

Ponieważ przy dwukrotnem rozprężaniu świeża para ma dostęp tylko do cylindrów wysokiego ciśnienia, więc potrzebne są urządzenia, pozwalające przy ruszaniu z miejsca i w innych wypadkach wpuszczać w miarę potrzeby świeżą parę również do cylindrów niskiego ciśnienia. Urządzenia te nazywają się *przyrządami do ruszania z miejsca*.

W celu wyzyskania ciepła pary zużytej i gazów uchodzących do dymnicy, stosowane jest podgrzewanie zapomocą tychże wody zasilającej kocioł. *Podgrzewacze* w kształcie zwoju rur ogrzewanych z zewnątrz, przez które woda przepompowuje się z tendra do kotła, umieszczane są w dymnicy lub na zewnątrz kotła.

Wymiary parowozów i tendrów w przekroju poprzecznym, podobnie jak wagonów, winny odpowiadać przepisom o skrajni taboru.

2. Siła pociągowa parowozu. Przyczepność kół do szyn. Prężność pary wskazana. Wydajność kotła i moc parowozu. Średni rozehód paliwa i pary.

Ciśnienie pary na tłoki cylindrów, mierzone na obwodzie kół napędnych i wywołujące wskutek przyczepności kół do szyn ruch postępowy parowozu i sprzężonego z nim pociągu, nazywa się *siłą pociągową parowozu*.

Jeżeli wystawimy sobie, że parowóz jest wzniesiony w górę i umocowany nieruchomo w ten sposób, że koła jego pozostają w powietrzu, nie dotykając się do szyn, to jego siłą pociągową będzie siła, z jaką mógłby ciągnąć łańcuch przyczepiony do obwodu koła napędnego, gdy się ono obraca pod działaniem silnika ¹⁾.

Wynika stąd, że siła pociągowa Z zależy od ciśnienia pary na tłoki cylindrów i od stosunku pomiędzy skokiem tłoków i średnicą kół napędnych.

Przyczepność obręczy do szyn ogranicza wielkość użyteczną siły pociągowej, jednakże ta może być większą lub mniejszą od przyczepności.

Współczynnik przyczepności f (t. j. tarcia posuwistego po szynach obręczy, które się toczą bez ślizgania) zależy od stopnia ich zawilgocenia i od szybkości toczenia się koła. W warunkach sprzyjających, jako to przy małych szybkościach i jeżeli szyny są suche lub posypywane piaskiem, współczynnik ten dochodzi do $\frac{1}{4}$, w miarę zaś zwiększania się szybkości ruchu oraz w wypadku szyn mokrych lub pokrytych lodem, spada on do $\frac{1}{7}$, a nawet do $\frac{1}{10}$. Zwykle liczy się na $\frac{1}{5,5}$ do $\frac{1}{5}$, przyczem na większą wielkość przeważnie w parowozach dwuprzężnych, których siła pociągowa mniejszym podlega wahaniom ²⁾. Za-

¹⁾ W tem określeniu przypuszczono, że praca pary dochodzi bez straty do obwodu kół napędnych. W rzeczywistości część pracy pary wydatkuje się po drodze na przezwyciężenie oporu mechanizmu (tłoków, krzyżulców, drągów kołbowych, mimośrodków i t. p.), o czem będzie mowa poniżej.

²⁾ Wprowadzając przyjęte wartości współczynnika f w równanie (1) otrzymamy w istocie pewien zapas przyczepności, gdyż, wskutek oporów wewnętrznych mechanizmu parowozu, siła pociągowa, dochodząca do obwodu kół napędnych, jest nieco mniejsza od mierzonej na tłoku cylindra.

bę osi napędnej. Przeciwnie, w drugiej połowie skoku tłoka ruch pomienionych mas należy zwalniać dopóty, dopóki te masy wraz z końcem skoku tłoka nie przejdą w stan spoczynku. Ponieważ w cylindrach parowozowych para rozpręża się i ciśnienie jej, z początku większe, w następstwie się zmniejsza, więc okoliczność ta wpływa na ujednostajnienie ciśnienia na korbę. *Odchylenia siły pociągowej* od średniego jej znaczenia podczas każdego obrotu koła napędnego wyrównywa energia kinetyczna parowozu. Wskutek dużej masy parowozu wahania jego prędkości nie są znaczne.

Napełnienie cylindra wyraża się stosunkiem $l_1 : l$ części skoku tłoka, na której ma miejsce dopływ pary, do całej długości skoku. W miarę zmniejszenia napełnienia, zmniejsza się również prężność pary p_i w cylindrze, a zatem i siła pociągowa. Chcąc zachować tę samą siłę pociągową, potrzeba zwiększyć średnicę cylindrów. Ponieważ wymiary cylindrów ograniczone są swobodną przestrzenią, która jest dla nich przeznaczona, więc w razach, gdy potrzebna jest głównie duża siła pociągowa, a mianowicie w razie ciężkich pociągów towarowych oraz w razie stromych wzniesień i łuków, dopływ pary winien być większy, niż wtedy, gdy pożądane jest zwiększenie szybkości i gdy można się zadowolić mniejszą siłą pociągową, jak to ma miejsce w wypadku pociągów osobowych, zwłaszcza zaś pośpiesznych i kurjerskich.

Przy małych szybkościach stosunek $p_i : p$ wynosi przybliżenie, w zależności od napełnienia:

przy $l_1 : l = 0,2$	$p_i : p = 0,40$	
" " 0,3	" 0,54	
" " 0,4	" 0,65	
" " 0,5	" 0,73	(4 a)
" " 0,6	" 0,79	
" " 0,7 (najw.)	" 0,8	

Średnia prężność pary p_i w cylindrze może być określona zapomocą indykatora, dzieląc płaszczyznę wykresu indykatora, wyrażającą pracę pary, przez długość skoku tłoka. Wykresy indykatora dają również możliwość określenia rozchodu suchej pary w cylindrach, jeżeli wiadoma jest gęstość jej przy różnych ciśnieniach, jako też określenia stosunku $\frac{S}{N}$ tego rozchodu do pracy pary.

Spobrzeżenia dokonane przy pomocy indykatora wykazały: 1) że prężność pary p_i w cylindrze, czyli prężność wskazana, zależy od prężności p w kotle, od napełnienia cylindra i od szybkości jazdy, i 2) że zmniejszenie napełnienia cylindrów i zwiększenie ciśnienia w kotle zmniejsza rozchód pary na konia parowego, a więc zwiększa moc parowozu na jednostkę powierzchni ogrzewalnej. Wynika stąd, że korzystne jest stosowanie pary wysokoprężnej oraz małych napełnień.

Jednakże zmniejszanie się rozchodu pary w miarę zwiększania się jej prężności tem mniej daje się zauważyć, im prężność ta jest większa. Przy przejściu od 10 do 12 atmosfer różnica w rozchodzie pary jest bardzo nieznaczna, zwłaszcza, że przy wysokich ciśnieniach zwiększają się straty, pochodzące

z nieszczelności ścian kotła. Z tych względów prężność pary w kotłach parowozów nie stosuje się większa niż 16 atm.

Rozchód pary na godzinę i konia parowego jest przy napełnieniu 0,25 prawie o 40% mniejszy, niż przy napełnieniu 0,50, co należy głównie przypisać tej okoliczności, że przy większym rozprężeniu wydatkuje się mniej pary na zapełnienie przestrzeni szkodliwych. Jednakże przy bardzo małych napełnieniach rozchód pary na konia parowego znów się zwiększa.

Rozchód pary w cylindrach może być pokrywany w stopniu zależnym od wydajności kotła. Jeżeli ilość pary, dostarczanej cylindrom z kotła parowozu, nie jest dostateczna do uzupełnienia jej rozchodu, to prężność pary w cylindrach zmniejsza się, wskutek czego ruch parowozu wolniej dopóty, dopóki rozchód pary nie stanie się równym wydajności kotła. Jeżeli, przeciwnie, pozostaje jeszcze zapas siły pociągowej, a więc możność przyspieszenia ruchu, pożądane zaś jest, ażeby nabyta szybkość ruchu nie zwiększała się, to należy tylko zwęzić otwór przepustnicy albo, co lepiej, zwiększyć rozprężenie pary zapomocą nastawnicy i tym sposobem zmniejszyć średnią prężność w cylindrze o tyle, aby siła pociągowa stała się równą oporowi. Jednocześnie należy zmniejszyć wydajność kotła, osłabiając ogień w palenisku.

Moc parowozu. Wymiary cylindrów parowych dobierane są w ten sposób, aby przy średnich szybkościach ruchu, do których przeznaczony jest parowóz, cylindry te mogły spożytkować całą ilość pary, dostarczanej przez kocioł. Wskutek tego moc parowozu, t. j. pracę jego w koniach parowych na sekundę, określa przy średnich szybkościach wydajność jego kotła. Wydajność ta zależy od ilości zużywanego paliwa i jego wartości cieplikowej.

Ilość węgla, jaką można spalić na godzinę na kwadratowym metrze pola rusztów, zmienia się w zależności od gatunku i grubości węgla oraz od siły i jednostajności ciągu, który wytwarza zużyta para. Częsty i niezbyt silny wydych pary, odpowiadający małym dopływom i średniej szybkości jazdy, dopomaga do jednostajnego spalania paliwa i zwiększa parowanie. Paliwo o małej wydajności ciepła lub w drobnych kawałkach, spalane cienką warstwą, wymaga dużej powierzchni rusztów.

Jeżeli oznaczmy przez $\frac{B}{R}$ ilość paliwa spalanego na godzinę na metr kw. rusztu,

c_b wartość cieplikową paliwa,

c_s ilość ciepła w kg pary,

η współczynnik sprawności kotła,

to ilość pary odparowanej na godzinę na metr kw. rusztu wyrazi się:

$$\frac{S}{R} = \frac{B}{R} \cdot \eta \cdot \frac{c_b}{c_s} \dots \dots \dots (5)$$

Znając rozchód $\frac{S}{N}$ pary na konia parowego, można określić moc parowozu w koniach parowych na metr kw. rusztu:

$$\frac{N}{R} = \frac{S}{R} : \frac{S}{N}$$

Wreszcie pomiędzy mocą parowozu N , a jego siłą pociągową Z i szybkością v w m/sec istnieje wiadoma zależność

[illegible]

która przy średnich szybkościach określa równomierny ruch parowozu.

Para przegrzana ma własności zbliżone do gazu doskonałego. Posiada ona większą objętość gatunkową, niż para nasycona, i nie skrapla się przy ochładzaniu w cylindrach, wskutek czego na jednostkę ciężaru zużytej pary i paliwa wykonuje większą pracę, niż para nasycona. Oszczędność pary i paliwa wzrasta z podwyższeniem temperatury przegrzania, która stosuje się zwykle od 250° do 350° C.

Podwójne rozprężanie daje oszczędność pary i paliwa w porównaniu z pojedynczym, gdyż pozwala zupełnie wyzyskać prężność pary, obniżając granicę jej skraplania. Przytem straty na wypełnienie przestrzeni szkodliwych parą mniejszej prężności są również mniejsze.

Podwójne rozprężanie stosuje się nie tylko do pary nasyconej, lecz i do przegrzanej. Jednakże korzyści zastosowania podwójnego rozprężania pary przegrzanej są znacznie mniejsze, niż nasyconej.

3. Dane doświadczalne do określenia pracy parowozu. Spostrzeżenia Dedouits'a i Nadala. Spostrzeżenia Goss'a. Spostrzeżenia na dr. żel. prusko-heskich. Przybliżone dane do określenia pracy parowozów opalanych węglem dąbrowskim.

Z nowszych badań nad pracą parowozów zasługują szczególnie na uwagę spostrzeżenia *Dedouits'a* i *Nadal'a* na dr. żel. francuskich, spostrzeżenia *Goss'a* na stacji doświadczalnej w Stanach Zjednoczonych A. P., spostrzeżenia *Borries'a* i *Leitzmann'a* na dr. żel. pruskich oraz *Sanzin'a* na dr. żel. austriackich i oparte na nich prace *Strahl'a*.

Dedouits określał przyspieszenie, odnotowując zapomocą chronografu czas w pewnych odstępach przebieganej drogi, lub mierzył przyspieszenie bezpośrednio zapomocą wynalezionej przez siebie przyrządu, nazwanego wahadłem dynamometrycznym, którego opis jest umieszczony poniżej w rozdziale o oporze pociągu. Wykresy siły pociągowej, otrzymane ze *spostrzeżeń Dedouits'a i Nadal'a* dla rozmaitych typów parowozów, mają kształt uwidoczniiony na rys. 37.

Wykresy te wykazują, że przy małych szybkościach siła pociągowa pozostaje dla każdego napełnienia prawie bez zmiany. W miarę zaś zwiększania się szybkości siła pociągowa zaczyna szybko się zmniejszać i przytem o tyle szybciej, o ile napełnienie jest większe.

Na wykresie (rys. 37) uwidoczniiony jest również kształt krzywej, określającej siłę pociagową według wydajności kotła, t. j. według wzoru

[illegible]