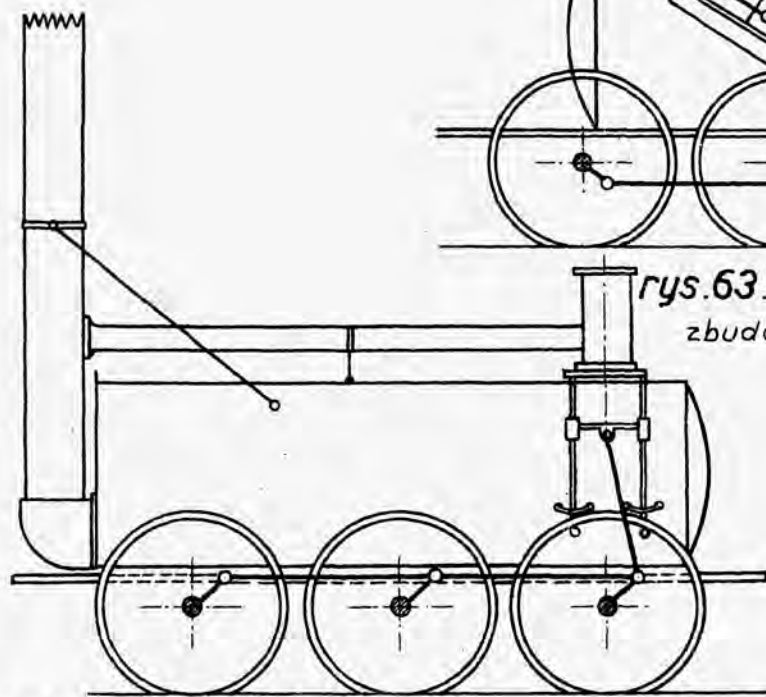
rys.61 Parowóz amerykański „Baldwina” (1833r.)



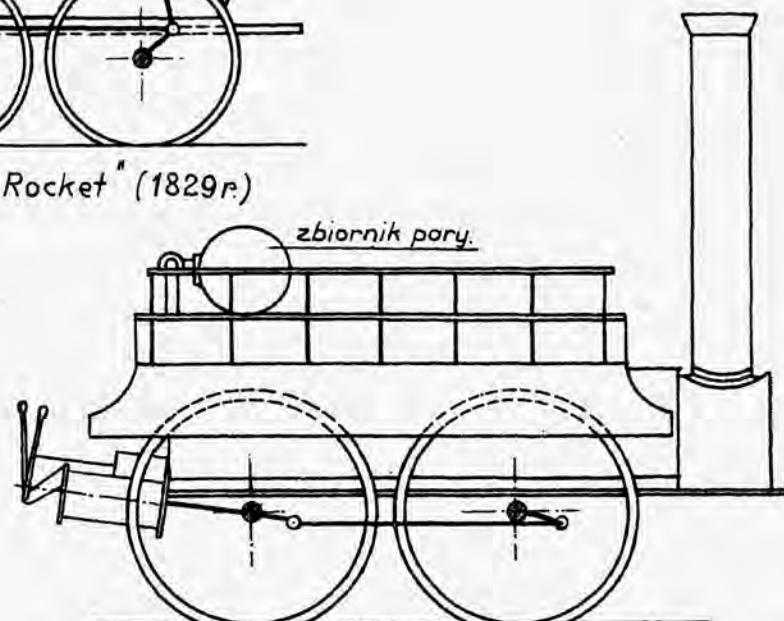
rys. 62. Parowóz „Royal George” zbudowany przez Hackworth'a dla drogi żelaz. „Stocton-Darlington. (1827 r.).



rys. 63. Parowóz „Victory” zbudowany przez Hackworth'a (1829 r.)



rys. 64. Parowóz „Trzyosiowy Rocket” (1829 r.)



rys. 65 Parowóz „Globe” zbudowany przez Hackworth'a (1830 r.)