

jako dowód, że temperatura spalania nie przekracza 1300° C.

Sklepienie nie powinno być nigdy doprowadzone do białego żaru, albowiem barwa ta oznacza temperaturę w palenisku wyższą 1500° C, przy której rozszczepienie bezwodnika węglowego i pary wodnej wzmaga się kosztem energii ciepła.

Powyżej wspomniany proces spalania, może być dostosowany do wszelkich rodzajów kotłów o przeciągu naturalnym i sztucznym. Jak wiadomo w parowozach przeciąg wywołuje się sztucznie zapomocą pary wylotowej. W stosunku do ilości pary przez komin przepływającej zostaje proporcjonalnie nassane powietrze przez ruszt, w myśl wzoru Zeunera:

$$5) \quad L = D \sqrt{\frac{F_2^2 \left(\frac{F_1}{F_2} - 1\right)}{MF_1^2 + F_2^2}},$$

gdzie:

L = ilość powietrza nassanego,

D = ilość pary przez komin przepływającej,

F = powierzchnia przekroju rury odpływowej,

F₁ = powierzchnia najmniejszego przekroju kominu,

F₂ = przekrój sumaryczny rurek ogniowych,

M = współczynnik oporu dla przepływu gazów spalania, leżący w granicach 3—4.

Ilość pary przepływającej przez dmuchawkę jest, wskutek peryodycznego działania maszyny i zmiennej pracy parowozu zmienna, wskutek tego i ilość powietrza działaniem dmuchawki nassana nie może być stała. Przy użyciu rozpylaczy wprowadzamy jednak stałą ilość ropy, co powoduje raz spalanie tegoż w wielkim nadmiarze powietrza, drugi raz z teoretyczną ilością powietrza, wreszcie w chwili pomiędzy początkiem kompresji z jednej a przedwczesnym odpływem pary z drugiej strony cylindra, następuje zupełny niedobór powietrza. Ropa wprowadzony do skrzyni ogniowej, nie mając potrzebnej ilości powietrza do spalania, gazuje kosztem ciepła promiennego skrzyni ogniowej, zajmuje wielką objętość i utrudnia dopływ powietrza w chwili ponownego działania ssącego dmuchawki.

Ten objaw charakteryzuje nam wymownie różnicę pomiędzy paleniskiem kotłów statycznych a parowozowych i wskazuje, że przy traktowaniu racjonalnego spalania w kotłach parowozowych na przyptyw powietrza i ropy bacniejszą musimy zwrócić uwagę.

Dołączony dyagram Fig. 2) objaśnia dokładnie powyższy proces. Składa on się z dyagramu pracy indykowanej maszyny parowej, jemu odpowiedniego dyagramu biegunowego suwaka (Zeunera), jako też dyagramu wypływu pary z maszyny jednocylinrowej (syst. autora).

Bliższe szczegóły pierwszych dwu dyagramów są znane, więc nie wymagają objaśnienia, odnośnie zaś do dyagramu ostatniego należy nadmienić, że przedstawia on w układzie biegunowym, kaźdoczesnemu położeniu korby maszyny parowej odpowiednią ilość pary wypływającej przez dmuchawkę, obliczonej w myśl wzoru:

$$6) \quad D = [\varrho \sin(\delta + \omega) - i] \cdot b \cdot v \cdot \gamma,$$

gdzie:

$\varrho \sin(\delta + \omega) - i$, oznacza otwarcie kanału odpływowego,

ϱ oznacza ekscentryczność,

δ „ kąt wyprzedzenia,

ω „ „ położenia korby,

i „ występ wewnętrzny suwaka,

b „ szerokość kanału odpływowego,

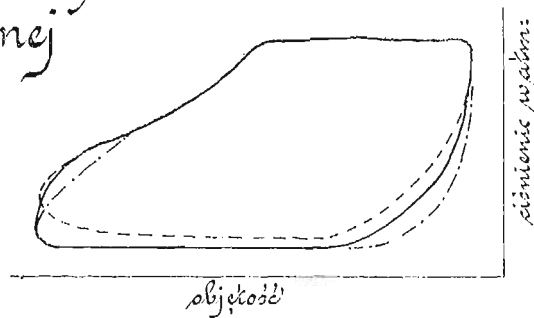
v „ prędkość wypływu pary w sekundzie,

γ „ ciężar gatunkowy pary kaźdoczesnemu ciśnieniu odpowiadający.

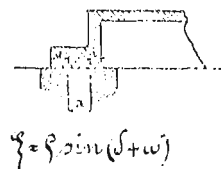
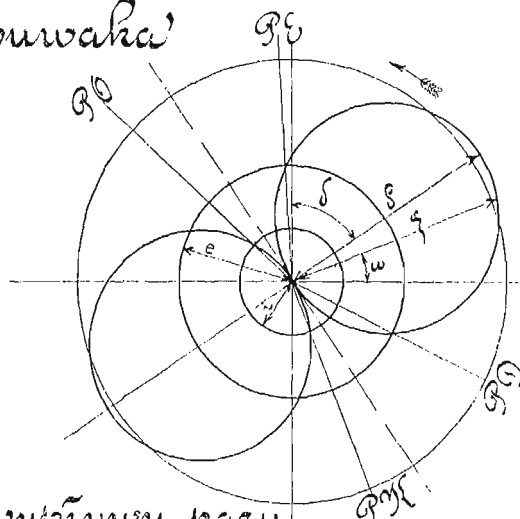
Ponieważ w myśl wzoru 5), ilość powietrza jest wprost proporcjonalną do ilości pary tak długo, dopóki wielkości pod pierwiastkiem się znajdujące są stałe, możemy przyjąć, że dyagram ten oznacza nam również dyagram powietrza nassanego do skrzyni ogniowej. Przy wyprośrodkowaniu średniej ilości powietrza zobaczymy dokładnie, że różnice w ilości nassanego powietrza są bardzo wielkie, a chcąc spalać ropą bezdymnie, musimy stale doprowadzać znacznie mniej-
szy ładunek ropy, aniżeli by odpowiadało średniej ilości powietrza przy uwzględnieniu poprzednio omówionych warunków racjonalnego spalania, wskutek czego występuje obniżenie temperatury spalania przez zbyt

Fig: 2.

Dyagram pracy
indykowanej

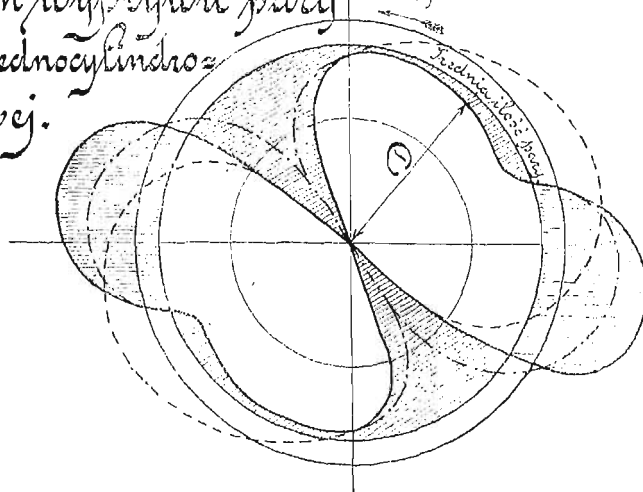


Dyagram suwaka



$$\xi = r \sin(\delta + \omega)$$

Dyagram wyprężenia pary
maszyni jednocylindrowej.



$$D = [r \sin(\delta + \omega) - i] \cdot b \cdot v \cdot g$$

$$Q = D \sqrt{\frac{p_2^2 \left(\frac{v_1}{v_2} - 1 \right)}{k p_1^2 + p_2^2}}$$

- Normalny odprężenie pary
- Zdeławiony " "
- (Występowanie wewnątrz i = 0)
- ▨ Nadmiar powietrza
- ▨ Niedobór

wielki nadmiar powietrza, jako też wskutek braku powietrza, następstwem czego gwałtowne obniżenie dzielności kotła.

Wadę tę możemy usunąć częściowo przez: a) zwięźenie przekroju rury odpływowej, albowiem wówczas odpływ pary z cylindra nie może nastąpić szybko wskutek zwiększonych oporów (krzywa kreskowana dyagramu, b) przez użycie dmuchawki pomocniczej, podczas jazdy, wówczas okres niedoboru powietrza będzie usunięty, c) przez zastosowanie przy suwakach występu wewnętrznego: $i = 0$, albo ujemnego, wówczas zmniejsza się okres niedoboru i nadmiaru powietrza (krzywa wynikowa dyagramu), d) zaś zupełnie, przez automatyczne regulowanie dopływu ropy w stałym stosunku do ilości nassanego powietrza.

Z wszystkich powyżej nadmienionych środków, przedstawiony pod d) jest najodpowiedniejszy, ponieważ osiąga cel bez strat pary i doprowadza stałą ilość ropy odpowiadającą ilości nassanego powietrza, a w chwili braku powietrza dopływ ropy wstrzymuje.

Przez przekształcenie dyagramu wypływu pary z maszyny jednocyylindrowej na podobny dyagram dla maszyn bliźniaczych o korbach pod kątem 90° , przedstawiony w Fig. 3), otrzymamy bardzo charakterystyczną krzywą, równoznaczną z krzywami poprzedniego dyagramu, wskazującą, że przy maszynach bliźniaczych okres nadmiaru i niedoboru powietrza na jeden obrót czterokrotnie się powtarza, przyczem przerwa ciągłości ssania dostrzegalna w poprzednim dyagramie, tutaj nie występuje.

Ta niejednostajność przyptywu powietrza przy dzisiejszych systemach opalania parowozów materiałem płynnym powoduje, że w praktyce dla utrzymania dzielności powierzchni ogrzewalnej w wyższej granicy, musimy poświęcić większy ładunek ropy, wskutek czego okazuje się podczas jazdy na przemian czarny dym wskazujący na niedostateczny przyptyw powietrza, lub brązowy oznaczający zupełny brak powietrza i wywiązywanie się węglowodorów w formie pary.

Podane objaśnienia dotyczące przyptywu powietrza do skrzyni ogniowej, były traktowane bez uwzględnienia doprowadzonego przez rozpylacz strumienia pary o wiel-

kim zasobie energii ruchu i wynikłych wskutek tego zjawisk.

Wypada nam zastanowić się obecnie jakie zmiany wskutek tego urządzenia w skrzyni ogniowej występują i co należy uczynić, ażeby wszystkie niekorzystne momenta usunąć, zaś korzystne racjonalnie wyzyskać.

Strumień pary użyty do rozpylania, wychodzi zależnie od ciśnienia jakie mamy do dyspozycji i od konstrukcji użytego rozpylacza, z prędkością przewyższającą znacznie prędkość głosu i posiada zasób energii ruchu wyrażoną wzorem:

$$H = \frac{v^2}{2g} \text{ na 1 kg pary.}$$

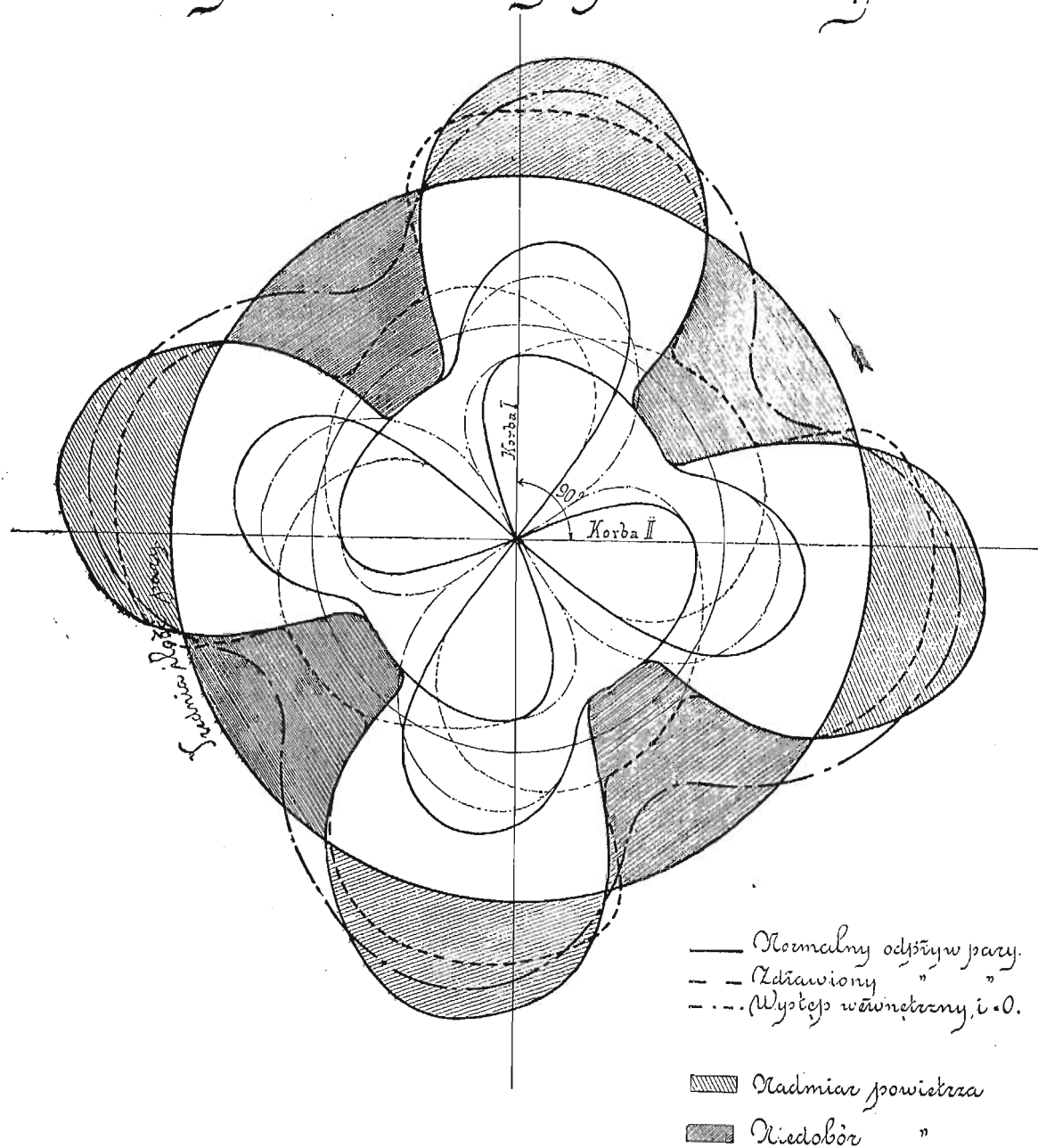
Jeżeli strumieniowi temu, na jego drodze stawimy jakąkolwiek przeszkodę, wówczas traci on swą prędkość, zamieniając swoją energię ruchu na pracę mechaniczną i ciepło.

Poprzednio wspomnieliśmy, że celem racjonalnego rozpylania, strumień pary nie powinien spotykać na drodze żadnej przeszkody, zaś celem wymieszania winien natrafić na jak największe opory. Chcąc pogodzić te dwie sprzeczności ze sobą, musimy rozpylacz w ten sposób skonstruować, ażeby para wypływająca ze smoczka wpływała do skrzyni ogniowej bez uderzenia, a swą siłą żywą wyzyskała jak najlepiej do nassania odpowiedniej ilości powietrza.

Produkty spalania ropy z powietrzem dostarczonem przez rozpylacz (nazwijmy je produktami pierwszorzędного spalania), powinny trafić w dalszym ciągu odpowiednią ilość powietrza drugorzędного, umożliwiającą ich zupełne spalanie. To drugorzędne powietrze musi być nassane działaniem dmuchawki i powinno wpływać w tym miejscu, gdzie znajduje się największa obfitość produktów pierwszorzędного spalania. Te szczegóły wskazują nam, że dotychczasowe urządzenia sklepień paleniska nie odpowiadają w zupełności celowi, albowiem one pozwalają na bezpośredni przepływ gazów pierwszorzędного spalania do rur, bez zetknięcia się z powietrzem drugorzędным. Cel ten mógłby być osiągnięty: 1) przez osłonięcie produktów pierwszego spalania sklepieniem z bocznymi upustami, wstawionem pomiędzy ścianą drzwiczkową a rurkową, 2) przez wprowadzenie strumienia pary w linii środ-

Fig: 3.

Dyagram wypływu pary
z cylindrów maszyny brźniaczej



kowej tego sklepienia, 3) przez użycie rusztu opadającego od linii środkowej sklepienia ku ścianom skrzyni ogniowej, 4) przez doprowadzenie powietrza drugorzędno ponad strumieniem wypływającym z rozpylacza w ilości, równej ilości powietrza z pod rusztu przyprływającego.

Użycie pary do rozpylania, powoduje prócz straty materiału opałowego na jej wytworzenie zużytego, znaczne obniżenie dzielności kotła, wskutek obniżenia temperatury spalania i zmniejszenia gęstości gazów wylotowych, czego następstwem konieczność zwiększenia przeciągu w kominie kosztem pracy maszyny parowej. Ważną więc rzeczą będzie zastanowić się nad tem, jak powinien być rozpylacz skonstruowany, aby zużyć do dokładnego rozpylania ropą jak najmniejszą ilość pary. Profesor Thieme¹⁾ wypośrodkował, że przy obliczeniu rozpylaczy ilość pary, użytej do rozpylania powinna wynosić 10% tej ilości pary, która przez spalanie ropą w kotle została wytworzona. Przyjawszy, że 1 kg ropą wytwarza 15—16 kg. pary, otrzymamy stosunek ciężaru zużytego ropą do ciężaru pary, do rozpylenia przeznaczanej $1 : 1.5 = 0.7$.

Ponieważ w smoczkach dla zasilania kotłów wodą, stosunek ciężaru wody do pary wynosi $12 : 1 = 12$, przyczem kondensacja pary i oddanie żywej siły wodzie jest zupełne, zrozumiemy, że przy stosunku 0.7 otrzymanym dla ropą, kondensacja pary wodnej będzie znikająco mała. Dla obliczenia ilości pary P ułożył profesor Thieme wzór:

$$7) P = K \cdot w^1 \cdot d \sqrt{2g \frac{P - P^1}{d}} \text{ w kg.}$$

gdzie: p = ciśnienie pary w kotle } w kg.
 p^1 = ciśnienie atmosferyczne } na 1 m^2
 g = 9.81 przyspieszenie ziemskie,
 d = gęstość pary.
 w^1 = przekrój wypływu pary w m^2 ,
 K = współczynnik = 0.90 dla konicznych, zaś
 K = współczynnik = 0.64 dla prostych puszczków.

Prędkość wypływu pary oznaczył według wzoru:

$$v^1 = 0.975 \sqrt{2g \left(\frac{P - P^1}{d} \right)}, \text{ w } \frac{\text{m}}{\text{sek.}}$$

¹⁾ Dr. Ignatz Lew. Die Feuerungen mit flüssigen Brennstoffen. Stuttgart 1890 St. 17.

zaś prędkość wypływu pary z ropą:

$$V = 0.6 v^1, \text{ w } \frac{\text{m}}{\text{sek.}}$$

Ilość ropą przyprływającego w sekundzie przez przekrój (w) oznaczył według wzoru:

$$\frac{P^1}{d^1} = K \cdot w \cdot v,$$

gdzie:

P^1 oznacza ilość ropą w kg.,

d^1 „ gęstość ropą,

v prędkość przyprływu ropą w $\frac{\text{m}}{\text{sek.}}$ na sekundę, którą przyjmuje 2—5 m. na sekundę.

Użycie do rozpylania ropą 10% pary wytworzonej, musimy uważać szczególnie w parowozach za niedopuszczalne, nie tylko z tego powodu, że obniża temperaturę spalania i zdolność nassania powietrza dmuchawką, ale i dlatego, że zdolność wytwarzania pary potrzebnej dla pracy maszyny parowej znacznie opada. Musimy więc starać się, przez dokładne zbadanie działania rozpylacza, procent pary zużyty do rozpylania zredukować do minimum. W tym celu musimy się włączyć nieco w teorię wypływu pary i ropą.

Według Zeunera¹⁾ prędkość wypływu pary w najmniejszym przekroju, przez który para przepływa wzrasta bardzo powoli w stosunku do wzrostu ciśnienia w kotle, a mianowicie tak powoli, że możemy całkiem śmiało prędkość tę uważać jako stałą i nazywać ją prędkością krytyczną (w_m). Prędkość tę obliczymy według wzoru:

$$8) w_m = 421.4 \cdot p_1^{0.0303},$$

zaś ilość pary G przez ten minimalny przekrój przepływającą wyznaczmy z wzoru:

$$9) \frac{G}{F_m} = 152.59 p_1^{0.9396}$$

przyczem:

p_1 = ciśnienie w kotle w kg. na 1 m^2 ,
zaś F_m = przekrój najmniejszy w m^2 .

Dołączona tabela A) wskazuje nam odpowiednie daty dla pary suchej nasyczonej.

W zestawieniu tem widzimy, że pomimo wzrostu ciśnienia w kotle, energia ruchu jednostki ciężaru pary w najmniejszym przekroju jest prawie niezmienna.

Gdybyśmy tej parze wypływającej z najwęższego przekroju pozwolili wprost wypływać, wówczas energia ruchu, prawie przy każdym ciśnieniu w kotle byłaby stałą.

¹⁾ Zeuner, Vorlesungen über die Turbinen. Leipzig 1899, str. 265.

TABELA A.

P_t	P_m	W_m	$H_m = \frac{W_m^2}{2g}$	$\frac{G}{F_m}$
kg.	kg.	m.	mkg.	kg.
5	2·887	442·9	9977	727
6	3·465	444·9	10088	857
7	4·042	447·0	10182	1007
8	4·619	448·8	10265	1146
9	5·191	450·4	10339	1285
10	5·774	451·8	10405	1423
11	6·352	453·1	10465	1561
12	6·929	454·3	10521	1698

p_1 = ciśnienie w kotle w kg/cm^2 .

p_m = ciśnienie w przekroju najmniejszym.

w_m = prędkość wypływu pary w przekroju
najmniejszym w m/sek.

H_{m} = energia ruchu w przekroju najmniej-
szymu w mkg.

$$\frac{G}{F_m} = \text{ciężar pary na } 1 \text{ m}^2 \text{ przekroju przepływającej w kg.}$$

Spadek ciśnienia pomiędzy ciśnieniem p_m , a ciśnieniem zewnętrznym, nie byłby wykonywany, para ekspandowałaby we wszystkich kierunkach.

Inaczej rzecz się przedstawi jeżeli rurę wypływową za najmniejszym przekrojem przedłużać będziemy w kształcie stożka o coraz bardziej zwiększającym się przekroju tak długo, dopóki para nie dosięgnie wskutek ekspansji adiabatycznej, ciśnienia zewnętrznego. Wówczas spadek ciśnienia pomiędzy p_m , a ciśnieniem zewnętrznym, zużytym zostanie do przyspieszenia masy pary, — energia ruchu pary wzrośnie.

W tym wypadku prędkość końcowa będzie się równać:

$$10) \quad w = \sqrt{2g \sum_{k=1}^K p_k v_k \left(1 - \left(\frac{p_k}{p_i}\right)^{\frac{K-1}{K}}\right)}$$

gdzie $K = 1.135$.

Dyagram Fig. 4. wskazuje jak w miarę wzrostu ciśnienia, wzrasta prędkość wypływu pary w atmosferę przy zastosowaniu takiego przedłużenia stożkowego znanego pod nazwą kierownicy lub dyszy de Laval'a.

Widzimy, że prędkość przy ciśnieniach od 1 atm. do 7 atm. gwałtownie wzrasta, przy wyższych jednak przyrost prędkości jest tak nieznaczny, że dla celów dokładnego rozpylania moglibyśmy się ciśnieniem 7 atm. zadowolić.

Kotły parowozów posiadają jednak ciśnienie dochodzące do 15 atm. Gdybyśmy chcieli na 7 atm. poprzestać, zmuszeni byłibyśmy ciśnienie w kotle panujące, zapomocą odpowiednich przyrządów zmniejszać.

Redukcja ciśnienia pary jest jednak połączona z kondensacją pary i stratą energii ciepła, co wskazuje, że racjonalniej będzie dla rozpylaczy wyzyskać cały spadek ciśnienia każdemu typowi kotła odpowiedni.

TABELA B.

$\frac{p_1}{p}$	$\frac{w}{w_m}$	$\frac{F}{F_m}$	$\frac{d}{d_m}$
10	1.924	2.436	1.561
8	1.861	2.069	1.438
6	1.742	1.716	1.310
4	1.550	1.349	1.161
2	1.119	1.015	1.007
1.7318	1.	1.	1.

p_1 = ciśnienie w kotle w kg. cm²

$p =$ „ zewnętrne w kg. cm².

 $w = \text{prędkość w przekroju } F$
$$W_m = \begin{matrix} & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \end{matrix} F_m$$

d = średnica przekroju I w kształcie koła

$$d_m = \dots = F_m \dots$$

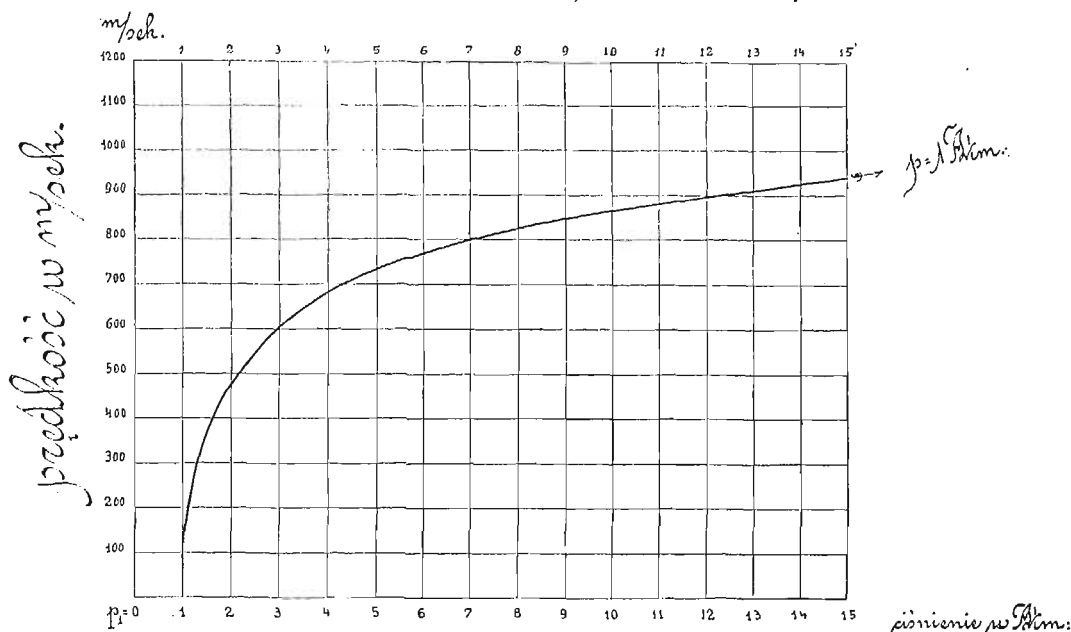
Tabela B. umożliwia nam dostosowanie do każdego przekroju minimalnego i ciśnienia początkowego pary, przekroju końcowego kierownicy, przyczem nadmienić należy, że w myśl doświadczeń poczynionych przy konstrukcyi turbin parowych, rozbieżność kierownicy przy zastosowaniu przekroju kołowego nie powinna przekraczać 10⁰. Chcąc przy stałej różnicy ciśnień z jednaką prędkością wylotową, większą ilość pary ekonomicznie doprowadzić, musielibyśmy zmieniać oba przekroje w stałym stosunku widocznym w kolumnie 3. tabeli B.

Gdybyśmy chcieli skonstruować kierownicę dla innego przekroju nie kolistego, wówczas musielibyśmy wymiary kierownicy o przekroju kolistym transformować kolejno na przekrój obrany. Dla obliczenia stosunku przekroju końcowego do minimalnego służy wzór Zeunera:

$$11) \quad \frac{F}{F_m} = \sqrt{\frac{\frac{K-1}{K+1} \left(\frac{2}{K+1} \right)^{\frac{2}{K-1}}}{\left(\frac{p}{p_i} \right)^{\frac{2}{K}} - \left(\frac{p}{p_i} \right)^{\frac{K+1}{K}}}}$$

Fig: 4.

Dyagram prędkości wypływu pary.



$$W = \sqrt{2g \frac{K}{K-1} p_1 v_1 \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{K-1}{K}} \right]}$$

$$K = 1.135.$$

Energia ruchu pary wypływającej z kierownicy, liczona na 1 kg. będzie w przekroju F znacznie większa, jak przy wypływie z zwyczajnego otworu i wyniesie

$$H = \frac{w^2}{2g};$$

Gdybyśmy kierownicę wylotową przedłużyli znacznie po za przekrój w którym ciśnienie atmosferyczne zostało osiągnięte, wówczas para wykonywałaby pracę stałego ciśnienia zmniejszając swoją prędkość na

$$H_1 = \frac{w_1^2}{2g}.$$

Energia ruchu malałaby i zmieniałaby się w ciepło w myśl wzoru:

$$12) \quad A (H - H_1) = Q \text{ kal.}$$

gdzie:

$A = \frac{1}{424}$, oznacza równoważnik ciepła dla jednostki pracy.

Ilość ciepła w ten sposób wytworzona zużyje się na wyparowanie wody znajdującej się w parze, jeżeli para była mokrą, zaś do przegrzania pary, jeśli ona była suchą. Ta okoliczność jest dla konstrukcyi rozpylacza nader ważna, albowiem gdybyśmy w tym punkcie doprowadzili ropą, wówczas wy-

wiażące się ciepło byłoby zużyte do przegrzania ropy w myśl wzoru:

$$13) \quad A(H-H)_1 = r_1 g$$

gdzie:

r_1 oznacza ciepło lotności ropy przy ciśnieniu 1 atm.

zaś g ciężar ropy.

Zastanowimy się teraz nad tem w jaki sposób, w jakim stanie i w którym miejscu należałoby doprowadzić ropę, aby przy najmniejszej ilości pary uzyskać dokładne rozpylenie.

Ropa powinna być podgrzana co najmniej do temperatury pary w miejscu zetknięcia się z parą, a to w celu uniknięcia kondensacji pary. Gdybyśmy doprowadzili ropę w przekroju najmniejszym, wówczas temperatura ropy musiałaby się równać temperaturze pary odpowiedniej ciśnieniu p_m . Ten punkt doprowadzenia ropy do pary jest zdaniem mojem zupełnie nie odpowiednim, jakkolwiek w praktyce najczęściej stosowany, ponieważ:

a) Para w przekroju tym nie osiągnęła jeszcze swej maksymalnej prędkości, oddałaby całą swoją energię ruchu ropowłowi, rzuciłaby go z wielką prędkością w przestrzeń podgrzewając ją częściowo, sama zaś w znacznej ilości skondensowałaby się, co obniżyłoby temperaturę i zdolność przegrzania mieszaniny w skrzyni ogniowej. Ropa w skoncentrowanej masie trafiłaby na ściany przed nim leżące i dopiero tam rozpryskiwałaby się na wszystkie strony nie dając możliwości należytego wymieszania się z powietrzem.

b) Do należytego rozpylenia musianoby, celem uniknięcia szkodliwej kondensacji, użyć znacznie większej ilości pary, skutkiem czego strata pary i materiału opałowego jakoteż obniżenie temperatury spalania byłoby znaczne.

c) Siła ssania pary z powodu małej prędkości wypływu pary, jest w tym wypadku mała, ropa musiałaby być doprowadzona znacznie większym przekrojem, — wymiary rozpylacza wzrosłyby.

Para wypływająca powoduje silny hałas wskutek gwałtownego rozprężenia się we wszystkich kierunkach.

Przy zastosowaniu kierownicy de Lavała z odpowiednim przedłużeniem, możemy

w przekroju F osiągnąć maksymalną prędkość wypływu, ta sama ilość pary przy tej samej różnicy ciśnień, posiada większą energię ruchu, zdolność nassania ropy ze zbiornika jest większa, przekrój dla przepływu ropy, wymiary rozpylacza i ilość pary użytej do rozpylenia mogą być mniejsze.

Para zajmuje jednak w przekroju wyłotowym przedłużonej kierownicy większą objętość, — jeżeli w tem miejscu doprowadzimy ropę, wówczas on stopniowo się miesza z parą i odbiera jej energię ruchu, zaś podgrzany rozprzestrzenia się w parze zajmując coraz większą objętość, porusza się jednak z coraz mniejszą prędkością i miesza się należycie nie powodując kondensacji.

Gdybyśmy chcieli oznaczyć jakie minimum pary musimy zużyć, chcąc osiągnąć dokładne rozpylenie, powiedzielibyśmy: musimy użyć tyle pary, aby energia ruchu zamieniona na ciepło wystarczyła na podgrzanie ropy i przemianę jego w parę.

Prosty rachunek wskaże, że tego rodzaju założenie prowadzi do celu, a mianowicie: do zamiany w parę 1 kg. ropy, musimy doprowadzić całkowitą ilość ciepła:

$$14) \quad Q_1 = G_1 [s(t_2 - t_1) + 80] \text{ kal.}$$

Ponieważ ciepło płynności (s) przez poprzednie podgrzanie ropy już doprowadziliśmy, dlatego, wskutek przemiany energii ruchu w ciepło wytworzyć musimy 80 kal. Do wytworzenia tej ilości ciepła potrzebujemy użyć w myśl wzoru 12),

$$A(H-H_1) = 80 \text{ kal. czyli}$$

przyjawszy, że $H_1 = 0$

$$H = \frac{80}{A} = 80.424 = 33920 \text{ kgm.}$$

$$\text{Ponieważ } H = \frac{w^2}{2g}, \text{ wobec tego:}$$

$$w = \sqrt{H \cdot 2g} = \sqrt{33920 \cdot 19.62} = \sqrt{365510.40} = \approx 605 \text{ m/sek.}$$

Ponieważ według dyagramu na Fig. 4. prędkość ta odpowiada ciśnieniu 3 atm., widzimy, że możemy już przez zwiększenie ciśnienia początkowego, ilość zużytej pary zmniejszyć, olbowiem przyjmawszy maksymalne ciśnienie w kotle jako podstawę, będziemy potrzebowali do wytworzenia energii 33920 kgm. przy prędkości temu ciśnieniu odpowiedniej i zupełnem jej wyzyskaniu, wskutek całkowitej utraty energii ruchu, mniejszą ilość pary, a to w stosunku w jakim prędkości do siebie pozostają.

Mając prędkości wypływu i energię ruchu, możemy każdorazowy ciężar pary oznaczyć w myśl wzoru:

$$15) \frac{m_1 w_1^2}{2} - \frac{m_1 w_2^2}{2} = x$$

W naszym wypadku przyjmujemy, że:

$$\frac{m_1 w_2^2}{2} = 0, \text{ zaś } x = 33920, \text{ więc:}$$

$$\frac{m_1 w_1^2}{2} = 33920, \text{ czyli jeżeli } w = 930 \text{ m/sek.}$$

co odpowiada ciśnieniu 13 atm.

$$m_1 = \frac{33920 \cdot 2}{864900},$$

ponieważ $m = \frac{G}{g}$, wobec tego:

$$G = \frac{33920 \cdot 19 \cdot 62}{864900} = 0.76 \text{ kg.}$$

Poprzednio przy użyciu 3 atm. wymaganiem było dla otrzymania dobrego rozpylenia na 1 kg. ropału 1 kg. pary, obecnie wskutek zwiększenia ciśnienia, stosunek ten zmniejszających się prawie o 25%.

W porównaniu z wywodami profesora Thiema, rezultaty te są znacznie lepsze, albowiem ilość pary w ostatnim wypadku użyta, wynosić będzie tylko 5% tej, którą przez spalenie 1 kg. ropału otrzymaliśmy.

Dalej idące zmniejszenie zapotrzebowania pary powstanie na podstawie następującego rozumowania:

Ponieważ ropał posiada węglowodory o rozmaitej temperaturze lotności, i łatwiej lotne pierwej się rozpylają, wobec tego przez doprowadzenie do strumienia ropału z parą wymieszanego, pewnej ilości powietrza i podgrzewania tej mieszaniny ciepłem promiennem sklepienia, możemy częściowo spowodować spalenie węglowodorów wewnątrz strumienia i tem ciepłem tworzenia, spowodować gazowanie reszty węglowodorów jakoteż rozszczepienie pary wodnej na wodor i tlen.

Tego rodzaju podstęp techniczny, umożliwi nam zredukowanie ilości pary potrzebnej do rozpylenia, jeszcze poniżej granicy poprzednio rachunkowo przedstawionej, wymaga jednak ażeby powietrze wessane, było należycie przegrzane.

Ważną rzeczą teraz będzie zastanowić się nad tem, którądy doprowadzić ropał, czy wewnątrz czy też zewnątrz strumienia pary?

Mojem zdaniem doprowadzenie ropału wewnątrz strumienia pary jest racjonalniejsze, albowiem:

1) Para w najmniejszej ilości użyta, jeśli nie ulega kondensacji, owija w zupełności całą ilość ropału i nadaje mu stopniowo energię ruchu,

2) Strumień mieszaniny nie może być działaniem ssącym dmuchawki łatwo zbozczony i ropał musi wejść w formie gazu pod sklepienie, wobec czego wymieszanie całej masy gazów z powietrzem jest zapewnione,

3) Strumień mieszaniny może być przed zapaleniem się bardzo korzystnie użyty do nassania odpowiedniej, dla generacji potrzebnej ilości powietrza.

4) Przez prowadzenie pary w kierownicy ciągłej nie następuje odrywanie się cząstek pary od kierownicy, przezco hałas powstający wskutek uderzenia strumienia pary o ściany kierownicy znacznie się obniża.

Ujście ropału musi jednak leżeć po za przekrojem, w którym para osiągnęła ciśnienie panujące w skrzyni ogniowej, gdyż ropał dopływa wówczas pod własnem ciśnieniem i porwany działaniem ssącym strumienia pary w ruchu będącej, będzie rozprowadzony działaniem czysto mechanicznem po całej masie pary.

Powietrze do generacji potrzebne może być bądźto wewnętrzne, bądź też zewnętrznie doprowadzone. Ilość powietrza nassanego oznaczamy w myśl wzoru 5.) i odpowiednio do wymaganego celu obliczymy przekroje rozpylacza.

Te wszystkie rozważania dotyczą stałej ilości przyływu ropału.

W wypadkach podobnych jak w parowozach ilość ropału zużytego jest zmienna, musimy więc i parę, jakoteż i powietrze do regeneracji potrzebne odpowiednio zmieniać.

Czynność tę osiągnąć możemy, albo:

1) przez zmianę przekrojów przepływu pary,

2) przez redukcję ciśnienia pary przy zmiennych przekrojach,

3) przez redukcję ciśnienia bez zmiany przekroju,

4) przez obranie stałego średniego ładunku pary.

Jakkolwiek sposób pod 1) jest najracjonalniejszy, to jednak ze względów prakty-

cznych, a mianowicie wskutek małej komplikacji mechanizmu, zadowalamy się sposobem pod 4).

Sposób pod 3) jest najnieracjonalniejszy, albowiem powoduje kondensacją pary wodnej, która jak już poprzednio wspomnieliśmy, wpływa bardzo ujemnie na rozpylanie.

Przy użyciu pary, wypływającej z rozpylacza, do nassania powietrza potrzebnego dla generacji, odpowiadać będzie zmiennej ilości pary, proporcjonalna ilość doprowadzonego powietrza.

Pozostaje nam jeszcze jeden moment do omówienia a mianowicie fachowość obsługi.

Ponieważ manipulacja przy opalaniu ropą, jest stosunkowo monotonna, a wymaga ciągłego dozoru i bystrości umysłu, aby ewentualne błędy usunąć, zaś stojący do dyspozycji personal niezawsze tym warunkom odpowiada, dalej ponieważ przyczyny nie należytego funkcyonowania paleniska są różnorodne i do zbadania natychmiastowego i trafnego dość trudne, winniśmy zaopatrzyć palenisko w urządzenia samoczynne takiego rodzaju, aby one prócz regulacji dopływu materiału opałowego i powietrza wskazywały nam jeszcze zapomocą położenia odpowiedniej wskazówki w stosunku do pewnej, przez fachowca ściśle oznaczonej marki, gdzie leży przyczyna złego funkcyonowania.

Parowozy austriackich kolei państwowych, przeznaczone do opalania materiałem płynnym, zostały wyposażone przyrządami systemu Holdena, przy użyciu pary wodnej jako środka rozpylającego.

Bliższe szczegóły widoczne są w zestawieniu Fig. 10. objaśnionem następującym opisem.

Urządzenie na parowozie posiada:

- a) Na kotle umieszczony wentyl lub kurek B, komunikujący z kopułą zapomocą rury A wewnątrz kotła umieszczonej, celem odbierania suchej pary, połączony rurociągiem V.
- b) z rozdzielaczem dla pary C posiadającym:
 - 1) Kurek lub wentyl D dla doprowadzenia pary do przedmuchania rurociągu IV pomiędzy wentylem K a zbiornikiem O na ropą;

- 2) Kurek lub wentyl E dla doprowadzenia pary do rozpylacza;
- 3) Kurek lub wentyl F dla doprowadzenia pary do przedmuchania rurociągu ropałowego IV pomiędzy wentylem K, a rozpylaczami MM;
- 4) Kurek lub wentyl G do doprowadzenia pary do podgrzewania ropą w podgrzewaczu L i zbiorniku O;
- e) Kurek trójdrogowy W włączony w rurociąg I doprowadzający parę do rozpylaczy MM, służący do wyłączania dopływu pary do pojedynczych rozpylaczy;
- d) Kurek trójdrogowy H włączony w rurociąg II doprowadzający parę do podgrzewacza L lub do zbiornika O, służący do wyłączania dopływu pary do każdego podgrzewacza z osobna;
- e) Wentyl K dla doprowadzania ropą do rozpylaczy, komunikujący z jednej strony rurociągiem IV z krzyżulcem J, z drugiej zaś z podgrzewaczem L.
- f) Krzyżulec J z kurkiem trójdrogowym dla wyłączania dopływu ropą do każdego rozpylacza z osobna i komunikujący zapomocą rurociągu III z kurkiem F;
- g) Podgrzewacz L (systemu Dragu) dla podgrzewania ropą przed ujściem do rozpylaczy;
- h) Dwa rozpylacze M i M symetrycznie obok drzwiczek ogniowych ułożone.

Urządzenie pomiędzy parowozem a jaszczykiem posiada:

- a) Ślimakową rurę miedzianą N do podatnego połączenia rurociągu doprowadzającego parę do podgrzewacza Z w zbiorniku O;
- b) Węża gumowego S dla podatnego połączenia rurociągu ropałowego.

Urządzenie na jaszczyku posiada:

- a) Zbiornik na ropą O, o pojemności 45 m³ posiadający:
 - 1) Właz X z hermetycznie zamykalną nakrywą i odpowiednim przyrządem do odprowadzania gazów,
 - 2) Otwór Y do wpuszczania drążka, służącego do mierzenia ilości ropą również hermetycznie zamykany;
 - 3) Kurek R do odprowadzania wody na dnie zgromadzonej, jakoteż do spuszczenia ropą do zbiornika;

T A B L I C A C.

Liczba porządkowa	Data	Nr. pociągu	Nr. Parowozu	Przestrzeń		Oddalenie w kilometrach	Prędkość <i>Btto</i> w tonnach	Zużycie w kg.						Ciśnienie atmosferyczne	Ciepło				Dzielność $\eta = \eta_1 \eta_2$	Czas trwania jazdy	Ilość rozpylaczy	U w a g a	
				z	do			W o d y			R o p a ł u				P a r y		R o p a ł u						
								Ogół- tem	na kilomtr.	na 1000 t.	Ogół- tem	na ki- lometr	na 1000 t.		na se- kundę	na 1 kg.	Ogółtem	na 1 kg.					Ogółtem
												w kaloryach											
1	1910 1/3	3.115	1.27	Stanisł.	Köresm.	111	110	14.000	126.1	1.146.6	1.440	12.9	117.9	0.113	11	662	9,268.000	11 000	15,840.000	0.58	3.33	1	Maszyna bliźniacza para nasycona
2	2/3	3.112	"	Köresm.	Stanisł.	111	110	9.000	81.0	737	900	8.1	72.7	0.084	"	"	5,958.000	"	9,900.000	0.60	2.58	1	
3	22.3	3.115	329.84	Stanisł.	Köresm.	111	182	14.500	130.7	717	1.191	10.7	58.8	0.108	15	666	9,657.000	"	13,117.500	0.73	3.03	1	
4	24/1	307	"	Stanisł.	Czerniow.	126	130	9.000	71.4	549	900	7.14	54.9	0.117	"	"	5,994.400	"	9,900.000	0.61	2.08	2	Maszyna com- pound z prze- grzewaczem *)
5	10/2	301	"	Stanisł.	Itzkany	213	165	16.000	75.1	455	1.445	6.7	41.1	0.098	"	"	10,656.000	"	15,895.000	0.67	4.04	1	
6	10/2	302	"	Itzkany	Stanisł.	213	175	17.000	79.8	456	1.500	7.0	40.2	0.100	"	"	11,322.000	"	16,500.000	0.68	4.09	1	
7	15/2	366	"	Stanisł.	Lwów	140	313	15.000	107.1	340	1.270	9.0	29.2	0.073	10	661	8,394.700	"	13,970.000	0.60	4.49	1	
8	3/3	302	"	Stanisł.	Lwów	140	165	10.500	75.0	460	900	6.4	50.2	0.098	15	666	6,993.000	"	9,900.000	0.70	2.30	1	
9	5/3	318	"	Stanisł.	Lwów	140	220	11.000	78.5	357	990	7.0	32.1	0.078	"	"	7,326.000	"	10,890.000	0.67	3.31	1	Maszyna com- pound para na- sasycona
10	9/2	303	106.99	Stanisł.	Kołomyja	55	153	4.500	81.8	535	450	8.2	53.5	0.107	13	665	2,299.500	"	4,950.000	0.64	1.10	2	
11	12/3	301	"	Stanisł.	Itzkany	213	170	19.000	89.2	524	1.665	7.8	45.1	0.113	"	"	12,635.000	"	18,315.000	0.69	4.04	1	
12	12/3	302	"	Itzkany	Stanisł.	213	168	16.000	75.1	447	1.365	6.4	38.1	0.091	"	"	10,640.000	"	15,015.000	0.70	4.09	1	Maszyna bliźniacza para nasycona
13	17/2	1.220	1.27	Stanisł.	Stryj	108	119	9.500	87.9	739	990	9.1	77.0	0.088	11	662	6,289.000	"	10,890.000	0.57	3.06	2	
14	26/2	1.215	"	Stryj	Stanisł.	108	120	10.000	92.5	771	990	9.1	76.3	0.086	"	"	6,620.000	"	10,890.000	0.60	3.11	1	

*) Rezultaty osiągnięte przy maszynie z przegrzewaczem dla pary są miarodajne, albowiem w obliczeniach dla maszyn o parze nasyconej nie uwzględniono wilgotności pary, która 10—20% zależnie od konstrukcyi parowozu i natężenia w ruchu wynosi.

Przy obliczeniu działalności kotła założono, że ropa posiada wartość kaloryczną 11.000 cal, ciężar gatunkowy 0.9.

- 4) Wężownicę Z do podgrzewania ropy w zbiorniku;
- 5) Przyrząd P z sitkiem do chwytania nieczystości ropy wraz z kurkiem do zamykania przyprływu ropy.
- b) Kurek T do zamknięcia rurociągu ropowego IV w razie pęknięcia węża gumowego.
- c) Kurek U do regulacji odpływu pary i wody skondensowanej z wężownicy X spływającej.

Rurociągi łączące są następujące:

- I. do doprowadzania pary do rozpylania,
- II. „ „ „ „ podgrzewania,
- III. do doprowadzania pary do przedmuchania,
- IV. do doprowadzenia ropy ze zbiornika do rozpylaczy.

d) w nieregularnym dopływie powietrza do skrzyni ogniowej;

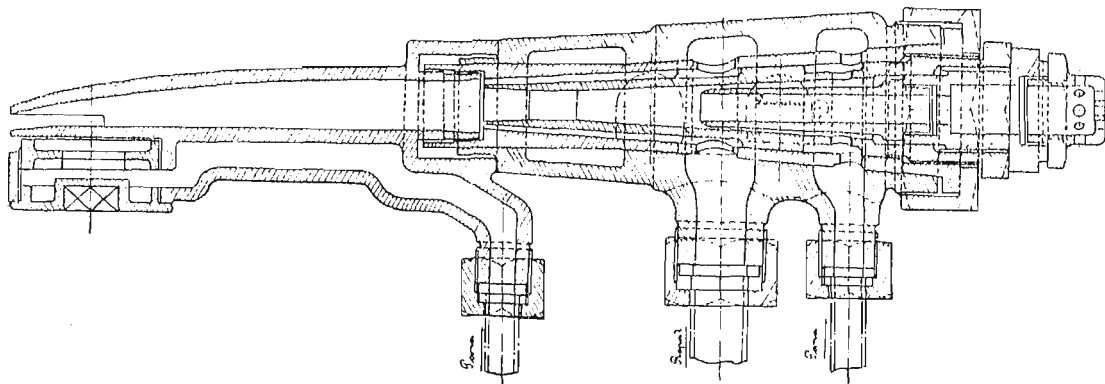
f) w niedostatecznym wyzyskaniu ciepła produktów spalania w chwili zetknięcia z powierzchnią ogrzewalną.

Ażeby tym brakom zapobiedz przeprowadzono odpowiednie zmiany a mianowicie:

od a) Umieszczono jeden rozpylacz w drzwiczkach ogniowych zamiast dwu poprzednio używanych, jazdy próbne bowiem wykazały, że przy typach parowozów posiadających powierzchnię rusztu do 3 m², zapotrzebowanie ropy jest takie, że jeden rozpylacz swojemi wymiarami jest w stanie zadość uczynić warunkom racjonalnego spalania, albowiem:

1) Zapotrzebowanie pary jest mniejsze i wynosi 5—10% ilości pary przez spalony ropą wytworzonej, zależnie od obciążenia parowozu.

Fig. 5



Przy użyciu tak urządzonych parowozów, byliśmy w stanie otrzymać dzielność kotła równą zaledwie dzielności kotła przy opalaniu węglem t. j. $\eta = 57-64\%$, jak tabela C próbnych jazd pod l. 4, 10, 13 wskazuje.

Przyczyna tej stosunkowo małej dzielności leży:

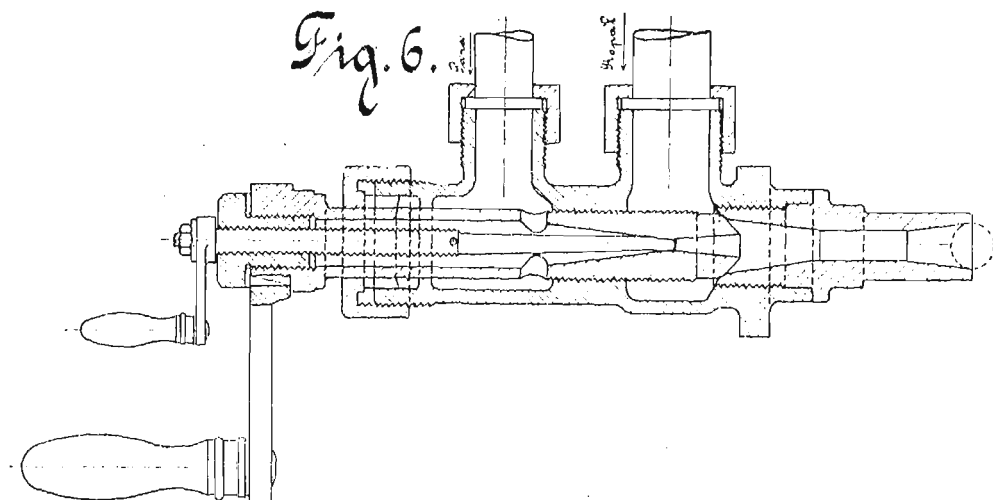
a) w zawielkiej ilości pary użytej do rozpylania;

b) w złym rozpylaniu i mieszaniu się ropy z powietrzem;

c) w bezpośrednim wessaniu par węglowodorowych do rur;

2) Temperatura spalania staje się wyższą.

3) Strumień mieszaniny ropy z parą i powietrzem wpływa bez przeszkody po pod sklepienie, podczas gdy przy użyciu dwu rozpylaczy, z powodu zamalej przestrzeni między ujściem strumienia a ścianą skrzyni ogniowej, część rozpylonego ropy uderza o ścianę boczną skrzyni ogniowej i spływa po niej niespalona do popielnika, co jest nie tylko nieekonomicznem ale połączone z niebezpieczeństwem niespodziewanego zapalenia nagromadzonego w popielniku ropy, jakoteż zmniejszenia adhezyi parowozu w chwili ściekania ropy na obręcz kół.



4) Wymieszanie gazów z powietrzem nassanem przez ruszt działaniem pary wylotowej jest dokładniejsze.

5) Prowadzenie produktów spalania względem ścian kotłowych jest lepsze.

6) Niszczenie ścian kotłowych działaniem wysokiej temperatury produktów spalania przy generacji powstałych, wskutek dokładniejszego otoczenia powietrzem do regulacji użytym, jest znacznie zmniejszone, następstwem czego zbędność omurowania bocznego ścian kotłowych cegłą ogniotrwałą.

7) Dziurawienie ścian kotłowych, dla umieszczenia rozpylaczy odpada:

8) Ewentualne niedokładności funkcjonowania przyrządów są łatwiejsze do wykrycia i usunięcia, albowiem przy użyciu dwu rozpylaczy mała nieszczelność rurociągu na miejscu uszczelnień przy rozgałęzieniu, powoduje nierówny dopływ ropału.

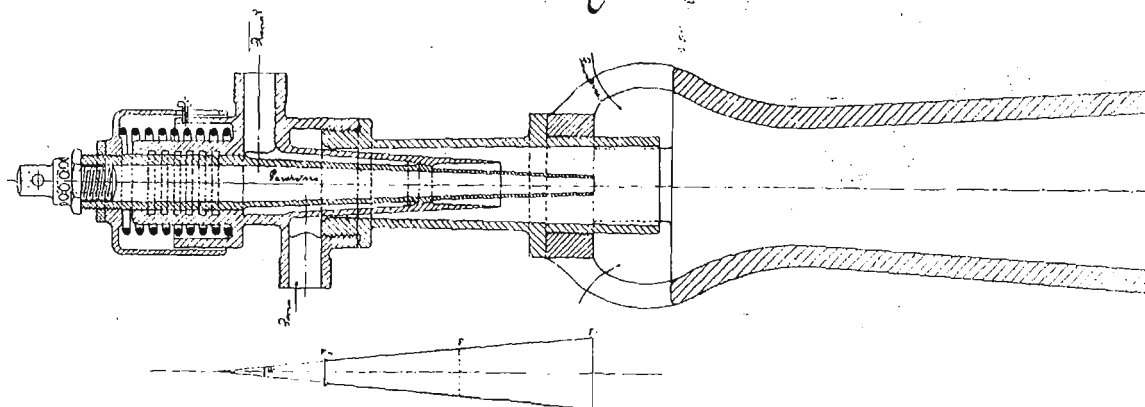
9) Zużycie wody i ropału przy równej pracy maszyny jest mniejsze.

Rezultaty uwidoczniłone w tablicy C, przy użyciu jednego rozpylacza wykazują, że dzielność kotła wzrasta do $\eta = 70\%$ (patrz lp. 8).

Fig. 5) przedstawia rozpylacz c. k. kolei państwowych.

ad b) Przez użycie jednego rozpylacza uzyskano lepsze wymieszanie gazów z powietrzem, jednak przy zastosowaniu rozpylacza systemu Dragu Fig. 6), który pod względem konstrukcyjnym odpowiada poprzednio zaznaczonym warunkom, albo też systemu autora Fig. 7, gdzie strumień pary zewnętrznie doprowadzonej, z ropąłem zmieszany, uchodzi bez uderzenia do stożka, komunikującego z powietrzem atmosferycznym wysoko podgrzanem lub z wnętrzem skrzyni ogniowej, wciąga ilości pary odpowiednią

Fig. 7

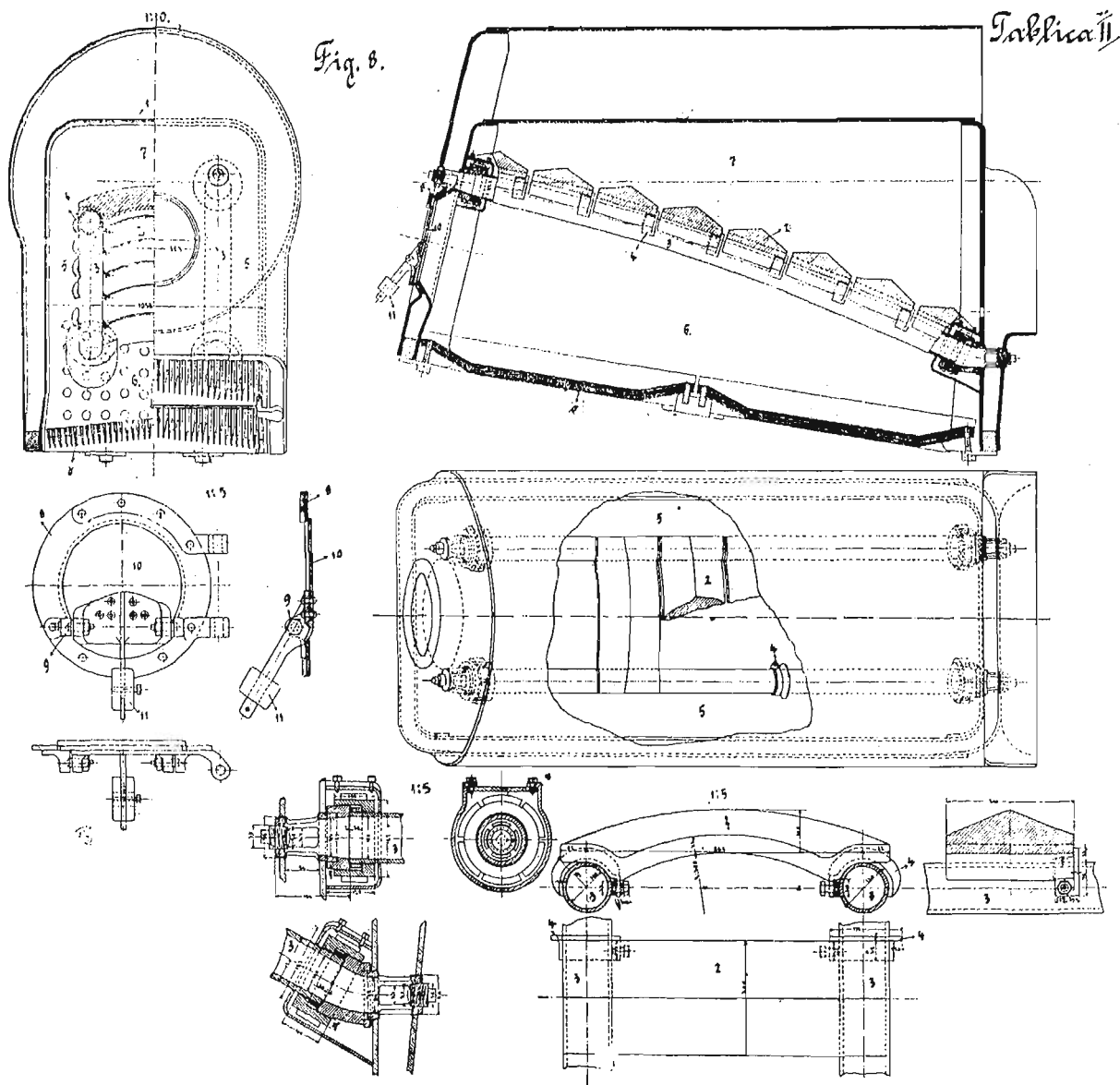


ilość powietrza w myśl wzoru Zeunera 5) — osiągnie się należyte wymieszanie całej masy z powietrzem. (Próby w toku.)

ad e i f) Przy użyciu sklepienia dotychczasowego systemu Nepely'ego, błąd ten nie jest usunięty. Przez zastosowanie sklepienia systemu autora Fig. 8 a, b, c, jako też przez użycie dopływu pary do rozpylacza z zewnątrz strumienia ropy, będzie bezpośrednie wessanie par węglowodorowych, bez poprzedniego zmieszania z powietrzem, zupełnie usunięte, wymieszanie gazów przy generacji powstałych z powietrzem do regeneracji doprowadzonom dokładniej przeprowadzone, spalanie ropy z małym nadmiarem powietrza umożliwiające, albowiem

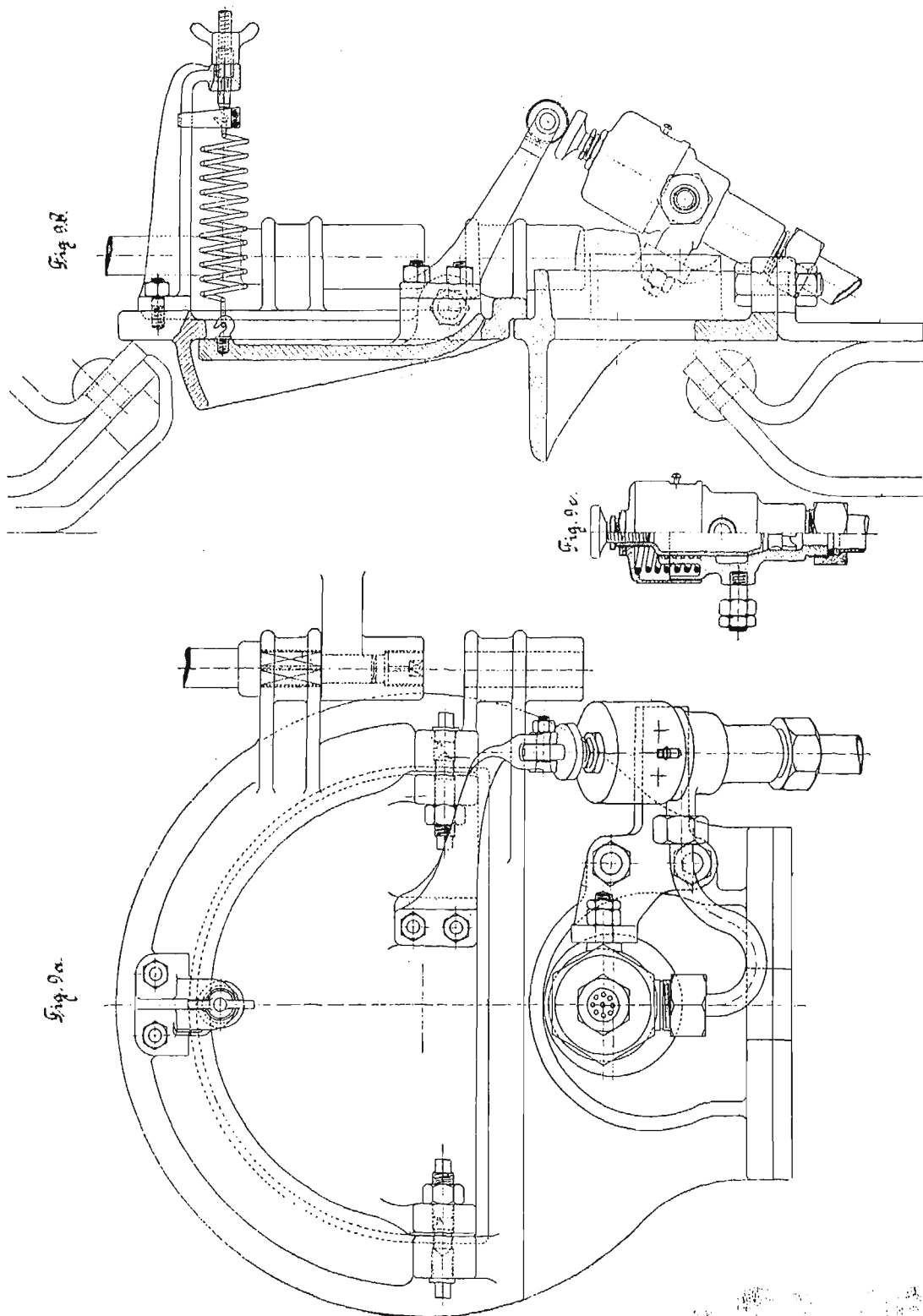
produkta spalania o wyższej temperaturze wytworzone pod sklepieniem, w chwili przepływu przez szczeliny pomiędzy ścianami bocznymi skrzyni ogniowej, a rurami wodnymi tworzącymi dźwigar ogniotrwały dla sklepienia, chłodzone gwałtownie, oddają całe ciepło wyższej temperatury wodzie w rurach cyrkulującej, a mając dostateczną ilość powietrza ponad sklepieniem w temperaturze racjonalnego spalania spalają się przed ujściem do rur.

Przez użycie drzwiczek z klapą swobodnie na dwu czopach się poruszającą, do środka skrzyni ogniowej odmykalną, z przeciwwagą lub też sprężyną, która pod działaniem różnicy ciśnień pomiędzy powietrzem



atmosferycznem a rozrzedzeniem w skrzyni ogniowej, działaniem dmuchawki parowej wywołanem, odpowiednio się otwiera, otrzymamy samoczynnie regulowany dopływ powietrza (Fig. 8 d).

Przez zastosowanie rusztu o nachylonej powierzchni od środka skrzyni ogniowej ku ścianom bocznym, przyczem górna powierzchnia założenia rusztu cegłą ogniotrwałą, przedstawia jednostajną płaszczyznę, osiągnie się



racyonalne doprowadzenie powietrza potrzebego do regeneracji. (Fig. 8 *a b*).

ad *d*) Przez zastosowanie ruchu klapy w drzwiczkach umieszczonej (Fig. 9 *a b c*), do poruszania wentyla dopływ ropy regulującego, osiągnie się, że dopływ ropy odpowiadać będzie zawsze każdoczesnej ilości powietrza, przez dmuchawkę nassanej, wskutek czego poprzednio podniesiony najważniejszy moment racyonalnego opalania parowozów zostanie rozwiązany (wypróbowane przy dwu parowozach z rezultatem zupełnie zadowalniającym i teorię potwierdzającym).

Przyrząd ten służy nie tylko do regulacji dopływu powietrza i ropy, ale może równocześnie regulować ilość pary do rozpylania potrzebnej, jako też ilość pary do podgrzania użytego ropy do temperatury 100° C.

Przez umieszczenie odpowiedniej wskazówki na przyrządzie do ściągania sprężyny, jakoteż marki kontrolnej na części stałej z drzwiczkami sprzęgniętej, osiąga się przyrząd do sprawdzania dobroci spalania.

Dzielność kotła uwidocznioną w tablicy C pod l. 3. wynosząca 73%, otrzymano przy zastosowaniu samoczynnego regulowania dopływu ropy systemu autora; wzrosła ona o 3% w porównaniu do poprzednio wspomnianej wartości.

Jeśli zważymy, że regulowanie paleniska w nocy, jako też w tunelach, wskutek niemożliwości obserwacji dynm z komina uchodzącego, jest bardzo utrudnione, i przynosi wielkie straty materiału opałowego, zrozumiemy, że tego rodzaju przyrząd, jako uzupełnienie paleniska jest nieodzowny.

Opalanie ropą, przy użyciu pary jako środka do rozpylania, ma jednak jedną bardzo wybitną wadę, a mianowicie tworzenie hałasu, którego przyczyna leży:

1) w nieodpowiedniej konstrukcji dyszy wylotowej dla pary i w uderzaniu strumienia pary wypływającej z prędkością le-

żącą, powyżej prędkości głosu, o przeszkody; wskutek czego cała energia ruchu pary zużyta rośnie do wytworzenia fal głosowych.

2) w wodzie w strumieniu pary znajdującej się, albowiem woda wskutek chłodzenia ropy utrudnia natychmiastowe zapalenie się ropy w chwili wejścia do skrzyni ogniowej i powoduje eksplozywne zapalenie;

3) w wirach tworzących się w kątach skrzyni ogniowej, wywołujących w rurach płomiennych dudnienie;

4) w eksplozywnem zapalaniu się mieszaniny gazów z powietrzem, wskutek niedostatecznie przegrzanego powietrza.

Wady te usunąć się dadzą.

ad 1) Przez zastosowanie dla pary dyszy de Laval'a i przez doprowadzenie pary do rozpylania użytej zewnątrznie zaś ropy wewnątrznie, jako też przez umożliwienie wolnego wpływu strumienia pary do skrzyni ogniowej bez uderzenia.

ad 2) Przez użycie pary wodnej suchej lub przegrzanej, jako też przez należyte podgrzanie ropy, celem uniknięcia kondensacji pary wodnej.

ad 3) a) Przez zasłonięcie wypływającego strumienia pary sklepieniem, uniemożliwiającem bezpośrednio uderzenie strumienia o rury;

b) przez zgodny kierunek wpływu powietrza do regeneracji użytego z kierunkiem strumienia gazów, wskutek generacji powstałych.

ad 4) Przez umożliwienie ciągłości przypiływu ropy, jako też usuwając bezpośrednie zetknięcie się pary wodnej z ropą w miejscu zetknięcia rurociągu, użytego do przedmuchania parą z rurociągiem ropowym, usunięcie nieczystości zgromadzonych na siłku, przez odprowadzenie nagromadzonej wody na dnie zbiornika, przed odjazdem i ruszeniem parowozu z miejsca, jako też przed podgrzaniem ropy w zbiorniku.