

ЗАЛА 15
ШКАФЬ 4
ПОЛКА 9 № 9583



O machinach parnych

ROSPRAWA

n a p i s a n a

w zamiarze otrzymania stopnia

DOKTORA FILOZOFII

W KROLEWSKIM WARSZAWSKIM UNIWERSYTECIE

przez STANISŁAWA JANICKIEGO, Filozofii Magistra.

w WARSZAWIE,
w Drukarni Jego C. K. Mości Rządowej,
w Lipcu 1825 roku.



15342



O MACHINACH PARNYCH.

1. **Machiny parne** stanowią znakomitą Epokę w dziejach przemysłu. Każdego zastanawia widok ruchu, który one nadają rozmaitym fabrykom i warsztatom; każdy przeymuie się podziwieniem, gdy uważy się, z jaką te maszyny największe podnoszą ciężary, najmocniejszy pokonywają opór, z najsłabszymi walczą przeszkodami. Od niepamiętnych czasów człowiek nakazał, że tak powiem, zwierzętom, które oswoił, siły swoje zastąpić: zyskał on przez to na czasie, zmniejszył sobie uciążliwą mechaniczną pracę, przemysł jego wyżej się posunął; potrafił on użyć na swój pożytek biegu wody i powietrza, przez co owoce jego starań i zabiegów prędkiej i taniej mu przychodziły. Ale siły ztąd pochodzące, oprócz tego, że tylko miejscowo użyć się dadzą i często są bardzo ograniczone, podlegają jeszcze odmianom atmosfery i wpływowi pór roku; powodzie, susze, mrozy i tyle innych okoliczności, przerywają ich działanie, częstokroć w chwili, w której one są najsłabsze. **Machiny**

parne wolne od tych niedogodności, mogą być postawione wszędzie, gdzie tylko jest, lub może być sprowadzony materiał opałowy. Natężenie i trwałość ich działania zupełnie są w mocy człowieka. Oprócz tego, doświadczenia przekonały, że siła pary wodnej, z większą oszczędnością, to jest, z mniejszym dla nas kosztem, oznaczony skutek sprawić może, aniżeli wszelkie inne siły, mając nawet wzgląd na koszt pierwszego zakładu. I tego zapewne tak znakomite korzyści są przyczyną, że narody w przemyśle celujące tak powszechnie machin parnych używają. Na nich bardzo często najważniejsze spekulacje handlowe i rękodzielne zasadały się. Dla tego właśnie od półtora wieku nie przestają ludzie pracować nad ich ulepszeniem: uczeni i artyści w jedno połączyli swoje usiłowania; praktyka i teoria nigdy pożyteczniej nie podawały sobie wzajemnej pomocy. Śmiało można powiedzieć, że ten piękny i godny podziwienia wynalazek człowieka stanął już blisko granic doskonałości. Ułatwić, ustalić i zabezpieczyć ruch w maszynie, nadać trwałość i budowie, otrzymać za jej pomocą największy skutek przy najmniejszym, ile być może, zużyciu materiału opałowego: oto są warunki, od których doskonałość machin parnych zawisła.

2. Zamierzysz sobie, nie w całej, bo przedmiot byłby nad nasze siły i sposoby, ale w stosowny do przeznaczenia niniejszego pisma obszerno-

ści, mówić o maszynach parnych, zastanowimy się najprzód nad własnościami pary wodnej; przebieżmy dalej historycznie następne doskonalenie się maszyn parnych; opiszemy części wchodzące w ich skład; damy krótki opis rozmaitych, tychże maszyn, gatunków; wyłożymy sposoby oceniania skutków za pomocą nich otrzymywanych; uczynimy na koniec wzmiankę o maszynach parnych w kraju używanych.

I. O własnościach pary wodnej.

3. Woda wystawiona na wolne powietrze w otwartym naczyniu znika po niejakim czasie: zamienia się ona za pomocą ciepła na płyn podobny do powietrza, a który, tak jak powietrze, jest niewidzialny. Płyn tym sposobem z wody utworzony zwiemy *parą wodną*.

4. Nie tylko w powietrzu woda zamienić się może na parę, ale nawet i w próżni, to jest, w miejscu z powietrza ogołoconym. Przekonać się o tym można, wpuściwszy nieco wody powietrza pozbawionej w próżnię barometryczną, czyli w miejsce nad merkuryszem w barometrze będące.

5. Do przedmiotu naszego najwięcej nam jest potrzebne poznanie własności pary w próżni; od tych więc zacniemy i pójdziemy za wyborną w tę

mierze pracą Daltona (1). Na ten koniec bierze się rurka barometryczna, to jest, w iednym tylko końcu zamknięta, podzielona wzdłuż na części równe np. na millimetry (2): ta się napełnia prawie do samego wierzchu merkuryuszem, świeżo przez wygotowanie pozbawionym powietrza, po czém dopełnia się wodą także z powietrza ogołoconą. Otwór tak przygotowaney rurki zamknąwszy palcem, przewraca się ją kilka razy w celu oderwania cząstek powietrza do powierzchni wewnętrzney przylegających. Po tém trzymając rurkę otworem do góry odeymie się palec; w ów czas część wody, która nie przylgnęła do ścian rurki, wychodzi na wierzch zabiéraiąc z sobą powietrze. To powietrze wypuszcza się, a rurka merkuryuszem się dopełnia. Po czém zamyka się znowu rurka, podobnie iak wyżej, zanurza się iéy otwór w naczyniu merkuryuszem napełnioném i palec się odeymie. Tym właśnie sposobem postępujemy przy robieniu barometru, z tą różnicą, iż w tym razie ścian wewnętrznych rurki wodą nie powlekamy; dla tego téż otrzymane narzędzie, które opisaliśmy, różni się od barometru: iakoż po odjęciu palca, merkuryusz w rurce opada,

(1) Biot, *Traité de Physique*.

(2) 1 millimetr wyrównywa pół linii miary nowéy polskiéy, a zatem 24 millimetry stanowią 1 cal polski. Używać będziemy w tém piśmie miar nowych francuzkich, iako prawie pospolicie przyjętych w dziełach umiejętności poświęconych: łatwo ie zaś na polskie zamienić można. Oh. Jul. Colberga: Porównanie miar i t. d.

a kolumna iego pozostała niższą iest od kolumny merkuryuszu w barometrze; co ztąd pochodzi, że woda zamienia się w parę, któręy siła sprężystości zniża kolumnę merkuryuszu. Różnica pomiędzy kolumnami merkuryuszu w barometrze i w narzędziu powyżéy opisaném iest *miarą sprężystości pary*. Jeżeli np. temperatura iest 18,75 podług termometru stustopniowego (1), merkuryusz w barometrze zamykaiącym parę wodną będzie o 14 millimetrów niżéy od merkuryuszu w barometrze zwyczajnym; a zatem sprężystość pary w wymienionéy temperaturze wyrównywa ciśnieniu kolumny merkuryuszu wysokiéy na 14 millimetrów.

6. Wiadomo, że za zmniejszeniem przestrzeni zaiętéy przez powietrze, sprężystość iego powiększa się. Własności téy nie postrzegamy w parze, bo jeżeli w narzędziu poprzednio opisaném zniżyć będzie my rurkę, wysokość kolumny merkuryuszu, a tém samém sprężystość pary, wcale nie zmieni się, część tylko saméyże pary do stanu wody ciekłéy powróci. I odwrotnie, podnosząc rurkę wysokość kolumny merkuryuszu zostanie także ta sama, ubędzie tylko część warsty wody ciekłéy na merkuryuszu będącéy przez zamienienie się w parę; ale kiedy po obróceniu wszystkiéy wody w parę, wyżej ie-

(1) Używać będziemy w tém piśmie termometru stustopniowego czyli Celsyusza; a kiedy wypadnie użyć innego termometru, wyraźnie o tém ostrzeżemy.

szcze rurkę podnosić będziemy, w ów czas kolumna merkuryusza powiększać się będzie, co ztąd pocho-
dzi, że nie wystarcza wody do nasycenia przestrze-
ni: para więc ta rozrzedzić się musi, a tém samém
sprężystość iéy się pomniejszy. Robiąc to doświad-
czenie w innéy temperaturze, te same otrzymamy
wypadki z tą iedyńie różnicą, że kolumna merku-
ryusza będzie stale wyższą lub niższą, w miarę
zniżonéy lub podwyższonéy temperatury. Ztąd wy-
pada, że w każdéy temperaturze inna ograniczona
ilość pary w danéy przestrzeni znajdować się może;
za zmniejszeniem zaś przestrzeni część pary do sta-
nu wody ciekłéy wraca. Własność ta stanowi głó-
wną różnicę pary od powietrza.

7. W celu oznaczenia sprężystości pary wo-
dnéy w rozmaitych temperaturach umieścił Dalton
powyżéy opisaną rurkę w naczyniu szklanném na-
pełnioném wodą, którą ogrzewając, uważał wyso-
kość kolumny merkuryusza w każdéy temperaturze.
Tym sposobem robione doświadczenia doprowadziły
go do następujących wypadków:

Temperatura po- dług termometru stustopniowego.	Wysokość kolu- mny merkuryusza mierzącéy spręży- stość pary, wyra- żona w calach an- gielskich (1).
	cale
0	0,200
6,25	0,297
12,50	0,435
18,75	0,630
25,00	0,910
31,25	1,290
37,50	1,820
43,75	2,540
50,00	3,500
56,25	4,760
62,50	6,450
68,75	8,550
75,00	11,250
81,25	14,600
87,50	18,800
93,75	24,000
100,00	30,000

8. Widzimy w téy tablicy, że doświadczenia
robione były w temperaturach odległych od siebie
o 6,25, zaczynając od 0° aż do 100. Wielu Fizy-

(1) 1 cal angielski wyrównywa 25,4 millimetrom.

ków, a mianowicie Laplace, Biot, Mayer, usiłowali otrzymać formułę, któraby objęła wszystkie te wypadki, a przeto służyła do wyrachowania sprężystości pary w temperaturach pośrednich między postrzeganemi przez Daltona.

9. Formuła podana przez Biota (1) jest następująca:

$\log F_N = -0,1191799 + AN + BN^2 + CN^3$
gdzie N jest liczba stopni na termometrze stustopniowym, zaczynając je rachować od punktu wody wrzącej. F_N jest wysokość kolumny merkuryusza mierzącej sprężystość pary, wyrażona w częściach metra. A, B, C, są współczynniki liczebne, których wartości są takie:

$$A = -0,01537278757$$

$$B = -0,00006731995$$

$$C = +0,0000000374$$

Podług téj formuły wyrachowana tablica zamykająca sprężystość pary na każdy stopień znajduje się w cytowanym już dziele Biota; a nawet tablica ta jest rozciągnięta od -20° aż do $+130^\circ$. Wyżey nie można iey posuwać, iak sam Biot o tém ostrzega, bo wypadki oczywiście błędne daie: sprężystość bowiem pary, zamiast się powiększać za podwyższeniem temperatury, zmniejszałyby się. Pochodzi to ztąd, że do wyprowadzenia wspomnionéj

(1) *Traité de Physique.*

formuły użyte były tylko wypadki otrzymane z doświadczeń robionych w temperaturach pośrednich między temperaturami lodu topniejącego a wody wrzącej.

10. Że zaś nader jest rzeczą ważną oznaczenie sprężystości pary wodnej w temperaturach wyższych od temperatury wody wrzącej, wielu więc Fizyków usiłowalo dochodzić téj sprężystości, lubo długo nadaremnie, drogą doświadczenia. Dopiero poszukiwania czynione w instytucie polytechnicznym Wiedeńskim, a opisane w rocznikach tegoż instytutu (1) zdają się dostatecznie odpowiadać oczekiwaniu. Nie wdając się w opisywanie szczegółów tych doświadczeń, które w wymienioném dziele znaleźć można, tyle tylko powiemy, że je robiono w sześciu rozmaitych temperaturach i otrzymano następujące wypadki:

(1) *Jahrbücher des k. k. polytechnischen Institutes in Wien. Jahrgang 1818.*

Temperatura pary wyrażona		Sprężystość pary wyrażona	
Podług ter- mom. Réau- mura	Podług ter- mom. stusto- pniowego	w Calach Więdn- skich	w Millime- trach
89°	111,25	42,25	1112
96,5	120,625	56,31	1483
107,5	134,375	84,42	2223
129	161,25	168,75	4445
151	188,75	309,3	8147
178	222,5	590,4	15552

Każde z tych doświadczeń kilka razy powtarzane dawało zawsze prawie ten sam wypadek. Stosownie do wypadków otrzymanych zmieniono formuły przez Fizyków podane na sprężystość pary w temperaturach niższych i otrzymano inną formułę (1), podług której aż do 225° też sprężystość wyrachowano. Oto jest formuła podana przez Arzbergera (2):

$$\log E = 2,8435 + \log (213 + t) - \frac{847,3}{140 + t}$$

gdzie E jest wysokość kolumny merkuryusza w calach Więdnkich, mierzący sprężystość pary, a t jest liczba stopni podług termometru Réaumura.

(1) Ob. przy końcu przypis 1wszy.

(2) Jahrbücher des k. k. pol. Inst. in Wien 1818.

11. Oznaczywszy zaś przez e, sprężystość pary w millimetrach, a przez T liczbę stopni podług termometru stustopniowego, formuła poprzedzająca zamieni się na taką (1):

$$\log e = 4,2641 + \log (213 + 0,8 T) - \frac{847,3}{140 + 0,8 T}$$

Za pomocą téj formuły obrachowaną została kolumna druga w tablicy A przy końcu będący.

12. Doświadczenia Pana Gay-Lussac (2) pokazały, iż para odosobniona od wody, póki tylko na wodę nie zamieni się, to jest, póki zostaje w temperaturze odpowiadający swojej sprężystości, zachowuje się za odmianą ciśnienia, objętości lub temperatury zupełnie tak iak powietrze atmosferyczne i inne gazy. Sprężystość więc pary takiéj jest w stosunku prostym ciśnienia a odwrotnym objętości.

13. Za podwyższeniem temperatury pary od 0 do 100° objętość iéj (podobnie iak innych gazów) powiększa się o 0,375; a że to rozszerzanie jest iednostajne, więc na każdy stopień objętość powiększa się o 0,00375. Oznaczywszy przez r objętość w temperaturze 0, a przez R objętość téj saméj pary w temperaturze T, będzie

$$R = r (1 + 0,00375 T);$$

ale za tą zmianą objętości, sprężystość pozostanie ta

(1) Obacz przypis 1wszy.

(2) Biot, Traité de Physique.

sama; jeżeli więc na powrót za pomocą ciśnienia, objętość R zamienimy na objętość r , sprężystość pary powiększy się w stosunku odwrotnym; to jest, oznaczywszy tę sprężystość przez S , a przez s sprężystość pierwiastkową, będzie

$$S : s = R : r,$$

zkaąd

$$S = \frac{Rs}{r};$$

a włożywszy za R iego powyżéy będącą wartość, wypadnie

$$S = s (1 + 0,00375 T);$$

i to jest sprężystość pary w temperaturze T , kiedy s wyraża iéy sprężystość w temperaturze 0 , w tém założeniu, że objętość pary nie zmieniła się, że taż para jest odosobniona od wody i że temperatura nie jest niższą od téy, iakiéy sprężystość pary wymaga.

14. Gay-Lussac doszedł (1), że 1 gram wody (wyrównywaiący w objętości iednemu centymetrowi sześciennemu) obrócony w parę w temperaturze 100° i pod ciśnieniem 760 millimetrów, daie 1696,4 centymetrów sześciennych pary; że zaś 1 gram powietrza atmosferycznego, przy tych samych okolicznościach, zawiera 1057,7 centim. sześć.: gęstość więc téy pary ma się do gęstości powietrza, iak 10577 do 16964, to jest, prawie iak 10 do 16. Wiémy

(1) Biot, *Traité de Physique*.

zaś, że para, póki tylko swego stanu nie zmieni, tym samym prawom, co i powietrze, podlega co do odmiany objętości za zmianą temperatury lub ciśnienia, więc gęstość pary do gęstości powietrza w iakiéykolwiek temperaturze i pod iakiémkolwiek ciśnieniem, byle te były równe dla obudwóch płynów, jest iak 10 do 16. Na zasadzie tego, co poprzedza, wyrachować można, ile pary co do objętości wydaie ciężar dany wody w iakiéykolwiek temperaturze (1). Ta wiadomość w niektórych sztukach przemysłowych przydatną byđź może.

15. Dotąd uważaliśny parę wody w próżni, czyli w mieyscu z powietrza ogołocóném; wypada nam się teraz zastanowić, czy zachodzą iakie odmiany w iéy własnościach kiedy z innemi gazami, a mianowicie z powietrzem atmosferyczném zmiészaną będzie. Doświadczenia Fizyków Dalton i Gay-Lussac (2) okazuią, że sprężystość mieszaniny złożónéy z powietrza i pary wyrównywa summie sprężystości, iakie te ciała, każde z osobna, posiadaią. Niemiéy, że powietrze opóznia tylko parowanie; ale po pewnym przeciągu czasu przestrzeń powietrzem wypełniona takąż ilość pary w siebie bierze, iakiéy do swego nasycenia, będąc próżną, potrzebuie.

(1) Obacz przypis 2gi.

(2) Biot, *Traité de Physique*.

16. Dochodzenie ilości ciepłika (1) potrzebny do utworzenia pary, było przedmiotem poszukiwań wielu Fizyków. Pierwszy Black dostrzegł, że temperatura wody wrzącej nie podnosi się, chociaż ją dalej ogrzewać będziemy, że zatem wszystek ciepłik zabierany bywa przez formującą się parę, której temperatura zostaje ciągle równą temperaturze wody wrzącej; przekonał się nadto, że para, zamieniając się na powrót w wodę, ciepłik pochłonięty uwalnia. Później Watt doszedł, że ciepłik wydany przez parę w temperaturze 100° na wodę zamieniającą się, może ogrzać o 1, masę wody 510 razy większą; czyli, co na jedno wychodzi, może wynieść równaż masę wody do temper. 510° . Wypadek ten potwierdziły z małą odmianą doświadczenia PP. Rumford, Gay-Lussac, Clément i Desormes: trzej bowiem ostatni doszli, że para w temperaturze 100° na wodę się zamieniająca, jest w stanie równaż masę wody podnieść do temp. 550° ; albo, potrafi ogrzać $5\frac{1}{2}$ razy większą masę wody o 100° .

17. Podług doświadczeń PP. De Laroche i Bé-

(1) Ilość ciepłika w rozmaitych ciałach różna być może, a to od wielu okoliczności zależy. Nie jesteśmy w stanie ocenienia ilości bezwzględny ciepłika w ciele jakim, przy danych okolicznościach; ale uważając np. ile kilogramów lodu, w temperaturze 00 będącego, stopić są w stanie rozmaite ciała przy oziębieniu ich o 10° : liczby te kilogramów będą miarą ilości ciepłika w ciałach pod uwagę branych; albo raczej, miarą sposobności ciała do ciepłika (*capacité des corps pour le calorique*). (Obacz Biot, *Traité de Physique* T. 4. p. 686. et suiv - albo, tegoż, *Précis él. de Phys.* 2de éd. T. 2. p. 658).

rard (1) sposobność pary wodny do ciepłika jest 0,847, kiedy sposobność wody do ciepłika oznaczymy przez 1. Co znaczy, że kiedy pewna masa wody oziębiona o 1, stopi pewną ilość lodu, takąż sama masa pary również o 1° oziębiona, stopi tylko 0,847 tegoż lodu; albo, że pewna masa pary oziębiając się o 1, ogrzeje takąż samą masę wody o 0,847. W doświadczeniach PP. De Laroche i Bérard za niżeniem temperatury para wodna zmniejszyła swą objętość, ciepłik więc wydany nie pochodził jedynie ze niżenia temperatury, ale i z zmniejszenia objętości pary. Wypadek zatem wyżey podany jest skutkiem tych dwóch okoliczności, a tém samym jest za wielki, skoro ma być wyrażeniem skutku pochodzącego tylko z samego niżenia temperatury. P. Dulong (2) za pomocą nader dowcipnego aparatu przedsięwziął zaradzić trudnościom zachodzącym w ocenieniu sposobności pary do ciepłika z przyczyny połączenia wymienionych fenomenów. Ale niewiadome są do tychczas wypadki, iakie ten Fizyk mógł otrzymać.

18. Wiemy już, iaka ilość ciepłika potrzebna jest do utworzenia pary w temperaturze 100° (Nro 16); ale, ile potrzeba ciepłika do utworzenia pary w innych temperaturach, a osobliwie w wyższych? Jest-

(1) Biot, *Traité de Physique*.

(2) tamże.

to ważne zadanie, nad którego rozwiązaniem zatrudniało się wielu znakomitych Fizyków tak w Anglii jak Francji. Za pomocą doświadczeń przyszedł nareszcie do tego osobliwego i bardzo ważnego wypadku (1): że dany ciężar pary wodny wydaie zawsze tę samą ilość ciepłika zamieniając się na wodę, iakakolwiek była temperatura, a tém samém i sprężystość pary w chwili, kiedy się oziębianie rozpoczęło. Skąd nawzajem wypada, iż ta sama ilość ciepłika iest dostateczną do utworzenia téżże saméy ilości pary co do ciężaru w iakiéykolwiek temperaturze, a przeto iakakolwiek sprężystość mającý. Nie wszyscy iednak Fizycy zgadzaią się zupełnie na przytoczony wypadek. Jedni, iak PP. Clément i Desormes, utrzymuią, iż iednostayność ta iest dokładną; to iest, że, podług nich, 1 kilogram pary iakakolwiek temperaturę i iakakolwiek sprężystość mającý, zamieniony na wodę w kalorymtrze lodowym topi zawsze tę samą ilość lodu. Inni zaś sądzą, że ta iednostayność w ten czas dopiéro będzie miała miejsce, kiedy od ilości całkowitéy ciepłika przez parę wydanego, odeymie się tyle ciepłika, ile go para wydaie przy zgęszczaniu się, nie przestaiąc bydz parą, w przechodzie do temperatury, w iakiéy ią na wodę zamieniamy. Tego zdania iest szczególniéy P. Southern Fizyk Angielski, który pierwszy dostrzegł

(1) Biot, Précis élem. de Physique, 2de édition T. 2. pag. 680.

i ogłosił wypadek ten o stałej ilości ciepłika do utworzenia pary potrzebny. Różnica tych sposobów uważania nie może mieć wielkiego wpływu w zastosowaniach praktycznych, bo ilość ciepłika do rozszerzenia pary potrzebna, iest bardzo mała w porównaniu z ilością, iaką para wydaie, gdy się na wodę zamienia. Weźmy np. 1 kilogram pary w temperaturze 150° , i uważmy co się dzieie, kiedy się ona zamienia na wodę w temp. 100° . Podług Clément i Desormes ciepłik wydany przez tę parę, to samo iakby miała tylko temp. 100° , zdolny iest ogrzać 1 kil. wody o 550° , albo $5\frac{1}{2}$ kil. o 100° (Nro 16.). A podług Southerna ciepłik wydany ogrzeie 1 kil. wody o 550° , i nadto ieszcze o 50° z powodu ciepłika, który służy do rozszerzenia pary od 100° do 150° ; a zatém podług ostatniego 1 kil. pary w temp. 150° zamieniony na wodę w temp. 100° ogrzeie 1 kil. wody o 600° , albo o 100° ogrzeie 6 kilog.: kiedy podług pierwszych ogrzeie tylko $5\frac{1}{2}$ kilogramów wody.

II. O początku i następném doskonaleniu Machin parnych.

19. Machiny poruszane siłą sprężystości pary wodny nazwano *machinami parnymi* (machines à vapeur); te, podobnie iak wszystkie wynalazki ludzkie, stopniami do dzisiejszýj doskonalności przy-



chodziły. Zmniejszyć, ile możności, parowanie do otrzymania żądanego skutku potrzebne, a tém samym oszczędzić materiału opałowego; przez pomniejszenie części składających machinę, bez nadwerżenia skutku, oszczędzić materiałów do budowy iéy potrzebnych; używać iak najmniej robotników do kierowania nią; potrzebować iak najmniej przestrzeni do iéy umieszczenia; nareszcie zapobiec eksplozym środkami przezornie obranemi przeciw działaczowi, którego siła nieograniczona zgubną się stać może: oto są w ogólności przedmioty, na które zwrócono uwagę w budowaniu machin parnych. Te same kierować nami będą w ocenianiu tychże machin.

20. Myśl użycia pary wodnéy, iako działacza poruszającego iest dosyć dawna; znaleźć ją iuż można w dziele *Salomona de Caüs* (1) inżyniera francuzkiego w służbie Elektora Palatyna, drukowaném w r. 1615. Był to pewien gatunek fontanny z nacisnienia (*fontaine de compression*), gdzie para cisnąc na powierzchnią wody, przymuszała ją do wyścia przez przydaną rurę.

21. W inném dziele drukowaném w Rzymie w r. 1629 (2) opisuie *Giovanni Branca* młyn do robienia prochu, gdzie para z impetem rurą dobywając się, uderza bezpośrednio w skrzydła koła.

(1) Hachette, *Traité des machines*.

(2) Tamże.

22. Margrabi *Worcester* w dziele pod tytułem *Century of inventions* w r. 1663 wydaném, mówi, lubo nie wyraźnie, o sposobie podnoszenia wody za pomocą pary. Jego słowa w téy mierze przytacza Prony (1).

23. Jednakże dopiero *Savery* około r. 1699 zaczął machiny parne stawiać; a nawet utrzymywał, że on pierwszym był ich wynalzcą, chociaż zapewne korzystał z dzieła *Worcester*a. Machina *Saverego* (2) używana do podnoszenia wody, składa się: naprzód, z rury pionowéy zakrzywionéy u góry a do prowadzenia wody przeznaczonéy i z tą wodą komunikuiący; powtóre, z naczynia owalnego między kotłem a wymienioną rurą położonego: to naczynie za pomocą dwóch rur ma związek u góry z kotłem, a u dołu z rurą wodę prowadzącą. Dla zrobienia lub przerwania komunikacyi są trzy kurki: ieden w rurze między kotłem a naczyniem owalném; dwa zaś inne w rurze pionowéy, z tych ieden iest umieszczony nad otworem a drugi pod otworem do naczynia owalnego prowadzącym. Oznaczmy pierwszy kurek przez A, drugi przez B, a trzeci przez C. Zamknąwszy kurki B i C, a A otwarłszy, wpuszcza się para do naczynia owalnego; zamknąwszy potem A, a C otwarłszy, woda pod-

(1) *Nouvelle Architecture hydraulique* T. 1. p. 564.

(2) Tamże.

nosi się do naczynia owalnego, gdzie, po zamienieniu pary w wodę, miejsce próżne znajduje. Zamyka się znowu kurek C, a dwa inne kurki otwierają się, w ów czas para wychodząca z kotła ciśnięta na wodę w naczyniu owalnem będącą, która nie mogąc powrócić na dół dla przerwaney komunikacyi za pomocą zamkniętego kurka C, a znalazłszy kurek B otwarty, podnosi się w rurze do góry. Tym sposobem otwierając na przemian kurki, to jest, otwierając w ten czas kurek C, kiedy dwa inne są zamknięte i nawzajem, zdołamy wynieść wodę do znaczney wysokości. Przydawszy drugie naczynie owalne, to samo, co i pierwsze, przeznaczenie mające, z potrzebnymi rurami komunikującymi i kurkami, będziemy mieli dokładne wyobrażenie maszyny Saverego. To drugie naczynie dopełnia swego przeznaczenia na przemian z pierwszym: to jest, kiedy do jednego para wchodzi, do drugiego w tym czasie woda wstępuje.

24. Wieleby się tu wypadło rozszerzyć nad niedogodnościami, z jakimi jest połączone nżycie pary w maszynie Saverego, gdybyśmy je wszystkie wyliczyć chcieli. Naywiększą wadą w tém zastosowaniu pary jest zapewne, że ona bezpośrednio ciśnieniem swoim wodę podnosi. Gdy bowiem woda w daleko niższej temperaturze niż para znajduje się, bardzo więc znaczną ilość pary w krótkim czasie w wodę zamienia; i zapewne dopiero w ten

czas sprężystość pary skutkować zaczyna, kiedy temperatura wody przynajmniej na powierzchni z temperaturą pary zrówna się. Do otwierania i zamykania kurków w maszynie Saverego używano z razu osobnego robotnika, z kąd wielka nieregularność pochodzić musiała. Późniéj użyto ciała pływającego (*flotteur*) przedzielającego komunikacyą wody od pary; to ciało za podnoszeniem się lub opadaniem, otwierało lub zamykało klapę zastępującą kurek A. Zastąpiono także dwa inne kurki klapami, które woda swém ciśnieniem zamykała. Ale i te odmiany nie zdołały sprawić, ażeby maszyna Saverego wiele się stała użyteczniejszą.

25. Około tego samego czasu *Papin* Doktor Medycyny, Professor Matematyki w Marburgu, wsławiony wynalezieniem digestatora iego nazwisko noszącego, ogłosił sposób użycia pary do wypychania z znaczną siłą wody, która może być użytą do obracania koła. Sposób ten uznać trzeba za dowcipny, mając zwłaszcza wzgląd na pierwiastkowe usiłowania. Opisanie iego szczegółowe znaleźć można w dziele Pronego, *Nouvelle Architecture hydraulique* (1).

26. Nie długo potem *Newcomen* wpadł na myśl działania parą na wodę, którą podnieść chcemy, nie bezpośrednio, lub za pośrednictwem ciała pły-

(1) T. 2. p. 85.

waiącego (flotteur), ale za pomocą drąga zwanego *balancier*, którego ieden koniec przyczepiony jest do tłoka przez parę w walcu popychanego, a drugi do tłoka pompy wodę wznoszący. Myśl ta nader dowcipna dała początek wszystkim prawie machinom parnym późniéj wynalezionym, które za pomocą dodanych pewnych mechanizmów służą nie tylko do podnoszenia wody, ale i do zwyciężenia wszelkiego oporu. Długi czas to ulepszenie przyznawano Saveremu, który przebieglejszy od prawdziwego wynalazcy, potrafił go ubiec zyskaniem dla siebie patentu; a Newcomen, człowiek prosty i skromny, za szczęśliwego się poczytywał, że go Savery przypuścił do spółki. Dowiedziono iednak późniéj, że prawdziwymi wynalazcami byli Newcomen trudniący się wyrabianiem z żelaza rozmaitych rzeczy i Cawley szklarz, oba w Darmouth mieście Angielskiém zamieszkali.

27. Nayważniejszą częścią w maszynie Newcomena jest walec żelazny wydrążony, u wierzchu otwarty, a u dołu komunikujący za pomocą rury z kotłem pod nim będącym. W walcu jest umieszczony tłok szczelnie do ścian jego przystający, który może się podnosić i opadać. Dla wystawienia sobie działania téj maszyny, zacznijmy ją uważać w chwili, kiedy tłok najniższe swe położenie zajmuje. W ów czas otwarty kurek przerywający komunikacją między kotłem a walcem, para wey-

dzie do walca i podniesie tłok; a gdy ten do najwyższego swego położenia dojdzie, zamyka się wspomniany kurek, a otwiera się inny pozwalający wpaść gwałtownie wodzie zimnej z rury przy spodzie walca otwór swój mający; para dotknięta wodą zimną natychmiast na wodę ciekłą się zamienia i tym sposobem powstaie prawie próżnia pod tłokiem; ciśniony zatém tłok z wierzchu przez powietrze atmosferyczne schodzi na dół. Po czém otwiera się kurek parę z kotła wpuszczający i to samo się powtarza, cośmy już opisali. Do otwierania i zamykania kurków, albo klap ich miejsce zastępujących, użyto mechanizmu, któremu ruch sama machina nadawała. Pręt tłoka w walcu chodzącego przyczepiony jest do iednego końca drąga zwanego *balancier*, którego drugi koniec porusza pręt tłoka zwyyczajnej pompy wznoszący wodę do potrzebnej wysokości.

28. Machina Newcomena lubo daleko jest doskonalsza od maszyny Saverego, miała iednak wielkie niedokładności. Z tych główniejszemi są: naprzód, woda zimna wpuszczana wewnątrz walca oziębiała znacznie jego ściany; powtóre, na podstawie wierzchniej tłoka utrzymywano wodę, aby powietrzu zewnętrznemu zabronić przystępu, co także walec znacznie oziębiało. Dla wynagrodzenia utraty ciepła z tego podwójnego oziębiania pochodzący, musiano dostarczać pary w większej ilości; ta-

kim sposobem wykraczano bardzo przeciw oszczędności: bo walec przez rdzewienie prędko się zużywał, kocioł musiał być znacznie duży i opału wiele wychodziło.

29. *Watt* w maszynie swojej wymyślonej około r. 1770 zapobiegł takowym nieprzyzwoitościom, naprzód, przez zgęszczanie pary nie w walcu głównym, ale w innym walcu obok pierwszego położonym i z nim u wierzchu i u dołu za pomocą rur komunikującym; ten drugi walec nazwano *kondensatorem* (condenseur). Powtóre, *Watt* zamknął walec główny u wierzchu, zostawił tylko potrzebny otwór dla przepuszczenia szczelnie przystającego pręta tłokowego. Rura parę z kotła prowadząca wpuszczona jest u wierzchu do kondensatora, w którym się znajdują dwie kłapy, jedna nad otworem do walca głównego, a druga pod tymże otworem; oznaczmy pierwszą klapę głoską A, a drugą, głoską B. Wystawmy sobie maszynę w tej chwili, kiedy tłok jest u góry. Pod nim jest próżnia zrobiona podobnym sposobem, co w maszynie poprzedzającej, to jest, przez wrzucenie wody zimnej. Kłapa A jest otwarta, a B zamknięta. Para wchodzi nad tłok i spycha go na dół. W ów czas kłapa A zamyka się, a B się otwiera, para więc z nad tłoka, rozchodzi się po kondensatorze i pod tłok. Ciśnienie wtedy na tłok jest to samo z obu stron; dla podniesienia go zaś do góry, użył *Watt* następującego sposobu, to

jest u drugiego końca drąga zwanego *balancier* zawiesił ciężar, który w ten czas, kiedy para nie wywiera siły, na dół opada, a tym samym podnosi tłok do góry; ten idąc w górę wypycha parę z wierzchniej części walca do kondensatora i do dolnej części walca. A skoro tłok dojdzie do góry, kłapa B się zamyka, a otwiera się kłapa A; w tymże samym czasie do kondensatora wrzucona jest woda zimna, która zgęściwszy parę, sprawuje wielkie rozrzedzenie czyli prawie próżnię w dolnej części walca. Okoliczności teraz są te same, co na początku, działanie więc dalej powtarza się sposobem już opisanym.

30. Maszynę tę *Watta* nazwano z *pojedynczym skutkiem* (à simple effet), a to dla tego, że w ten czas tylko pożyteczny skutek maszyna przynosi, kiedy tłok w walcu parowym na dół schodzi. Dla podniesienia go zaś do góry trzeba było zaczepić ciężar na drugim końcu drąga zwanego *balancier*.

31. Ale także sam *Watt* i *Boulton* wpadli późniejszy na myśl użycia pary nie tylko do podnoszenia, lecz i do zniżania tłoka. Polepszona w ten sposób maszyna zowie się maszyną z *skutkiem podwójnym* (à double effet), dla różnicy od tamtej, której skutek od tej jest dwa razy mniejszy. W miejsce pojedynczego walca za kondensator w poprzedzającej maszynie służącego, użyli *Watt* i *Boulton* walca po-

dwójnego (fig. 1.) komunikującego rurą P z kotłem, a rurą K z kondensatorem. W jest otwór do wierzchniej części walca parnego, a D otwór do dolnej części tego walca. a, b; A, B; są kłapy dające lub przerywające komunikacją tak wierzchniej jak i dolnej części walca parnego z kotłem lub kondensatorem. Wystawmy sobie, że kłapy a i B są otwarte, a kłapy b i A zamknięte; w ów czas para z kotła wchodzi otworem W do wierzchniej części walca i spycha tłok na dół; a skoro ten na dół zeydzie, kłapy a i B zamykają się, otwierają się zaś dwie inne b i A. Para w wierzchniej części walca komunikując z kondensatorem, zgęszcza się; w tymże samym czasie, para z kotła, znalazłszy klapę A otwartą, wchodzi otworem D pod tłok i podnosi go do góry. A gdy tłok przyydzie do najwyższego swego położenia, zamykają się kłapy b i A, drugie zaś dwie, to jest, a i B, otwierają się; para w dolnej części walca zgęszcza się, a nowa para z kotła, znajdując klapę a otwartą, wchodzi nad tłok i spycha go na dół. Tym sposobem otwierając razem kłapy a i B, a zamykając w tymże samym czasie kłapy b i A, i nawzajem, tłok w walcu parnym ciągle z góry na dół i z dołu do góry za pomocą pary popychanym będzie.

32. Porównywiając dwie maszyny poprzednio opisane, postrzeżemy, że maszyna z podwójnym skutkiem (à double effet) nad maszyną z pojedyn-

czym skutkiem (à simple effet) następujące ma korzyści; 1ód: żeby podnieść tłok w maszynie ze skutkiem pojedynczym, potrzeba zawiesić ciężar na drugim końcu drąga zwanego *balancier*; zaniżeniem przeto tłoka, para ten ciężar podnosić musi, któreto podnoszenie jest tém samém stratą dla skutku użytecznego maszyny. Po 2re: w maszynie ze skutkiem pojedynczym para nie wychodzi ciągle z kotła, ten więc musi, dla obciążenia pary w czasie wznoszenia się tłoka powstającego, być daleko większym od kotła w maszynie drugiego rodzaju, gdzie para nieustannie z kotła wychodzi. Po 3cie: kocioł w téjże maszynie musi być grubszy, ato dla oparcia się wzrastającemu ciśnieniu pary w czasie wznoszenia się tłoka. Po 4te: jeżeli przy innych równych okolicznościach, powierzchnie tłoków w obu maszynach są równe, skutek w maszynie ze skutkiem podwójnym jest dwa razy większy od skutku w maszynie ze skutkiem pojedynczym; a zatem przy równych skutkach walec parny w maszynie tamtéj jest znacznie mniejszy. Po 5te: ruch w maszynie ze skutkiem podwójnym jest więcéj iednostayny, niżeli w maszynie ze skutkiem pojedynczym. I tak, kiedy druga nadaie oporowi ruchu obrotowy, miarkowanie tego ruchu od nas zależy w czasie niżania się tłoka; ale skoro ciężar (*contrepois*) działać zaczyna, ten kołu rozpędnemu (*volant*) nadać może tak wielką prędkość, że

cała machina zgruchotaną zostanie; i to się już nie raz zdarzyło.

33. W machinach, któreśmy dotąd opisywali, używano pary iedynie w temperaturze wody wrzącéy: ciśnienie takiéy pary nazwano *ciśnieniem zwy czayném* (simple pression), bo wyrównywa ciśnieniu iednéy tylko atmosfery; maszyny więc poprzedzające nazwać można *maszynami ciśnienia zwy czaynego* (machines à simple pression).

34. Maszyny, w których się używa pa ry w temperaturze wyższéy niż wody wrzącéy, a tém samém, pary wywieraiący ciśnienie kilku atmosfer, zwać będziemy *maszynami ciśnienia wyso kiego* (machines à haute pression).

35. *Woolf* używaiąc pary ciśnienia wysokiego, korzystał oraz z siły, którą ona wywiera przy swém rozszérazaniu się. Aby dać wyobrażenie *machiny Woolfa*, załączamy następujący wyiątek z patentu wziętego przezeń w r. 1804 na budowanie machin ciśnienia wysokiego: „Maszyna powinna mieć dwa walce parne różnych objętości, a różnica ta zależy od siły sprężystéy i od temperatury pary w kotle będącéy. Mały walec komunikuje spodem i wierz chem z kotłem; te komunikacye otwieraią się i za mykaią na przemian klapami do tego przeznaczonemi. Wierzch małego walca komunikuje ze spodem wiel kiego, a wierzch wielkiego ze spodem małego; te

kommunikacye otwieraią i zamykaią się także na przemian. Nakoniec dwie przeciwné podstawy wiel kiego walca komunikuią na przemian z kondensato rem. Gdy komunikacya między kotłem a wierz chem walca małego iest otwarta, są także otwarte komunikacye między spodem małego a wierzchem wielkiego walca, tudzież między spodem wielkiego a kondensatorem; w tymże samym czasie, trzy inne komunikacye, to iest, między kotłem a spodem małego walca, między wierzchem małego a spodem wielkiego walca, nareszcie między wierzchem wiel kiego a kondensatorem są zamknięte, i tylko w ten czas się otwieraią, kiedy się trzy pierwsze zamykaią. Gdy się to wszystko w sposób opisany urządzi i gdy każdy walec tłokiem opatrzony będzie, przypuścmy, że maszyna iest w ruchu i obierzmy tę chwilę, kie dy oba tłoki doszły do wierzchu i zstępować maią: w ten czas para wychodząca z kotła z sprężystością dwa lub trzy razy większą od sprężystości powietrza atmosferycznego, wchodzi nad tłok małego walca i na dół go spycha; para pod nim będąca wchodzi wierzchem wielkiego walca nad iego tłok i spycha go w tymże samym czasie na dół, co i tłok mały; na koniec para z pod wielkiego tłoka przechodzi do kondensatora. Gdy oba tłoki zeydą na dół, wszy stkie komunikacye dotąd otwarte zamykaią się, a inne się otwieraią; para z kotła pod tłok mały wcho dząca przymusza go do podniesienia się w górę; para

z nad tłoka małego wchodzi pod tłok wielki i także go do góry w tymże samym czasie popycha; nakoniec, tłok wielki podnosząc się, wypycha parę będącą nad nim do kondensatora. Ruchy te współczesne i następne obu tłoków pochodzą, ieden od pary bezpośrednio z kotła wychodzący do małego walca, a drugi od pary rozszerzający się w przeyściu z małego walca do wielkiego.”

36. *Oliver Evans* mechanik Amerykański używając pary wysokiego ciśnienia rozszerza ją zaraz w tym samym walcu. Tak bowiem kłapy wpuszczające parę są urządzone w jego maszynie, że w ten czas się zamykają, kiedy tłok w walcu do pewnej tylko wysokości dojdzie. Chwila, w której kłapa wpuszczająca parę ma być zamknięta, zależy od sprężystości pary użytej: to sprawia, że kiedy tłok skończy swą drogę, sprężystość pary wyrównywa sprężystości powietrza zewnętrznego; w ów czas ta para, albo, się zewnątrz wypuszcza, albo też wchodzi do kondensatora, gdzie w wodę zamienia się.

37. Skład maszyny *Evansa*, zwaney także *maszyną parną Kolumbijską* (*Columbian Steam Engine*) jest prostszy od składu maszyny *Woolfa*: bo w pierwszej ieden walec tegoż samego przeznaczenia dopełnia, co dwa walce w drugiej. Nadto, zdaie się, że *Evans* lepięy użytkuie z rozszerzania pary, bo w jego maszynie para działając na tłok, ma tylko do

zwyciężenia, z drugiej strony tłoka, opór wyrównujący ciśnieniu powietrza atmosferycznego; kiedy w maszynie *Woolfa* ciśnienie z drugiej strony tłoka w walcu małym, iest z początku równe sprężystości pary użytej, dalej to ciśnienie zmniejsza się, i dopięro w ten czas wyrównywa ciśnieniu powietrza atmosferycznego, kiedy tłok na dół zeydzie.

38. Zdaie się, że maszyna *Evansa* przewyższa wszystkie inne prostotą składu i stósowném użyciem pary, tego nieocenionego działacza mechanicznego. Wiadomość o rzeczonyj maszynie wyięta iest z dzieła tegoż *Evansa* na francuzki ięzyk przez *P. Doolittle* przełożonego, pod tytułem: *Manuel de l'ingénieur Mécanicien constructeur des machines à vapeur, par Oliver Evans*. Tłómacz przyłączył do tego dzieła szacowne dodatki, które obeymują, między innymi rzeczami, poprawy, iakie w swęj maszynie porobił *Evans* od r. 1804, to iest, od pierwszego ogłoszenia dzieła.

39. *P. Doolittle* (1) wspomina o innęj ieszcze maszynie w następujących wyrazach: „Mimo wszelakich korzyści maszyny *Olivera Evansa*, zdaie się, że ona musi ustąpić pierwszeństwa innęj maszynie nowęj wymyślonyj przez *P. Curtis* obywatela Stanów Zjednoczonych. Ta ostatnia iest daleko prostsza, sprawia bezpośrednio ruch obrotowy, a w budowie

(1) Bulletin de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale année 1818 p. 38.

swęj przynosi dwie trzecie oszczędności nad machinami Watta i Boultona. Machina taka znajduiąca się w New-York, wydaie za pomocą iednéj piły, 60 stóp kwadratowych desek w 6 minutach, co czyni 7200 stóp kwadratowych na 12 godzin. Statki parne poruszane machinami Curtisa na rzekach Baltimore i Potamac, wszelkie podobnéj natury statki w prędkości przechodzą. Machina wysokiego ciśnienia, którą P. Woolf w Anglii zbudował, miana była dotąd ze wszystkich za najlepszą; iéy siła wyrównywa sile 12 koni; kosztowała 1400 funt. szterl. (56000 złot. polsk.); machina zaś obrotowa Curtisa posiadaiąca siłę 30 koni, kosztuie naywięcéy 400 funt. szterl. (16000 złot. polsk.)”.

40. Kiedy będzie mowa o ocenianiu skutków wszelkiego rodzaju machin parnych, poznamy o ile korzystnieysze są maszyny ciśnienia wysokiego od machin ciśnienia zwyczajnego.

Wyłożywszy w ogólności zasady, na iakich się wspieraią maszyny parne, zastanowimy się teraz szczegółowo nad częściami w skład tychże machin wchodzącami.

III. O częściach wchodzących w skład machin parnych.

1. P i e c.

41. Naystósowniéy wypada naprzód zastano-

wić się nad tą częścią w maszynie parnéj, w której, przez spłnienie pewnego materyału opałowego, wydobywa się ciepłik potrzebny do zamienienia wody w parę. Część ta zowie się *piecem* (fourneau). A że istotną iest rzeczą oszczędzenie materyału opałowego, potrzeba więc w budowie pieca o to się starać, by do zamienienia w parę pewnéj ilości wody iak naymniey używać tegoż materyału. Zadosyc uczynienie temu warunkowi, zależy od dopełnienia trzech następuiących. *Naprzód*, trzeba żeby ciepłik powstały był użyty iedynie do głównego zamiaru, to iest, do ogrzewania wody, a nie wcale do innych ciał przyległych nie rozchodził się. *Powtóre*, trzeba żeby wszystek materyał opałowy spłonął, a zatém, żeby same tylko części niepalne, czyto w postaci gazów, czy w stanie stałym, z pieca po spaleniu oddzieliły się. *Potrzenie*, nakoniec, części niepalne oddzielaiące się, dopóty zewnątrz wypuszczone być nie powinny, dopóki temperatura ich nie stanie się równą temperaturze wody w kotle zamkniętéj, gdyż dopiéro w ten czas wcale na podwyższenie temperatury téyże wody działać nie są w stanie. Niepodobną iest rzeczą zadosyc uczynić zupełnie wymionym warunkom; naylepiéy więc ten piec odpowie przeznaczeniu swoiemu, który się im naymniey sprzeciwia. Zobaczymy pokrótce iakim sposobem do tego przychodzimy.

42. *Co do pierwszego.* Aby zapobiec, ile mo-

żności, rozchodzeniu się ciepłika do ciał przyległych, buduje się piec z materyału, który z trudnością ciepłik przepuszcza: takim iest cegła dobrze wypalona. Nadto, ponieważ powietrze suche bardzo złym iest ciepłika przewodnikiem, ściany pieca powinny być podwójne, to iest, złożone z dwóch ścian równo odległych, iednėy cienkiėy ze strony ogniska, a drugiėy grubėy ze strony zewnėtrznėy; pomiędzy zaś temi dwiema ścianami ma być zamknięta przestrzeń powietrzem wypełniona. Tamże umieszcza się węgiel na proszek utarty, który także, iak wiadomo, z znaczną trudnością ciepłik przepuszcza. Sam zaś kocioł powinien być z metalu, iako ciała będącego bardzo dobrym ciepłika przewodnikiem.

43. *Co do drugiego.* Za materyał opałowy w machinach parnych używa się powszechnie węgla ziemnych (houille). Te uważać można, iako mające w swym składzie, oprócz rozmaitych soli i niedokwasów metalicznych, na popiół po spaleniu obracających się, inne ieszcze części początku organicznego, a składające się: z węglika, wodorodu, kwasorodu i siarkorodu. Z tych istot dwie pierwsze tylko, to iest, węgiel i wodoród są palnymi; a palność ta zależy od ich sposobności łączenia się z kwasorodem. Że zaś doświadczenia pokazały, iż ciepłik wydobywa się w czasie formowania się kombinacyi kwasorodu z ciałami palnymi, aby więc z węgla ziemnych wydobyć iak największą ilość ciepłika, potrzeba,

żeby się wszystkim wodoród i wszystkim węgiel w tychże węglach znajdujący, połączył z kwasorodem i potworzył ciała w najwyższym stopniu ukwaszenia będące, iakimi są, z węglika, gaz kwas węglowy, a z wodorodu, woda. Ażeby wspomniane kombinacye miały miejsce, potrzeba przyzwoitėy temperatury, równie iak dostatecznėy ilości ciągle odnawiającego się powietrza atmosferycznego, bo to dostarcza potrzebnego kwasorodu. Wiadomo, że dystalując węgle ziemne w naczyniu zamkniętym, otrzymują się następujące produkty: smoła, olejek przypalony, wodoród węglowy, ammoniak, coak (1) i woda. Ilość względna tych produktów zależy od temperatury, która im iest wyższa, tym więcey otrzymuje się wodorodu węglowego, a mniėy smoły i olejku przypalonego; pierwsze zaś ciało łatwiėy rozkłada się i w nowe z kwasorodem wchodzi kombinacye, tworząc gaz kwas węglowy i wodę, aniżeli dwa drugie. Jeżeli zatėm w piecu przy dostatecznym ciągu powietrza atmosferycznego, temperatura nie iest dosyć wysoka, tworzy się mała ilość wodorodu węglowego, który z łatwością z kwasorodem się łączy, a zbyt wielka smoły i olejku przypalonego, któreto ciała, prawie nic nie rozłożywszy się, razem z ammoniakiem, także dla niskiėy temperatury nierozłożonym, ulotnione uchodzą i to, co *dymem* na-

(1) *Coak (kok)* iestto czysty węgiel połączony z solami i niedokwasami metalicznymi, w skład węgla ziemnych wchodzącemi.

zywamy, tworzą; a tém samém nie tylko, że znaczna część istot palnych bezużytecznie odłącza się, ale nadto dym taki roznosi odór nieznośny: co wielką nieprzyjemność sprawia osobom mieszkającym w sąsiedztwie machin parnych. Dla zaradzenia tym dwóm wielkim nieprzyzwoitościom, usiłowano wynaléć sposoby spalania tego dymu: dowiedziano tego prawie w piecach zwanych dla téż przyczyny *piecami dym pożerającymi* (fourneaux fumivores). W piecach takich dym przepuszcza się ponad węgle (coak zwane) mocno rozpalone, tym sposobem dym rozkłada się i w nowe z kwasorodem powietrza wchodzi kombinacye. Opisy z rysunkami rozmaitych na wymienionéj zasadzie wybudowanych pieców widzieć można w dziełach Borgnisa (1), Hachetta (2) i innych. Jeżeli znowu przy dostatecznéj temperaturze za mało dochodzi powietrza atmosferycznego kwasorodu dostarczającego, w ów czas, dla braku kwasorodu, węglík nie ukwasza się zupełnie i zamiast gazu kwasu węglowego, wydaie gaz niedokwas węglowy; nadto, podobnie iak w przypadku poprzedzającym, formuje się dym z istot palnych ułotniających się, a które, dla niedostatku kwasorodu, w kombinacye wchodzić z nim nie mogą. Ważną więc jest rzeczą, uskutecznienie w piecu przyzwoitego ciągu powietrza atmosferycznego. Ciąg ten powsta-

(1) Composition des Machines.

(2) Traité des Machines.

ie w ten czas, kiedy kolumna złożona z gazów rozmaitych w kominie stanie się lżeyszą od kolumny téż wysokości powietrza zewnętrznego; im bowiem różnica między temi ciężarami będzie znacznieysza, tym więcéy kolumna zewnętrznego powietrza cisnąć będzie na otwór do pieca, a tém samém, wypychać weń powietrze do palenia potrzebne. Stąd wypada, że ciąg będzie tym większy, im wyższy będzie komin; iednakże to do pewnéj granicy ma tylko miejsce: bo warsty w kominie będąc następnie w wysokości coraz zimnieysze, będą także coraz gatunkowo cięższe; oprócz tego, znajduje się w kominie znaczna ilość gazu kwasu węglowego, gatunkowo cięższego, iak wiadomo, od powietrza; w pewnéj więc wysokości kolumna stać się może, iż kolumna gazów w kominie przewyższy swym ciężarem kolumnę powietrza zewnętrznego, a przeto ciągu powietrza nie będzie.

44. *Co do trzeciego.* Gazy z ogniska oddzielające się, mają temperaturę bardzo wysoką, nim one więc zewnątrz wyйдą, trzeba ie póty około kotła, za pomocą rur do tego przeznaczonych, oprowadzać, póki temperatura ich znacznie się nie niży. Ale z drugiéj strony należy baczyć na to, iżby z łatwością swą drogę odbywać mogły, inaczéy przeszkadzałaby potrzebnemu do palenia ciągowi powietrza atmosferycznego.

45. Podług doświadczeń PP. Lavoisier i Laplace, 1 gram węgla spalony, zdolny iest ogrzać 7226 gra-

mów wody o 1°, czyli jest zdolny ogrzać 1 gram wody o 7226°; a że woda zamieniając się w parę w temperaturze 100°, pochłania 550° ciepłika (Nro 16), więc 1 gram węgla powinienby około 13 gramów wody zamienić w parę w temperaturze 100° (1). Ale doświadczenia P. Clément pokazały, że za pomocą najlepszych pieców dotąd używanych jeden gram węgla z drzewa tylko około 7 gramów wody, a jeden gram węgla ziemnych najwięcej 6 gramów wody w parę zamienić może: reszta więc ciepłika ginie przez promieniowanie, przejście do ciał przyległych, i niezupełne spłonienie materiału opałowego; co wszystko dowodzi, że piece dotąd używane bardzo są jeszcze niedokładne.

2. Kocioł.

46. *Kocioł* (chaudière) w maszynie parnej ciśnienia zwyczajnego robi się z miedzi lub mocnej blachy żelaznej. Kształt jego bywa rozmaity; najczęściej jednak jest okrągły, tak iż na przecięcie poziome wydaie koło; kiedy zaś to przecięcie jest prostokątem lub inną figurą podłużną, w ów czas rura kominowa przeprowadza się przez całą długość kotła. Cały kocioł, ile możności, powinien być obmurowany; bo tym sposobem, oziębianie znacznie się zmniejszy. Liczba otworów w kotle bywa rozma-

(1) Biot, Précis Elem. de Physique 2de éd. t. 2. p. 701.

ta; najczęściej jednak jest ich sześć, to jest, trzy z wierzchu, a trzy z boku. *Pierwszy otwór* służy do napełniania kotła i do obejrzenia jego powierzchni wewnętrznej; jest zaś zamknięty klapą nazwaną *klapą zabezpieczającą* (soupape de sureté); téy ciężar tak ma być umiarkowany, iżby para, skoro tylko nabędzie sprężystości wyższej nad potrzebę, podniósłszy ją, uysć mogła zewnątrz. Przez *drugi otwór* przechodzi rurka, którą dostarcza się ciągle tyle wody, ile iéy z kotła ubywa przez parowanie; i dla tego nazywa się ona *rurką żywiącą* (tuyau nourricier). Otwór iéy spodni ma być blisko dna kotła, dla téy przyczyny, żeby woda zimna sprowadzona nie oziębiała pary w wierzchniej części kotła zbierającej się. Wysokość rurki żywiącej powinna być taka, iżby ciężar kolumny wody w niéy zamkniętej przewyższył ciśnienie z sprężystości pary pochodzące; inaczey, woda weysćby nie mogła. Do *otworu trzeciego* dotyka rura, która prowadzi parę z kotła do walca parnego. Nadto z boku są *dwa otwory*, z których jeden komunikuje z przestrzenią parę obeymującą, a drugi z przestrzenią zajętą przez wodę. Oba zaś otwory połączone są zewnątrz kotła rurką składającą się z dwóch ramion poziomych, a jednego pionowego między pierwszymi umieszczonego. Ramie pionowe jest szklanne; a że wysokość wody jest ta sama w kotle i w rurce, widzieć ją przeto można każdego czasu. A umieściwszy w rur-

ce téy termometr, znać zawsze będziemy temperaturę pary, a ztąd wniesiemy, iaka iéy iest sprężystość. *Ostatni otwór* z boku przy samém dnie kotła znajdujący się, służy do wypuszczania wody z kotła w razie potrzeby: dla tego iest przy nim rurka kurkiem opatrzona.

47. W maszynie parney ciśnienia wysokiego kocioł składa się z dwóch lub trzech walców lanych z żelaza, leżących poziomo w piecu. Te walce komunikują z skrzynią także z żelaza ulaną, do pieca przymurowaną. Do skrzyni téy zgromadza się para rurami pionowemi z walców wspomnianych przeprowadzona; walce bowiem same powinny być ciągle wodą wypełnione. Oliver Evans radzi używać za kocioł dwóch walców, z których ieden obeymuje drugi; a płomień przechodzi wzdłuż walca wewnętrznego.

3. *Walce parne.*

48. *Walec parny* (cylindre à vapeur), oprócz mocney budowy i dokładnego połączenia swoich części, powinien mieć tę zaletę, iżby pary iak najmniej z niego uchodzić mogło zewnątrz. Naytrudniéy się tego ustrzedz można przy otworze, którym pręt tłoka przechodzi, i dla tego nad tym otworem przytwierdzona iest do walca skrzyneczka komunikująca za pomocą rurki z parą do walca spro-

wadzana; ta skrzyneczka będąc ciągle napełniona parą, ochrania tém samém wierzch walca od oziębiania się. Wiadomo iuż, że oprócz otworu dopięro wzmiankowanego, którym tłok walca przechodzi, ma tenże walec dwa otwory, u góry ieden, a drugi u dołu, dla wpuszczania pary. Dno walca iest kuliste wklęsłe, a w samym iego środku iest otwór schodzący się, za pomocą rurki, z rurą prowadzącą od otworu, którym para pod tłok wchodzi. Taki kształt dna walca sprawia, że wszystka woda, z zgęszczoney pary powstająca z łatwością do kondensatora spływa. Żeby zmniejszyć, ile możności, oziębianie się walca, trzeba go obłożyć drzewem, lub inném ciałem z trudnością ciepłik przepuszczającym; czasem nawet w tym celu cały walec otacza się drugim walcem, a przestrzeń zawarta między nimi wypełnia się parą.

49. W maszynach parnych wysokiego ciśnienia, z przyczyny powiększoney sprężystości pary, walce parne powinny mieć ściany grubsze i mocniéy być zbudowane, niżeli w maszynach ciśnienia zwycaynego. Nadto, ponieważ tu temperatura pary iest wyższa, walce prędzéy się także oziębiają; tém troskliwiéy przeto należy temu oziębianiu zapobiegać i dla tego każdy walec musi być otoczony innym walcem parę obeymującym.

4. *Tłoki.*

50. *Tłok* (piston), który w całym swym biegu, szczelnie do ścian walca parnego przystawać powinien, składa się zwyczajnie z dwóch blach grubych żelaznych, promienia nieco mniejszego od promienia walca. Blacha wierzchnia jest płaska; spodnia zaś ma prawie kształt kapelusza, tak, że przylegać może do wierzchniej blisko w $\frac{2}{3}$ promienia od środka zaczawszy, a w $\frac{1}{3}$ promienia zostaje, między blachami na około, miejsce wolne, które się wypełnia kłakami; te kłaki przykładaia się z wierzchu obręczą żelazną, która służy do przeszkodzenia zupełnemu zetknięciu się wspomnianych blach. A podług potrzeby ściskaia się blachy śrubami, i tém samém wypychaia się kłaki: to sprawia, że tłok szczelnie do ścian walca przystaie.

51. Tłok wymyślony przez Anglika *Cartwright* iest cały z metalu. Podstawa iego iest nieco mniejszego promienia od promienia walca; na téj podstawie kładzie się kilka odcinków kołowych, miedzianych, iak naydokładniey do powierzchni walca przystósowanych; na pierwszych odcinkach kładą się drugie w ten sposób, iż środek każdego z tych drugich przypada tam, gdzie się dwa z pierwszych odcinków schodzą; wszystkie te odcinki popychane są ku powierzchni walca sprężynami; na samym wierzchu znajduje się obręcz, przyśrubowana do pod-

stawy, tak iednak, że odcinki pomiędzy podstawą a obręczą wolno się mogą poruszać i cisnąć na ściany walca. P. Molard w raporcie czytany na posiedzeniu towarzystwa zachęcaiacego przemysł (*Société d'encouragement pour l'industrie nationale*) w Paryżu, o machinie parney przez P. Edwards wybudowaney, wielkie zalety przyznaie tłokom podług téj zasady robionym, i utrzymuie: że takie tłoki daleko mniéy zużywaią wewnętrzną powierzchnią walca, niżeli dawniey używane.

52. W machinach wysokiego ciśnienia, dla skuteczniejszego zabronienia przeyscia pary z iednéj strony tłoka na drugą, para wywierá ciśnienie na tłok za pośrednictwem oliwy, wosku, merkuryuszu lub metalu łatwo topliwego; tym sposobem i tarcie tłoka o ściany walca znacznie się zmniejsza.

5. *Klapy i Regulator.*

53. Wiémy iuż (Nro 31), iak są ułożone *klapy* (*soupapes*) przeznaczone do robienia i przerywania komunikacyi między kotłem a walcem parnym i między tym walcem a kondensatorem. Mieysca, gdzie są umieszczone klapy, zowią się *puszkami parnymi* (*boîtes à vapeur*); tych zazwyczaj w machinie iest dwie, a każda ma dwie klapy.

54. Do otwierania kolejnego klap, używa się

mechanizm zwany *regulatore* (*regulateur*). W maszynach parnych Watta regulator było zbiór wielu drążków składanych a poruszanych prętem przy mocowanym do drąga zwanego *balancier*.

55. W maszynach przez późniejszych konstruktorów stawianych, regulator i kłapy zastąpione są przez rozmaite inne mechanizmy: z tych niektóre zalecają się swym prostym składem; szczególniej zaś jest dowcipną tak nazwana *puszka szufladowa* (*boîte à tiroir*) Pana *Martin*. Puszka ta składa się ze dna mającego trzy otwory prostokątne obok siebie leżące, nad nimi umieszczona jest szuflada (*tiroir*) do góry dnem wywrócona i takiéj wielkości, iż dwa, ze wspomnianych otworów, zakryć jest w stanie; szuflada ta posuwać się może w kierunku poziomym. Dla poznania użycia puszki szufladowéj oznaczmy trzy wymienione otwory głoskami a, b, c; otwór a komunikuje z wierzchem walca parnego, otwór c ze spodem tegoż walca, a otwór b środkowy z kondensatorem. Jeżeli szuflada tak jest położona, że zakrywa otwory b i c, para przybywająca ciągle z kotła do puszki parnéj wchodzi nad tłok i spycha go na dół. A skoro to nastąpi, szuflada posuwa się tak, że zakrywa otwór a, a odkrywa otwór c, otwór zaś b zawsze jest pod szufladą; para na ten czas wchodzi otworem c pod tłok; a w tym samym czasie komunikacja wierzchu walca, za pomocą otworów b i c pod szufladą zostają-

cych, z kondensatorem będąc otwartą, para pod tłokiem zgęszcza się i tłok do góry się podnosi. Po tém znowu szuflada wraca do pierwszego swego położenia; a tak działanie powtarza się sposobem już opisanym. Dla nadania szufladzie ruchu zwrotnego prostokréślnego (*mouvement rectiligne alternatif*), jest ona opatrzona na wierzchu grzebieniem (*crémaillère*) (1), w którego zęby zahacza się cewa (*pignon*) osadzona na osi przechodzącéj przez puszkę parną. Oś wspomniona odbiera swój obrót od maszyny, a szufladzie przesyła ruch zwrotny prostokréślny, za pomocą cewy i grzebienia. Skład mechanizmu do posuwania szuflady uprościć można przez nadanie puszcze P. Martin położenia pionowego; właśnie téż to zastosowano już do niektórych maszyn.

56. Do nadania kolejnéj komunikacyi walcowi z parą i z kondensatorem, używa Oliver Evans w swojej maszynie kłapy jednéj obracającej się, wynalezionéj przez P. *Luther Stephens*. Zasada takowéj kłapy jest podobna do téj, na której się wspiera mechanizm P. Martin; ale kłapa Stephensa w tém jest wygodniejszą, że ruch iéy jest obrotowy ciągły (*circulaire continu*), a taki daleko łatwiéj może iéy być od maszyny przesłany, niż ruch prosty-

(1) *Crémaillère* nazywają francuzcy mechanicy linią pospolicie metalową, której jedna krawędź opatrzona jest zębami. Dla niejakiego iéy podobieństwa do grzebienia, nazywać ją téż tak będziemy, bo nie znamy innego dla niéy polskiego nazwiska.

kréslny zwrotny w mechanizmie P. Martin. Po szczególowe opisanie kłapy Stephensa (którego tu, dla iego obszerności, załączyć nie możemy) odsęlamy do wspomnianego już dzieła Evansa (Nro 38).

6. Kondensator i pompa powietrzna.

57. Kondensator (condenseur) iestto rura, która idzie na dół od puszkii parney w kierunku pionowym lub pochyłym do poziomym, dalej zanurza się w naczyniu napełnionym wodą zimną i przybiera tamże położenie poziome. Naczynie wspomniane zowie się *refringérant*; w niem umieszczona iest rurka spółkuiąca, której iedno ramie wchodzi do kondensatora, a drugie znajduje się w wodzie zimnej; tego drugiego ramienia koniec iest pod wodą w pewnym oddaleniu od iey powierzchni i iest opatrzony kłapą, którą za pomocą pręta na wierzch wychodzącego, mniéy lub więcéy, według potrzeby, otworzyć można: w tym celu koniec pręta wymienionego iest opatrzony śrubą, którą bliżéy lub dalej posuwaiąc, mniéy lub więcéy kłapę przymykamy. Rurką tu opisaną wrzucana iest do kondensatora woda zimna potrzebna do zgęszczenia pary. Woda ta łącząc się z parą, iak w maszynie Watta, w temperaturze 100° zostaiącą, ogrzewa się i nabiera temperatury około 30° do 40° .

58. W celu wyprowadzenia z kondensatora

bardzo znaczney ilości wody (1) użytéy do zgęszczenia pary; niemniéy w celu wyprowadzenia z tamtąd powietrza, z wodą zimną tamże wpuszczonego, a uwolnionego przez ogrzanie onéy; przyłączona iest do kondensatora pompa nazwana *pompą powietrzną* (pompe à air), której tłok poruszany iest przez maszynę. Pompa ta wznosi, do naczynia w pewney wysokości znajduiącego się, wodę ciepłą, której część rurką żywiącą (Nro 46) wpływa do kotła dla zastąpienia wody wyparowaney, a reszta zewnątrz wypuszczoną zostaię. Woda zewnątrz wypuszczona, oziębivszy się, użytą być może na powrót do zgęszczenia pary i w tym celu pompą oddzielną, przez maszynę poruszaną, może być do naczynia *refringérant* wprowadzoną.

7. Reniflar.

59. Gdzie się kondensator kończy, umieszcza się rurka komunikuiąca z powietrzem zewnętrznym, na samym końcu opatrzona kłapą lub kurkiem, który się tylko w ten czas otwiera, kiedy maszynę w działanie wprowadzić chcemy. Rurka ta zwana *reniflar* służy do wypędzenia powietrza z walca parnego i z innych części maszyny, tamże przed działaniem znajduiącego się. Na ten koniec, pootwiera

(1) Ob. przypis 3, o ilości wody zimnej do zgęszczenia pary potrzebney.

rawszy komunikacye kotła z walcem, a tego z kondensatorem, wpuszcza się para z kotła; ta przeto wypędza powietrze, które otworem w końcu reniflara znajdującym się, wychodzi.

8. *Drąg zwany Balancier.*

60. *Drąg* nazwany *balancier*, składa się najczęściej z dwóch ramion równych, a w środku swoim tak jest zawieszony, iż się około punktu zawieszenia obracać może. W końcu iednego ramienia przyczepiony jest pręt tłoka w walcu parnym chodzącego, koniec zaś drugiego ramienia przyczepia się rozmaitemi sposobami do oporu, który za pomocą maszyny parnej przewyciężyć chcemy.

61. Ponieważ tłok w walcu parnym odbywa ruch prostokréslny zwrotny (*rectiligne alternatif*); potrzeba zatem pręt ięgo tak do końca drąga przyczepić, iżby zawsze w kierunku pionowym zostawał; z tego względu przyczepienie pręta tłokowego niekiedy znacznym trudnościom podlega. Zastanowimy się tu nad rozmaitemi sposobami tego przyczepiania.

62. W machinach Watta ze skutkiem pojedynczym, drąg zwany *balancier* ma na iednym swym końcu przytwierdzony łuk koła, którego promień równa się połowie długości drąga. W wierzchnim

końcu tego łuka osadzony jest ieden koniec łańcucha, którego drugi koniec jest złączony z prętem tłoka. Pod czas obracania się drąga około swego punktu zawieszenia, łańcuch przylega do zewnętrznej wypukłości łuku, a tym sposobem pręt tłoka zawsze w kierunku pionowym zostaje.

63. Mechanizmu poprzednio opisanego użyć tylko można w machinach ze skutkiem pojedynczym, gdzie para w walcu tylko z góry na dół działa, a zatem drągowi, za pomocą tłoka i łańcucha, ruch obrotowy z góry na dół nadaie; z dołu zaś do góry powraca drąg nie działaniem pary zmuszony, ale działaniem ciężaru zawieszzonego w drugim końcu tegoż drąga. Kiedy zaś para ma poruszać tłok także i z dołu do góry, w ów czas do przesłania ruchu od tłoka do drąga nie można użyć łańcucha, ale koniecznie potrzeba pręta niegiętkiego. Trudne to zadanie, jakim sposobem ruch tłoka prostokréslny zwrotny zamienić na ruch obrotowy zwrotny drąga zwanego *balancier*, za pośrednictwem pręta niegiętkiego, rozwiązane naprzód zostało przez Watta.

64. Nim przystąpimy do opisanego mechanizmu przez Watta wynalezione, opiszemy naprzód, jakim sposobem *Bétancourt* dopiął później tego samego zamiaru; czynimy to zaś dla tego, że sposób *Bétancourta* jest prostszy. Mechanizm ięgo nosi nazwisko

balancier et contrebalancier de Bétancourt (1). Dwie sztuki drzewa (fig. 2.) AB, DO, (DO iest połowa drąga zwanego *balancier*; sztuka zaś drzewa AB, nazywaną iest *contrebalancier*) obracać się mogą około punktów A i O; ich końce są połączone prętem żelaznym BCD, którego końce B i D mogą się wolno obracać około czopów w punktach B i D umieszczonych. Długości AB, DO, są równe, a summa ich $AB + DO$ równa się rzutowi poziomemu odległości punktów A i O, tak, że kiedy AB i DO są w kierunku poziomym, linia przechodząca przez B i D iest pionową i równą różnicy wysokości punktów A i O nad poziom. Jeżeli teraz punkta B i D opisują łuki nie zbyt wiele stopni zawierające, nad i pod poziomem liniami przez punkta A i O przechodzącymi, środek C linii BD, przebiegać będzie prawie linią prostą pionową. Jakoż, jeżeli punkta B i D nie wiele od linii pionowych, przez A i O przechodzących, oddalają się, promienie AB i DO będąc równe, punkt B podnosi się lub zniża względem punktu A prawie o tę samą ilość, o jaką punkt D podnosi się lub zniża względem punktu O; skąd wypada, że łuki zakreślone przez punkta B i D mogą być, w tym przypadku, uważane za równe. To przypuściwszy, punkta B i D muszą być zawsze w iednakiéy odległości od linii pionowéy, od której punkta A i O są także iednako oddalone: bo te odległości są dostawa-

(1) Lanz et Bétancourt, Essai sur la composition des machines.

mi łuków wyżéy wzmiankowanych; jeżeli więc punkt C iest w środku linii BD, musi się ten punkt ciągle znajdować na linii pionowéy, o której wspomnieliśmy. Umieściwszy zatem pręt tłoka w kierunku téy pionowéy, warunek, by pręt pionowo w linii prostéy poruszał się, dopełnionym będzie.

65. Mechanizm wynaleziony przez Watta, a przeznaczony do przesłania ruchu od tłoka do drąga zwanego *balancier*, nosi nazwisko *równoległoboku Watta* (parallélogramme de Watt). Oto iest iego opis: Równoległobok ABCD (fig. 3) iest przyczepiony do drąga AO w punktach A i C stałych względem drąga; boki równoległoboku mogą zmieniać wzajemną pochyłość względem siebie, końce ich bowiem opatrzone są zawiasami. Nadto wierzchołek D równoległoboku iest utrzymywany zawsze w stałéy odległości od punktu niewzruszonego F za pomocą pręta niegiętkiego FD, którego końce obracać się mogą około zawias w punktach F i D. Wystawiwszy sobie teraz, że punkt B iest ciągniony lub popychany w kierunku pionowym, punkta A i C zakreślą łuki kół, których wspólnym środkiem iest punkt O, a punkt D zakreśli łuk koła mającego za promień linią FD. Kiedy punkta A, C, D, zakreślają łuki kół, punkt B w tymże samym czasie zakreśli pewną linią krzywą: widzimy zaś, że kiedy ruch drąga usiłuje punkt B oddalić na iedną stronę linii pionowéy, obrót punktu D około punktu F, usiłuje tenże punkt B oddalić

w przeciwną stronę linii pionowey; można przeto te dwa skutki tak pokombinować, że linia krzywa przez punkt B zakreślona, tak mało się oddali od linii prostey pionowey, iż ją za taką w praktyce poczytać będzie można.

66. Prony w dziele swém, Nouvelle Architecture hydraulique, wyłożył bardzo piękną teorią matematyczną linii krzywych zakreślonych przez koniec pręta przyczepionego sposobem Bétancourta lub Watta; ale téy teorii dla iey obszerności przyłączyć tu nie możemy. Tam się pokazało z rozważ nad mechanizmami rzeczónemi, że oba sposoby na iedno wychodzą, i że koniec pręta tłokowego zakreśla tę samę w obu przypadkach linią, jeżeli części mechanizmu stósownie sobie co do wymiarów odpowiadają. Równoległobok więc Watta ma tę korzyść nad mechanizmem Bétancourta, że przy téy samey wielkości drąga zwanego *balancier*, daleko mniej miejsca zabiera.

9. Koło rozpędne.

67. Z początku używano machin parnych, tylko tam, gdzie było potrzeba ruchu prostokreślnego zwrotnego; Watt dopięro wpadł na szczęśliwą myśl zamienienia ruchu obrotowego zwrotnego drugiego końca drąga zwanego *balancier*, na ruch obrotowy. Uskutecznia się to następującym sposobem: do dru-

giego końca drąga *balancier* przyczepia się pręt, tak iednak, że tenże pochyłość swoię względem drąga zmieniać może; pręt zaś wspomniony przyczepiony jest do korby (manivelle) przymocowaney do osi (arbre tournant), którato oś ma się obracać ruchem ciągłym. W czasie poruszania się końca drąga *balancier*, pochylenie pręta do korby zmienia się i przechodzi następnie przez wszystkie wielkości, zacząwszy od 0° do 180° i od 180° do 0° . W ten czas siła naykorzystnięy działa, kiedy pręt jest prostopadły do korby; w ów czas zaś, kiedy pręt z korbą w iednym jest kierunku, siła oporem osi zupełnie zniszczoną zostaje: obrót więc wtedy ustaćby musiał, gdyby na téy samey osi nie umieszczono koła promienia wielkiego i znaczney masy: to koło bowiem opóźnia ruch obrotowy osi, skoro siła naykorzystnięy swe działanie wywierą; a za to pobudza do ruchu oś w ten czas, kiedy siła wcale nie działa. Koło takie zowie się *koło rozpędne* (volant). Osadzać ie potrzeba na téy, z osi obracających się w machinie, która ma naywiększą prędkość: im bowiem z większą prędkością koło rozpędne obracać się będzie i im massa iego bardzięy od środka obrotu oddaloną zostanie, tym ruch obrotowy będzie iednostaynieyszy (1).

(1) Ob. przypis 4.

10. *Moderator.*

68. Natężenie lub zwolnienie ognia w piecu, przez co w danym czasie więcéy lub mniéy pary powstaie, wpływa na przyspieszenie lub opóźnienie ruchu tłoka w walcu parnym, a przeto i całej maszyny. Najczęściéy zaś potrzeba, by ruch maszyny, ile możności, był iednostayny. Dwoiakim sposobem tę iednostayność ruchu w maszynie, mimo rozmaitey mocy ognia, sprawić można: naprzód, wpuszczając więcéy lub mniéy wody zimnéy do kondensatora, przez co, powiększając lub zmniejszając zgęszczanie pary, powiększymy lub zmniejszymy, podług potrzeby, prędkość tłoka; dostąpimy, powtóre, tego celu, przez większe lub mniejsze odemknięcie otworu, którym para do walca wchodzi. Powiększanie iednak prędkości tłoka ma swoje granice, a temi są: w pierwszym razie, wpuszczenie tyle wody zimnéy, ile iéy potrzeba do zupełnego, ile możności, zgęszczenia pary; w drugim zaś razie, odemknięcie zupełne otworu, którym wchodzi para. Zmniejszać zaś prędkość możemy aż do zupełnego iéy zniszczenia: dokażemy tego, albo przez niewpuszczenie wcale wody do kondensatora; albo, przez zamknięcie zupełne otworu, którym para wchodzi.

69. Miarkowanie ruchu w maszynie parnéy, bardzoby było niedokładne, gdyby miało być powierzzone robotnikowi: usiłowano więc odkryć, ia-

kimby sposobem powierzyć można saméy maszynie miarkowanie swego ruchu w miarę potrzeby. Mechanizm do tego służący nazywa się *moderator* (*modérateur*).

70. Moderatorem w początkowych maszynach parnych był mechanizm składający się, z kłapy zamykającej komunikacją między kondensatorem a walcem parnym, i z pompy wznoszącéy wodę do naczynia, z którego ciągle ta sama ilość wody odpływała. Na powierzchni wody w naczyniu umieszczone było ciało pływające (*flotteur*), które za wzniesieniem się lub opadnięciem, przymykało lub otwierało klapę wyżej wspomnianą. A że pręt pompy wodę wznoszącéy przyczepiony był do drąga zwanego *balancier*, za przyspieszeniem więc ruchu w maszynie, więcéy wody do naczynia wchodziło, niżeli zeń odchodziło: podnosiło się zatem ciało pływające i przymykało klapę, tym sposobem mniejsza ilość pary do kondensatora dla zgęszczenia się przejść mogła: ruch przeto w maszynie opóźnić się musiał.

71. Watt wynalazł daleko doskonalszy moderator znany pod nazwiskiem *penduł ostrokągowy Watta* (*pendule conique de Watt*). Składa on się z dwóch ciał kulistych C i C' (fig. 4) osadzonych na prętach AC i AC', któreto pręty przyczepione są w punkcia A do pręta pionowego AB obracającego się około swoiéy osi, a mającego ten obrót przesta-

ny od maszyny. Nadto do ciał C i \dot{C} są jeszcze przyłączone pręty CD, i \dot{CD} schodzące się w punkcie D; a punkt D może się posuwać wzdłuż pręta AB. W punkcie D jest znowu przyłączony koniec drąga składanego, którego drugi koniec jest przyłączony do kłapy zamykającej komunikacją między kotłem a walcem parnym. Skoro Maszyna swój ruch przyspieszy, obrót pręta AB większą prędkości nabędzie; w ów czas ciała C i \dot{C} zagnione siłą odśrodkową (force centrifuge) oddalą się od osi AD, a tym samym podniosą punkt D, drąg składany przymknie kłapę; a ta mniej wpuszczając pary, ruch maszyny na powrót opóźni. Wszystko się odwrotnie odbywa, kiedy się w Maszynie ruch opóźni.

III. Wyszczególnienie maszyn parnych znanych do tego czasu.

72. Oprócz maszyn parnych, które już wyżej poznaliśmy, są jeszcze inne nie różniące się od tamtych co do zasad, na jakich się w nich wspiera użycie pary wodnej, ale jedynie co do niektórych części w ich skład wchodzących. Nadto, wynaleziono maszyny parne, w których użycie pary na innych zasadach jest oparte; a lubo te maszyny dotąd w praktyce z korzyścią użytymi być nie mogły, przecie, dla uzupełnienia historii maszyn par-

nych, i o nich kilka słów namienimy. Maszyny pierwszego rodzaju, jako wszystkie opatrzone tłokiem, nazwać można *Maszyny parne tłokowe*; drugiego zaś rodzaju maszyny, jako niemające tłoka, można nazwać *Maszyny parne bez tłokowe*.

1. *Maszyny parne tłokowe.*

73. Do tego rodzaju maszyn parnych należą z maszyn już opisanych, następujące: Newcomena (Nro 27), Watta (Nro 29), Watta i Boultona (Nro 31), Woolfa (Nro 35) i Evansa (Nro 36).

74. *Maszyna Saldera* (1) jest ze skutkiem pojedynczym, to jest, para działa z jednej tylko strony tłoka. Kondensator jest walec także opatrzone tłokiem, którego pręt przyłączony jest do drąga zwanego *balancier*. Ten zaś drąg ma tylko jedno ramie. Na końcu pręta od tłoka walca głównego jest osadzony blok, który chodzi między dwiema pionowymi fugami (coulisses). Do osi bloka przyłączony jest pręt (bièle), który za pomocą korby obraca osłoko rozpędnego.

75. *Maszyna Cartwrighta* jest także ze skutkiem pojedynczym. Zamiast kondensatora, używa się

(1) Tak te maszyny, jak prawie wszystkich następnych znaleźć można obszerniejsze opisanie z rysunkami w dziele Borgnisa: *Traité complet de mécanique appliquée aux arts-Composition des machines.*

w niéy dwóch walców spółśrodkowych w wodzie zimnéy zanurzonych, tak, że woda na około większego i wewnątrz mniejszego walca znajduie się; a pomiędzy oba walce wpuszcza się para, która przez dotknięcie się w wielkiéy powierzchni z wodą zimną, zgęszczoną zostaię. Woda ze zgęszczenia powstała, oraz ta, którą wrzucono, podnosi się za pomocą pompy, któręy tłok utwierdzony iest w spodniéy części tłoka walca głównego i tym sposobem razem się z nim porusza. Wody podniesionéy używa się do napełniania kotła. Cartwright używa w swéy maszynie tłoka, który iuż wyżej, mówiąc o tłokach, opisaliśmy (Nro 51).

76. *Machina PP. Martin i Albert.* Towarzystwo zachęcające przemysł narodowy (Société d'encouragement pour l'industrie nationale) przeznaczyło w r. 1807 nagrodę 6000 franków dla tego, który mu przedstawi naylepszą maszynę z taką siłą, iakiéy potrzeba do podniesienia w 12 godzinach 100000 kilogramów do wysokości 1 metra; z tym warunkiem, by, przy otrzymaniu wymienionego skutku dziennego, wydatek nie przenosił w Paryżu summy $7\frac{1}{2}$ franków łącznie z procentem od kapitału i kosztem na utrzymanie maszyny. Uczyniło to zaś towarzystwo dla tego, że dotychczas iedynie wielkich maszyn parnych użycie korzyść przynosiło. W roku 1809 przedstawiona maszyna parna PP. Martin i Albert, zupełnie odpowiedziała warunkom program-

matu, towarzystwo zatem przyznało tym mechanikom obiecaną nagrodę. Nayważnieyszą odmianą w téy maszynie iest puszką parną znana pod nazwiskiem *puszki szufladowéy* PP. *Martin i Albert* (boîte à tiroir de MM. Martin et Albert), a którą iuż opisaliśmy pod Nrem 55; służy ona do zastąpienia klap stanowiących lub przerywających komunikacyą między walcem a kotłem i kondensatorem. Kondensator, pompa powietrzna i pompa wodę ciepłą z kondensatora do kotła wznosząca, są umieszczone zewnątrz naczynia wodą zimną napełnionego. Wymiary téy maszyny są następujące: średnica tłoka 0,21 metr.; droga przez tłok odbywana 0,43 metr.; objętość kotła, 700 litrów (litr iest to samo co nowa kwarta polska); ilość wody w kotle, 245 litrów; powierzchnia kotła na działanie ognia wystawiona, 2,75 metrów kwadr.; powierzchnia wody w kotle 1,27 metrów kwadr. Skutek w 12 godzinach wyrównywa podniesionym 913776 kilogramom do wysokości 1 metra przy spaleniu 144 kil. węgla z Valenciennes.

77. *Machina Clegga* iest ze skutkiem podwójnym. Urządzenie klap przeznaczonych do robienia potrzebnych komunikacyi między walcem a kotłem i kondensatorem, iest w niéy uwagi godne. Każde dwie kłapy pionowo nad sobą leżące połączone są prętem, który troche daléy iest ieszcze przedłużony; a końce tych prętów są znowu połączone dwo-

ma krótkimi prętami. Tym sposobem te cztery pręty składają prostokąt, ale w ten sposób, że pochyłość wzajemną zmieniać mogą z łatwością, i z prostokąta tworzyć równoległobok. Nadto, dwa krótsze pręty są w swych środkach osadzone na osiach. Za poruszeniem więc iednéy z tych klap, trzy inne położenie swoje zmienić są przymuszone. Na ten koniec, w bliskości dwóch klap, iednéy wierzchniéy drugiéy spodniéy, przechodzą przez ich pręty dwa drążki, z których każdy iest oparty w iednym swym końcu a drugi iego koniec wystaje do walca parnego; tłok zatém w swoim przechodzie zawadza o ieden z tych końców i zamyka klapę mu odpowiadającą; inne kłapy dla związku z sobą, zmieniają stósownie miejsce w tymże samym czasie.

78. *Machina Mandslaya* iest także z podwójnym skutkiem. Przestanie ruchu do koła rozpędnego dzieie się bez użycia drąga zwanego *balancier*, ato w ten sposób: na końcu pręta tłokowego przytwierdzony iest inny pręt w kierunku poziomym, tak, że oba razem formują T; każdy znowu koniec pręta poziomego opatrzoney iest blokiem, który chodzi między dwiema fugami (*coulisses*) pionowe położenie mającemi. Na dwóch końcach pręta poziomego, iak na osiach, osadzone są dwa pręty (*bièles*), które, za podnoszeniem i niżaniem się tłoka, obracają, za pomocą korby, oś koła rozpędnego. Kondensator umieszczony iest w naczyniu wodę zimną

zamykającém, sam zaś obeymuie pompę powietrzną; tak, że te trzy sztuki formują trzy walce spółśrodkowe. Przy wychodzie wody z kondensatora znayduie się naczynie tą wodą do iednakiéy zawsze wysokości napełnione; z niego za pomocą małej pompy podnosi się woda do kotła. Ruch tym dwóm pompom i trzeciéy wodę zimną do kondensatora wznoszącéy przesłany iest od machiny za pomocą właściwego mechanizmu. Budowa regulatora oparta iest prawie na téy saméy zasadzie, co i regulatora Martina. Machina Mandslaya iest używana w wielu rękodzielniach Londyńskich, iako bardzo regularna i nie wiele miejsca zajmująca.

79. *Machina Edwardsa* (Mechanika rodem Anglika, a osiadłego we Francyi) iest wybudowaną na zasadzie Woolfa (Nro 35). Ale urządzenie w niéy szczegółowych mechanizmów iest bardzo dowcipne i autorowi swemu wiele zaszczytu przynosi. Szczególniéy na uwagę zasługuie regulator. Obszerne opisanie téy machiny z rysunkami znayduie się w dziele: *Bulletin de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, année 1818.

80. *Machina Trevithicka*. Ryszard Trevithick (1) sławny mechanik w hrabstwie Cornwallis w Anglii wymyślił w r. 1811 machinę parną nowéy konstruk-

(1) *Annales des arts et manufactures*; z artykułu P. Baader.

cyi. Odrzucił on bowiem kondensator, ale użył pary, której sprężystość wyrównywa ciśnieniu 6 do 8 atmosfer (tablica A), a zamiast zgęszczenia iéy po odbytem działaniu, wypuszczał ją zewnątrz; skutek więc maszyny zależał od różnicy sprężystości pary i ciśnienia atmosferycznego. Przez odrzucenie kondensatora i obchodzenie się bez wody zimnej do zgęszczenia, ciężar całej maszyny znacznie się zmniejszył: i to było powodem Trevithickowi, iż usiłował użyć iéy na zastąpienie koni do ciągnięcia wozów naładowanych. Na drogach zwyczajnych udać mu się to nie mogło, bo najlżejsza taka maszyna, wyrównywająca siłę dwóch koni, ważyłaby najmniej 2000 kilogramów; a zatem, bez dodania innego ciężaru, do poruszenia iéy tylko masy potrzebowałyby dwóch koni. Ale maszyna Trevithicka użytą została na drogach poziomych z kolejami żelaznymi, gdzie koń jeden z taką łatwością ciągnąć może 80 do 100 cetnarów, iak 10 do 12 cetnarów na drodze i wozie zwyczajnym. Od kilku lat użyto z dobrym skutkiem wielkiej liczby takich maszyn, które nazwano *locomotive engines* (miejsce zmieniające maszyny); albo *steam horses* (konie parne), przy wielkich kopalniach węgla ziemnych w okolicach Jorck i Northumberland, a osobliwie w Newcastle i Leeds. A nawet użycie ich byłoby się stało powszechném, przez wzgląd na niską cenę węgla w porównaniu z drogoscją koni, gdyby

się nie zrażono nieszczęściami z nich wynikłemi. Tak, dnia 7. Sierpnia 1815 r. w Newbottle w hrabstwie Darham, kocioł maszyny tego gatunku, ulany z żelaza i najgrubszy z użytych dotychczas, pękł przy pierwszej próbie z okropną eksplozją; przy czém do 50 osób było zabitych lub ranionych. Od tego nieszczęsnego wypadku zarzucono w Anglii znaczną liczbę podobnych wozów parnych i do użycia koni wrócono. Myślano nawet o zakazaniu aktem Parlamentu używania tego gatunku maszyn parnych, mniéj lub więcéj niebezpiecznych.

81. *Wóz parny Blenkinsopa* używany jest do przewożenia węgla ziemnych w Middleton przy Leeds (1). Maszyna parna poruszająca go składa się z dwóch walców parnych zanurzonych po części w kotle z laneo żelaza, owalnym i podłużnym. W niższej części kotła przechodzi rura pozioma z żelaza laneo służąca za piec i rozciągająca się przez cały kocioł. Przy końcu tego pieca jest rura przeznaczona na komin. Woda otacza piec. Kocioł ma z wierzchu cztery otwory, z których dwa są opatrzone klapami zabezpieczającymi, a dwa drugie zajęte są przez walce parne. Cały aparat wspiera się na czterech kołach, w kolejach żelaznych chodzących. Pręt tłokowy każdego walca ma z iednej i drugiey strony, po iednym pręcie (białe) (podobnie iak

(1) Borgnis, Composition des machines.

w maszynie Mandslaya). Każda para prętów, za pomocą korb, obraca koło o 30 zębach, a dwa takie koła zazębiają się z kołem między nimi leżącym, o 60 zębach. Na dwóch końcach osi tego ostatniego koła, osadzone są dwa koła większe z mocnymi zębami, które się zahaczają o zęby grzebienia (crémaillère) wzdłuż całej drogi położonego; i tym sposobem wóz się posuwa. Regulator w tej maszynie, jest różny od tych, które się w innych maszynach używają. Jestto kurek, któremu, za pomocą dowcipnego mechanizmu, nada się kolejno takie położenie, iż raz wpuszcza parę z kotła do walca; a skoro tłok na dół zeydzie, wypuszcza ją znowu z walca zewnątrz. Każdy walec opatrzone jest takim kurkiem, a te na przemian się otwierają i zamykają; tym sposobem, kiedy jeden tłok schodzi na dół, drugi idzie do góry. Maszyna taka ciągnie za sobą 30 wózków obciążonych 70 cetnarami węgla i przynosi je w jednej godzinie do odległości $1\frac{1}{2}$ mili francuzkiéy. Wózki są powiązane łańcuchami iedne z drugimi i z maszyną: ato dla tego, żeby maszyna przy rozpoczęciu ruchu mało była obciążona i dopiero następnie obciążała się. Jakoż, wystawivszy sobie, że wszystkie wózki dotykają się, w pierwszej chwili, maszyna swą tylko masę ma do poruszenia; a skoro łańcuch, łączący ją z pierwszym wózkiem, wyciągnie się, poruszyć musi i ten wózek; następnie poruszy i inne wózki, gdy się wszy-

skie łańcuchy powyciągają. Po wypróżnieniu wózków, maszyna za pewną odmianą w położeniu kurków powraca w tył i popycha przed sobą wózki.

82. Tu także zdaie się należeć maszyna *Parkinsa* nie dawno w Anglii wynaleziona; jest ona ciśnienia wysokiego. Krótka o nię wiadomość znajduje się w dzienniku, *Izys polska* na miesiąc Luty 1823 r.

2. *Machiny parne beztłokowe.*

83. W maszynach parnych beztłokowych albo otrzymuje się ruch obrotowy zwrotny, który dopiero, podług potrzeby zamienić należy na obrotowy ciągły; albo téż wprost i bezpośrednio otrzymuje się ruch obrotowy ciągły. Maszyny parne pierwszego gatunku nazwać można, *Machiny parne beztłokowe z ruchem obrotowym zwrotnym*; drugiego zaś gatunku maszyny beztłokowe zowią się, *Machiny parne bezpośrednio obrotowe* (à rotation immédiate).

a.) *Machiny parne z ruchem obrotowym zwrotnym.*

84. *Maszyna Moulta z pojedynczym skutkiem.* Moulton wymyślił następujący sposób użycia wody lub innej cieczy w zastępstwie walca parnego i tłoka. Inne części jego maszyny, iako to: drąg zwany *balancier*, koło rozpędne, pompa powietrzna, konden-

sator, i t. d., są podobne do używanych w machinach zwyczajnych. Dzwon, którego objętość wyrównywa lub przewyższa objętość walca parnego zwyczajnego, zawieszony jest w jednym końcu drąga *balancier*; u dołu jest otwarty; nakoniec, zanurzony w naczyniu pod nim umieszczonem, wodą lub inną cieczą napełnionem. Rura parę prowadząca przechodzi przez wspomniane naczynie pod dzwon, a koniec ięý znajduje się nad poziomem wody; taż rura opatrzona jest klapą, która na przemian pozwala lub zabrania wejścia parze pod dzwon. Przy wierzchołku dzwona znajduje się druga rura, także klapą opatrzona, a sprawiająca komunikacyą między dzwonem a kondensatorem. Na drugim końcu drąga *balancier* zawieszony jest ciężar dostateczny do podniesienia dzwona, kiedy on tylko parą jest napełniony. Ruch zaś w maszynie odbywa się następującym sposobem: przypuśćmy, że dzwon napełniony jest wodą; wtedy para wchodząc pod dzwon, zniża w nim wodę, dzwon się przeto podnosi; a skoro ten dojdzie do największej swęý wysokości, zamyka się klapa wpuszczająca parę, a otwiera się ta, która daje komunikacyą z kondensatorem: tym sposobem para się zgęszcza, woda zaś, znajdując miejsce próżne, podnosi się w dzwonie i swym ciężarem na dół go ściąga. Ciecze, których Moulton używa do swęý maszyny, są: woda, oleje, rozcieki solne, merkuryusz, albo inna iakakolwiek miesza-

na zostająca w stanie ciekłym w temperaturze wody wrzącęý. Długość dzwona powinna być zastosowana do ciężkości gatunkowęý cieczy użyteý i do ciśnienia atmosfery na dzwon wywieranego.

85. *Machina Moultona z podwójnym skutkiem.* U dwóch końców drąga *balancier* zawieszony są dwa walce komunikujące z sobą u dołu za pomocą rury. Oznaczmy ieden walec przez A, a drugi przez B. Walec A komunikuje, za pomocą rur w ramieniu drąga *balancier* umieszczonych, na przemian z kotłem i kondensatorem. Walec B jest u góry otwarty i komunikuje z atmosferą. Wystawmy sobie, że walec A jest napełniony wodą lub inną cieczą; w ów czas wpuszcza się do niego para, ta wypchnie wodę z walca A do walca B, i walec ten ciężarem wody zmuszony opadnie na dół. Zamknąwszy zaś komunikacyą między kotłem a walcem A, otwartą przeciwnie między tymże walcem a kondensatorem, para w walcu zgęści się; a woda, dla powstałęý w walcu próżni, uciśniona atmosferą, przejdzie do niego z walca B: walec więc A znowu na dół opadnie, a tamten do góry się podniesie. Daleý ruch tym samym sposobem odbywać się będzie. Maszyny Moultona, a osobliwie ostatnia, są bardzo dowcipne; ale niewiadomo, czy w praktyce z korzyścią mogą być użyte.

b.) *Machiny parne bezpośrednio obrotowe.*

86. We wszystkich machinach parnych dotąd opisywanych otrzymujemy za pomocą pary ruch prostokrotny zwrotny (bo, ściśle mówiąc, ma to nawet miejsce i w machinach poprzedzającego gatunku), który z łatwością zamienia się na obrotowy zwrotny; a ten dopiero, za użyciem prętów (bièles), korb, i kół rozpędnych, zamienia się na obrotowy ciągły. Ruch ostatniego gatunku najpotrzebniejszy jest w sztukach przemysłowych, wielu więc usiłowało wynaleść sposób otrzymania wprost, za pomocą pary, ruchu obrotowego ciągłego: i dla tego maszyny parne na podobny zasadzie oparte, zowią się *bezpośrednio obrotowe* (à rotation immédiate).

87. *Machina Verzego* składa się z dwóch walców spółśrodkowych zamkniętych, z których zewnętrzny jest nieruchomy, a wewnętrzny około osi wspólnej obracać się może. W boku walca zewnętrznego znajduje się otwór, którym, za pomocą rury z kotła prowadzącej, wchodzić może para w przestrzeń między dwoma walcami będącą. W tej przestrzeni przy otworze są dwie ściany, jedna do powierzchni walca wewnętrznego, a druga do powierzchni walca zewnętrznego przymocowane. Skoro para wejdzie do miejsca zamkniętego temi dwiema ścianami, podstawami walców i częścią powierzchni walca wewnętrznego, wywierą ona ciśnienie na

wszystkie strony zarówno. W ów czas ściana przymocowana do powierzchni walca wewnętrznego, ustępuje, walec ten przeto obraca się około swojej osi. A kiedy połowę swego całkowitego obrotu odbędzie, ściana dopiero wymieniona napotyka otwór do kondensatora; w tymże samym czasie, inna ściana, zupełnie taka sama, tylko w przeciwną stronę do powierzchni walca wewnętrznego, przymocowana, znajduje się przy otworze, którym para wchodzi. Tym sposobem, przestrzeń między walcami, za pomocą tych dwóch ścian ruchomych, na dwie równe części jest podzielona; i kiedy do jednej z tych części para wchodzi, w drugiej się para zgęszcza przez komunikację z kondensatorem. Mechanizmem bardzo prostym, sprężyną opatrzonym, sprawia się, iż każda z dwóch ścian ruchomych, będąc w stanie w jedną tylko stronę, iako koło zawiasy obracać się, przechodzi z łatwością około ściany nieruchomej. Machina opisana jest bardzo prostego składu; i zdać się na pozór, że z korzyścią w praktyce użytą być może: inaczej się przecie rzeczy mają. Jakoż, kiedy jedna ściana ruchoma przechodzi koło otworu do kondensatora, otwiera komunikację między nim a przestrzenią przez parę zajęta; druga ściana ruchoma nie może natychmiast zamknąć komunikacji między kotłem a wspomnianą przestrzenią, skoro więc w tej przestrzeni para zgęszcza się i próżnia powstaie, para z kotła nagle

się tamże ciśnię, co chociaż w bardzo krótkim czasie się dzieie, przecie znaczna ilość pary za każdym pół obrotem walca zniszczoną zostaje.

88. *Machina Congreva.* Congreve w machinie parnej swego wynalazku wpuszcza parę w kierunku poziomym do skrzynek koła zanurzonego w wodzie. Para swém ciśnieniem obraca wspomniane koło. Próby czynione z machinami w małych wymiarach na takiéj zasadzie wybudowanemi, pomysłnie się udać miały; ale niewiadomo czy to samo miałoby miejsce z machinami wielkości takiéj, iakiéj zwyczajnie w praktyce potrzeba. Za powiększeniem bowiem koła skrzyńczastego i opór, iakiego to koło obracające się w wodzie będzie doznawać, powiększać się będzie. Obszernieyszą o téj machinie wiadomość znaleźć można w dziełku: Krótkie opisanie wynalazku Williama Kongrewa nowego i taniego urządzania parowych machin, i t. d., przetłumaczone z rossyjskiego, w Warszawie 1820.

89. *Machina Saldera.* Salder oprócz maszyny wyżéj opisanéj (Nro 74), wymyślił także maszynę parną bezpośrednio obrotową. Opis iéy można podobnie znaleźć w dziele wspominaném Borgnisa.

90. *Machina Curtisa.* Do tego samego gatunku machin parnych zdaie się, że należy maszyna wynaleziona przez Curtisa, o której przytoczyliśmy

już wyrazy P. Doolittle (Nro 39). Byłaby to pierwsza z machin parnych bezpośrednio obrotowych, korzystnie w praktyce użytą być mogąca.

V. O ocenianiu skutków otrzymywanych za pomocą machin parnych.

91. Za pomocą maszyny otrzymać można dwa rozmaite skutki, które starannie rozróżnić potrzeba. Kiedy maszyna zostaje w równowadze, skutek iéy zależy na utrzymaniu pewnego ciężaru; ale kiedy jest w ruchu, skutek iéy, w oznaczonym czasie, zależy na podniesieniu pewnego ciężaru do pewnej wysokości. Skutek więc w ruchu zostaiący maszyny w oznaczonym czasie, będzie miał za miarę, iloczyn z ciężaru i wysokości. Miara ta skutku maszyny zowie się także *ilością działania* (quantité d'action) maszyny. Gdy P wyrażać będzie ciężar podniesiony do wysokości h w oznaczonym czasie, iloczyn Ph będzie ilością działania maszyny w tymże samym czasie.

92. Działacz pobudzający do ruchu iakąkolwiek maszynę, zowie się *motorem* (moteur). Każdy motor posiada pewną ilość działania; ale nie zawsze jesteśmy w stanie bezwzględnie ją ocenić. Można także uważać, że i opór ma pewną ilość działania, której wielkość wyrównywa skutkowi: ato na mo-

cy téy zasady mechanicznój, że działanie równe iest oddziałyaniu.

93. Bardzo rzadko udaie się przesłać ilość działania motora wprost do oporu, w zamiarze zwyciężenia ilości działania właściwój temuż oporowi; używamy przeto maszyny za pośrednika do przesłania téy ilości. W przesłaniu takowém ginie zawsze pewna część ilości działania motora: naylepiój zaś odpowiada swemu przeznaczeniu ta maszyna, która naymniój ilości działania motora traci w przesłaniu iój do oporu. Ocenieć przeto skutek iakiój maszyny, iestto doysć, iaką ona część ilości działania motora przesłać iest zdolną do oporu.

94. Kiedy M wyraża masę ciężaru P , a g siłę ciężkości, będzie (Poisson, *Traité de Mécanique*, Nro 94).

$$P = Mg.$$

Jeżeli znowu v wyraża prędkość nabytą ciała ciężkiego spadającego z wysokości h , będzie (Poisson, Nro 189).

$$v^2 = 2gh,$$

skąd

$$h = \frac{v^2}{2g}.$$

Włożywszy w iloczyn Ph oznaczający ilość działania, za P i h ich wartości otrzymane, będzie

$$Ph = \frac{Mv^2}{2};$$

a że Mv^2 iest wyrażeniem siły żywój (*force vive*) (Poisson, Nro 425), więc ilość działania w oznaczonym czasie, iest połową siły żywój w tymże samym czasie nabytój. Tym sposobem, znając siłę żywą motora, maszyny lub oporu, znać oraz będziemy ich ilość działania.

95. Za iedność ilości działania bierze się pospolicie 1 kilogram wyniesiony do wysokości iednego metra, w przeciągu iednej sekundy, co znaczyć można tym sposobem, $1^{k.m.}$. I tak $n^{k.m.}$ oznacza n kilogramów wyniesionych do wysokości iednego metra, albo ieden kilogram wyniesiony do wysokości n metrów, w przeciągu iednej sekundy.

96. Dla doyscia ilości działania w maszynach parnych rozmaitego rodzaju, wystawmy sobie, że para zajmuie część walca parnego, począwszy od iego wierzchu, aż do pewnej od tegoż odległości, którą oznaczmy przez a ; niech b oznacza przecięcie poziome walca parnego; a h niech oznacza wysokość kolumny wody, której ciężar wyrównywa ciśnieniu pochodzącemu ze sprężystości pary.

Przypuściwszy, że tłok z drugiej strony żadnego ciśnienia nie doznaie, ciśniony z iednej tylko strony posuwa się ruchem przyspieszonym, którego równanie łatwo uformować można. Niech x (które się rachuje od wierzchu walca) wyraża drogę, ia-

ką tłok w czasie t przebył, a v niech oznacza prędkość nabytą w tymże czasie. Sprężystość pary zmienia się w stosunku $\frac{a}{x}$, kolumna więc wody mierząca tę sprężystość, będzie miała wysokość

$$h \frac{a}{x};$$

objętość téj wody będzie

$$\frac{hab}{x},$$

co pomnożywszy przez δ (gęstość wody) i przez g (siłę ciężkości) wypadek

$$\frac{g\delta hab}{x}$$

będzie siłą poruszającą (force motrice) tłoka.

W ogólności siła poruszająca wyraża się (Poisson, Nro 316) przez

$$m \frac{dv}{dt},$$

gdzie m jest masa ciała poruszanego; wiadomo nadto (Poisson, Nro 186) że

$$v = \frac{dx}{dt},$$

a zatem

$$dv = \frac{d^2 x}{dt^2};$$

pomnożywszy przez siebie te dwa równania, będzie

$$v dv = \frac{dx d^2 x}{dt^2},$$

skąd

$$\frac{v dv}{dx} = \frac{d^2 x}{dt^2};$$

a że, iak wyżej,

$$dv = \frac{d^2 x}{dt^2},$$

więc

$$\frac{dv}{dt} = \frac{v dv}{dx};$$

można przeto wyrazić także w ogólności siłę poruszającą przez

$$\frac{m v dv}{dx}.$$

Jeżeli więc m wyrażać będzie masę tłoka, ponieważ iego siła poruszająca jest

$$\frac{g\delta hab}{x},$$

będzie

$$\frac{m v dv}{dx} = \frac{g\delta hab}{x},$$

skąd

$$m v dv = g\delta hab \frac{dx}{x};$$

po zintegrowaniu wypadnie

$$m v^2 = 2g\delta hab \log x + S,$$

S jest ilość stała nieoznaczona. Przypuściwszy, że $v = 0$ kiedy $x = a$, będzie z poprzedzającego równania

$$0 = 2g\delta hab \log a + S,$$

skąd

$$S = -2g\delta hab \log a;$$

a zatem

$$mv^2 = 2g\delta hab \log x - 2g\delta hab \log a,$$

czyli

$$mv^2 = 2g\delta hab \log \frac{x}{a}.$$

Jeżeli zaś tłok z drugiey strony doznaie ciśnienia stałego, a równego ciężarowi kolumny wody, którey wysokość jest h' ; siła poruszająca tłoka z drugiey strony będzie w ów czas

$$g\delta bh',$$

co odiawszy od siły poruszającej tłoka z wierzchu, otrzymamy następujące wyrażenie na siłę poruszającą tłoka:

$$g\delta b\left(\frac{ha}{x} - h'\right).$$

Będzie zatem miało miejsce równanie

$$\frac{mvdv}{dx} = g\delta b\left(\frac{ha}{x} - h'\right),$$

albo

$$mvdv = g\delta b\left(ha\frac{dx}{x} - h'dx\right);$$

po zintegrowaniu wypadnie

$$mv^2 = 2g\delta b(ha \log x - h'x) + S;$$

oznaczywszy ilość stałą S tym warunkiem, że $v=0$ kiedy $x=a$, będzie

$$mv^2 = 2g\delta b\left\{ha \log \frac{x}{a} - h'(x-a)\right\}.$$

Nakoniec, kiedy ciśnienie z obu stron tłoka jest stałe, siła poruszająca tłoka będzie

$$g\delta b(h-h'),$$

a zatem

$$mvdv = g\delta b(h-h')dx,$$

po zintegrowaniu

$$mv^2 = 2g\delta b(h-h')x + S;$$

że zaś $v=0$, kiedy $x=a$, więc

$$S = -2g\delta b(h-h')a;$$

a zatem

$$mv^2 = 2g\delta b(h-h')(x-a).$$

97. Ostatni przypadek ma miejsce w *machinach ciśnienia zwyczajnego*, bo w nich ciśnienie na obie strony tłoka jest stałe. Chcąc otrzymać siłę żywą, iaką tłok nabył zszedłszy na dół, czyli ukończywszy swą drogę (course), trzeba w równaniu ostatniem uczynić $a=0$, bo para od samego wierzchu walca wchodzić zaczyna; nadto, oznaczywszy przez c długość drogi tłoka, trzeba uczynić $x=c$, wypadnie zatem, że siła żywa nabyta w końcu drogi tłoka jest

$$2g\delta bc(h-h');$$

a więc ilość działania w takimże samym czasie (Nro 94) jest

$$g\delta bc(h-h');$$

bc jest objętość walca parnego, δ gęstość wody, a g siła ciężkości; wiadomo zaś (Poisson, Nro 94), że iloczyn z takich trzech czynników wyraża ciężar,

więc iloczyn $g\delta bc$ wyraża ciężar wody, który objętość wyrównywa objętości walca parnego; a zatem ilość działania wyrażona przez

$$g\delta bc(h-h')$$

oznacza wyniesienie kolumny wody wyrównywającej objętości walca parnego, do wysokości $h-h'$, w czasie, w jakim tłok odbywa raz swą drogę z góry na dół, lub z dołu do góry.

98. *Ocenienie skutku otrzymywanego za pomocą maszyny Woolfa.* Głoski używane poprzednio do oznaczenia wymiarów walca, niech oznaczają wymiary małego walca w maszynie Woolfa; wymiary zaś walca wielkiego oznaczmy przez odpowiadające głoski wielkie. Niech H oznacza sprężystość pary z kotła wychodzącej, a H' sprężystość pary po zgęszczeniu w kondensatorze. Siła poruszająca tłoka małego z wierzchu jest stałą i wyraża się przez $g\delta bH$. Ale siła poruszająca tegoż tłoka z drugiej strony nie jest stała, bo zależy od rozszerzania się pary w przechodzie ię z małego walca do wielkiego: wyznaczmy ię wyrażenie. Objętość walca zajęta przez parę nad tłokiem jest

$$bx,$$

a zatem objętość pary pod tłokiem jest

$$b(c-x);$$

a kiedy tłok mały odprawił drogę x , tłok wielki dla związku z tantym odprawił w tym samym czasie

drogę X , której wartość dla związku obu tłoków jest

$$\frac{Cx}{c}$$

czyli

$$X = \frac{Cx}{c};$$

para zatem przeszedłszy z walca małego do wielkiego zajął objętość

$$BX,$$

czyli

$$\frac{BCx}{c};$$

więc objętość pary, która była bc wtedy gdy tłoki były w najwyższych swych położeniach, po odbyciu drogi x przez tłok mały stała się

$$b(c-x) + \frac{BCx}{c},$$

albo

$$\frac{bc^2 - bcx + BCx}{c}$$

albo

$$\frac{bc^2 + (BC - bc)x}{c}.$$

A że sprężystość pary jest w stosunku odwrotnym do objętości, sprężystość zaś pary kiedy miała objętość bc była H , więc teraz sprężystość będzie

$$\frac{bc^2 H}{bc^2 + (BC - bc)x};$$

a zatem siła poruszająca tłoka małego ze strony od-

wrotny, iest

$$\frac{g\delta b^2 c^2 H}{bc^2 + (BC - bc)x};$$

cała przeto siła poruszająca tłoka małego iest

$$g\delta b \left(H - \frac{bc^2 H}{bc^2 + (BC - bc)x} \right).$$

Wynaydźmy teraz siłę poruszającą tłoka wielkiego.

Sprężystość pary będący nad tłokiem wielkim iest ta sama co pary pod tłokiem małym, a zatem iest

$$\frac{bc^2 H}{bc^2 + (BC - bc)x}?$$

więc siła poruszająca tłoka wielkiego z góry iest

$$\frac{g\delta Bbc^2 H}{bc^2 + (BC - bc)x};$$

z dołu zaś działa siła stała $g\delta bH'$; cała przeto siła poruszająca tłoka wielkiego iest

$$g\delta b \left(\frac{Bc^2 H}{bc^2 + (BC - bc)x} - H' \right).$$

Ponieważ oba tłoki składają ieden systemat i poruszają się w kierunkach równoodległych w tę samą stronę, więc siła poruszająca obu tłoków razem, iest (uczyniwszy, dla skrócenia $bc^2 + (BC - bc)x = M$)

$$g\delta b \left(H + \frac{Bc^2 H}{M} - \frac{bc^2 H}{M} - H' \right);$$

że zaś w ogólności siła poruszająca wyraża się przez

$$m \frac{vdv}{dx},$$

będzie więc

$$mvdv = g\delta b \left(H dx + \frac{Bc^2 H}{M} dx - \frac{bc^2 H}{M} dx - H' dx \right),$$

po zintegrowaniu, wypadnie

$$mv^2 = 2g\delta b \left(Hx + \frac{Bc^2 H}{BC - bc} \log M - \frac{bc^2 H}{BC - bc} \log M - H'x \right) + S,$$

ponieważ

$$\int \frac{dx}{M} = \int \frac{dx}{bc^2 + (BC - bc)x} = \frac{1}{BC - bc} \log (bc^2 + (BC - bc)x) = \frac{1}{BC - bc} \log M;$$

że zaś $v=0$, kiedy $x=0$, będzie

$$0 = 2g\delta b \left(\frac{Bc^2 H}{BC - bc} \log M' - \frac{bc^2 H}{BC - bc} \log M' \right) + S,$$

(gdzie M' oznacza M kiedy w nim uczynimy $x=0$) a zatem

$$mv^2 = 2g\delta b \left(Hx + \frac{Bc^2 H}{BC - bc} \log \frac{M}{M'} - \frac{bc^2 H}{BC - bc} \log \frac{M}{M'} - H'x \right);$$

dla otrzymania siły żywoty nabytą po ukończeniu drogi przez tłoki, uczynimy $x=c$, w ów czas $M = BCc$, a $M' = bc^2$, wypadnie zatem

$$mv^2 = 2g\delta b \left(Hc + \frac{Bc^2 H}{BC - bc} \log \frac{BC}{bc} - \frac{bc^2 H}{BC - bc} \log \frac{BC}{bc} - H'c \right),$$

albo

$$mv^2 = 2g\delta bc \left(H + H \frac{BC - bc}{BC - bc} \log \frac{BC}{bc} - H' \right);$$

a zatem ilość działania w czasie przebycia przez tłoki raz swęj drogi, iest

$$g\delta bc \left(H + H \frac{BC - bc}{BC - bc} \log \frac{BC}{bc} - H' \right).$$

99. Ocenienie skutku otrzymywanego za pomocą maszyny Evansa (Nro 35). Oznaczmy przez H i H' sprężystość pary wychodzący z kotła i po zgęszczeniu; a zatrzymamy na wymiary walca te same głośki, którychśmy już używali. W maszynie téj rozróżnić trzeba dwie epoki w biegu tłoka: pierwszą, kiedy para ciągle wchodzi do walca; a drugą, kiedy, po zamknięciu kłapy parę wpuszczającą, para pozostała w walcu rozszerza się.

Póki para wchodzi do walca, siła poruszająca tłoka z wierzchu iest $g\delta bH$, a z dołu $g\delta bH'$; a zatem siła poruszająca tłoka, w ciągu wspomnianego czasu, iest

$$g\delta b(H-H'),$$

więc

$$mvdv = g\delta b(H-H')dx,$$

zintegrowawszy

$$mv^2 = 2g\delta b(H-H')x + S,$$

a kiedy $x=0$, iest $v=0$, więc

$$S=0,$$

a zatem

$$mv^2 = 2g\delta b(H-H')x;$$

przypuśćmy, że kłapa wtedy się zamyka, gdy tłok dojdzie do

$$x = \frac{c}{n} \quad (n \text{ iest liczba}),$$

więc w ten czas

$$mv^2 = 2g\delta b(H-H')\frac{c}{n},$$

albo

$$mv^2 = \frac{2g\delta bc(H-H')}{n}.$$

Przed zamknięciem kłapy sprężystość pary była H i zajmowała przestrzeń $\frac{bc}{n}$, a kiedy tłok po zamknięciu kłapy odprawi drogę pewną x , ta sama para zajmie przestrzeń bx , więc iéy sprężystość będzie

$$\frac{bcH}{bnx},$$

albo

$$\frac{cH}{nx};$$

a zatem siła poruszająca tłoki z wierzchu po zamknięciu kłapy iest

$$\frac{g\delta bcH}{nx},$$

a ze spodu

$$g\delta bH',$$

więc siła poruszająca iest

$$g\delta b\left(\frac{cH}{nx} - H'\right),$$

a zatem

$$mvdv = g\delta b\left(\frac{cH}{nx}dx - H'dx\right),$$

po zintegrowaniu

$$mv^2 = 2g\delta b\left(\frac{cH}{n} \log x - H'x\right) + S \quad (a);$$

że zaś kiedy

$$x = \frac{c}{n},$$

mamy z powyższego

$$mv^2 = \frac{2g\delta bc(H-H')}{n}$$

więc, uczyniwszy w równaniu (a) $x = \frac{c}{n}$ będzie

$$\frac{2g\delta bc(H-H')}{n} = 2g\delta b\left(\frac{cH}{n} \log \frac{c}{n} - \frac{H'c}{n}\right) + S;$$

odjąwszy to równanie od równania (a), wyruguje się S, i będzie

$$mv^2 = 2g\delta b\left(\frac{cH}{n} \log x - H'x + \frac{c}{n}(H-H') - \frac{cH}{n} \log \frac{c}{n} + \frac{cH'}{n}\right),$$

albo

$$mv^2 = 2g\delta b\left(\frac{cH}{n}(\log x - \log \frac{c}{n}) + \frac{cH}{n} - H'x\right),$$

albo

$$mv^2 = 2g\delta b\left(\frac{cH}{n}(\log \frac{nx}{c} + 1) - H'x\right);$$

uczyniwszy $x=c$, będzie siła żywa nabyta po ukończeniu drogi przez tłok

$$2g\delta bc\left(\frac{H}{n}(\log n+1) - H'\right);$$

a zatem ilość działania w czasie odprawienia téj drogi w maszynie Evansa iest

$$g\delta bc\left(\frac{H}{n}(\log n+1) - H'\right)$$

10c. Dla przekonania się, że maszyny ciśnienia wysokiego daleko więcéy przynieść mogą korzyści, niż maszyny ciśnienia zwyczajnego, porównajmy z sobą ilości działania w maszynach Watta ze skutkiem podwójnym, tudzież Evansa. Niech gęstość pary

użytej w maszynie Evansa będzie 8 razy większą od gęstości pary w maszynie Watta; więc sprężystość, tamtéj pary (jak o tém z tablicy: A przekonać się można) będzie około 10 atmosfer. Założmy nadto, iż kłapa wpuszczająca parę do walca w maszynie Evansa, wtedy się zamyka, gdy tłok przebędzie $\frac{1}{4}$ wysokości walca. Walce w obu maszynach niech mają równe wymiary i niech tłoki odbywają swe drogi w tymże samym czasie. Wypada więc, że w jednym czasie oba walce równe ilości pary co do ciężaru potrzebują.

Ilość działania w maszynie Watta w czasie przejścia tłoka z góry na dół, lub z dołu do góry iest (Nro 97)

$$g\delta bc(h-h'),$$

a w maszynie Evansa (Nro 99)

$$g\delta bc\left(\frac{H}{n}(\log n+1) - H'\right);$$

więc stosunek tych ilości działania będzie

$$\frac{h-h'}{\frac{H}{n}(\log n+1) - H'}$$

a że $H=10h$, $n=8$; nadto uczynić należy $H'=h'$; bo sprężystość pary po zgęszczeniu iest równa w obu maszynach; więc stosunek powyższy zamieni się na następujący:

$$\frac{h-h'}{\frac{5}{4}(\log 8+1) - h'}$$

Para po zgęszczeniu posiada temperaturę około 40° (Nro 57), a zatem iéy sprężystość wyrównywa ciężarowi kolumny merkuryuszu wysokiéy (tablica A) na 53 millimetrów; a że merkuryusz iest 13,586 razy cięższy od wody (1), więc

$$h' = 53 \times 12,586 = 720 \text{ millim.}$$

czyli $h' = 0,72 \text{ metr.}$

Podobnym sposobem dowiedzieć się można, że

$$h = 10,32 \text{ metr.}$$

Włożywszy za h i h' ich wartości liczebne, pamiętając nadto, że $\log 8$ iest logarytmem naturalnym czyli hyperbolicznym, to iest, że

$$\log 8 = 2,0794415,$$

powyższy stosunek w liczbach wyrażony będzie

$$\frac{16}{65}, \text{ albo prawie } \frac{1}{4};$$

a że podług naynowszych doświadczeń pokazuje się, iż do zamienienia pewnego ciężaru wody na parę w iakiéykolwiek temperaturze, potrzeba zawsze téy saméy, albo, prawie téy saméy ilości ciepłika (Nro 18), więc przy iednymże opale skutek otrzymany za pomocą maszyny Evansa iest 4 razy większy od skutku otrzymanego za pomocą maszyny Watta ze skutkiem podwóynym, kiedy walce w obu maszynach równé są wielkości.

Przypuściwszy nawet, że para w maszynie Evan-

(1) Biot, *Traité de Physique*. T. 1. p. 535.

sa nie zgęszcza się przez komunikacją z kondensatorem, to i tak stosunek ilości działañ w dwóch maszynach będzie (ponieważ w ów czas $H' = 10,32 \text{ metr}$)

$$\frac{16}{49}, \text{ albo, prawie } \frac{1}{3},$$

to iest, skutek będzie prawie ieszcze 3 razy większy w maszynie Evansa.

101. W ocenianiu skutków maszyn parnych, przypuściliśmy, że tłok wcale pary z iednéy strony na drugą nie przepuszcza, czemu przecie zupełnie zapobiec nie można; również nie mieliśmy względu na tarcie pomiędzy częściami maszyny. Dwie te przyczyny zmniejszają znacznie skutek maszyn parnych, tak dalece, że w maszynach Watta i Boultona, osobliwie mniejszych, skutek rzeczywisty iest prawie tylko połową przez rachunek otrzymanego.

102. Działanie maszyn parnych mierzy się popolicie w praktyce przez porównanie z działaniem koni. Wielkość działania konia iest bardzo rozmaita, bo zależy nietylko od rozmaitéy natury tych zwierząt, ale nadto, i od pracy, do iakiéy są użyte. Doświadczenia Smeatona (1) czynione w celu ocenienia ilości działania konia, naywięcéy na wiarę zasługują: z nich wypada, że ilość działania konia 8 godzin dziennie pracującego iest 22000 funtów angielskich *avoir du pois* wyniesionych do wysoko-

(1) Christian, *Mécanique industrielle*.

ści 1 stopy ang., w 1 minucie, co wyrównywa (Nro 95) $50,6^{\text{km}}$ w iedny sekundzie. Watt i Boulton oceniał swe maszyny podług imaginarnyńy ilości działania konia (1), który wielkość nadał od 32000 do 33000 funtów wyniesionych do 1 stopy w 1 minucie, co uczyni $73,7^{\text{km}}$ do 76^{km} w iedny sekundzie.

103. Konstruktorowie angielscy maszyn parnych, dla oznaczenia sprężystości pary wodny, mierzą ją ciśnieniem wyrównywiącym pewny liczbę funtów angielskich na powierzchnię iednego cala kwadratowego. Łatwo doycić że słup merkuryusza, którego podstawą iest 1 cal kwadr. ang., a wysokość 1 millimetr, waży 8,7561 gramów, albo, 0,0193 funt. ang.; pomnożywszy więc każdą z liczb drugiey kolumny w tablicy A przez 0,0193, iloczyny wypadłe będą oznaczać sprężystość pary w rozmaitych temperaturach mierzoną przez ciśnienie tyluż funtów ang. na 1 cal kwadr. ang. Tak, pomnożywszy 760 przez 0,0193, otrzymamy 14,6; co znaczy, że sprężystość pary w temperaturze 100° wyrównywa ciśnieniu 14,6 funtów ang. na ieden cal kwadratowy.

104. Pospolicie kłapa zabezpieczająca (soupape de sureté) (Nro 46) w maszynach Watta i Boultona obciąża się około 2 funtami na powierzchnię ie-

dnego cala; a zatem temperatura pary w kotle powstaiący iest wyższą od 100° i ciśnienie na cal kwadratowy tłoka wynosi około 16,6 funtów ang., a że z drugiey strony tłoka znajduje się para miiąca około 40° temperatury, który ciśnienie na cal kwadr. wynosi ieden funt, więc właściwe ciśnienie na powierzchnię iednego cala tłoka byłoby 15,6 funtów, gdyby para z iedny strony tłoka na drugą wcale przeyscia mieć nie mogła; że zaś temu zapobiec zupełnie nie można, ciśnienie, dla téy przyczyny, iest mnieysze od wyżey wyrażonego, ale ilości iego oznaczyć nie możemy. Część właściwego ciśnienia stracona iest na zwycięzenie tarcia pomiędzy częściami maszyny, tak dalece, że, iak liczne postrzeżenia nad maszynami parnymi pokazały, połowę tylko prawie, to iest, około 8 funtów na cal kwadratowy, na użyteczne ciśnienie liczyć można. A i ta ilość różną iest w maszynach rozmaitey wielkości. Naylepię się o tém przekonamy z tablicy B na końcu załączony, będący wyciągiem z tablicy, którą ułożył Prechtl (1) z miesięcznych raportów Inspektorów maszyn parnych przy kopalniach w Cornwallis.

105. Z postrzeżeń tablicą B obiętych pokazuje się, że, do otrzymania pewnego skutku, ilość zużytego materiału opałowego zmniejsza się za powiększaniem maszyny; ale w tém zmniejszaniu następu-

(1) Navier, Arch. hydr. de Bélidor, nouv. éd. T. I. p. 377.

(1) Jahrbücher des k. k. polyt. Institutes in Wien, 1818.

ie granica w maszynie około 100 koni: bo odtąd ilość tego materiału już się nie zmniejsza. Że maszyny małe, przy wydaniu pewnego skutku, zużywają więcej materiału opałowego niż wielkie, pochodzi to zapewne ztąd, że w pierwszych w stosunku do skutku tarcie tłoka i innych części maszyny, jest większe: dla tego też i rzeczywiste ciśnienie pary na tłok większe jest w wielkich maszynach, aniżeli w małych, tak dalece, że gdy w maszynie 10 koni, ciśnienie na 1 cal kwadratowy tłoka jest 7 funtów, w maszynie 212 koni to ciśnienie jest 9 funtów. Zmniejszanie zużytego materiału opałowego za powiększaniem maszyn, dochodzi nakoniec granicy, bo w bardzo wielkich maszynach trudno jest zapobiec uchodzeniu pary z walca, utracą się więc tym sposobem to, co się zyskuje przez zmniejszone stosunkowo tarcie; może nawet wielkość ogniska, pod względem oszczędności, pewnemu ograniczeniu podlega.

106. Porównyując skutek z ilością zużytego materiału, wypada, że 100 funtów węgla ziemnych w maszynie parnej 4 koni, podnoszą 14400000 funtów do wysokości 1 stopy;

w Maszynie 10 koni,	19800000;
w Maszynie 48 koni,	31680000;
w Maszynie 70 koni,	34620000;
a w Maszynie 90 koni,	35640000;

107. Najsilniejsza maszyna parna znajduąca się w Anglii, wybudowana podług zasady Watta przez *Stoddarta*, użytą jest do pompowania wody w kopalni w Cornwallis. Jest ona z podwójnym skutkiem, iéy walec ma 63 cali w średnicy; ciężar wody w iéy pompach wynosi 82000 funtów; z takim ciężarem odbywa tłok w minucie 13 poruszeń, z których każde ma długości $7\frac{3}{4}$ stóp. Siła iéy więc wyrównywa 250 $\frac{3}{4}$ koni. Ta maszyna różni się iednak od zwyczajnych maszyn Watta, bo kłapa zabezpieczająca w kotle jest obciążona prawie 20 funtami na cal kwadratowy, a zatem para powstająca w kotle wywierá ciśnienie 34,6 funtów na cal kwadratowy, iéy sprężystość przeto wynosi 6677 millim. czyli przeszło 8 atmosfer (Nro 102, tablica A). Ale takie podwyższenie sprężystości pary w maszynie Watta wcale nie jest korzystne, i właśnie téż ta maszyna do podniesienia 8261500 funtów wody do wysokości 1 stopy potrzebuie 32 $\frac{3}{4}$ funtów węgla, kiedy maszyna o 63 calach średnicy, w tablicy B oznaczona, takiż sam skutek sprawia przy zużyciu 22,9 funtów węgla.

VI. Wiadomość o maszynach parnych używanych w naszym Kraiu.

108. Od nie dawnego czasu zaczęto w kilku fabrykach w Królestwie Polskiem używać maszyn

parnych; iest ich, ile wiemy, trzy, a wszystkie znajduią się w Warszawie. Dwie pochodzą z fabryki P. Bierd w Petersburgu, z tych iedna znajduje się w Mennicy, a druga w Arsenale; trzecia będąca w fabryce sukienney dawniemy Rządowej; a teraz PP. Fraenkel i Oehmichen, wybudowaną została w fabryce machin parnych P. Coequerill w Leodyum (Liège) w Królestwie Niderlandzkim.

109. Machina parna w Mennicy iest wybudowaną na zasadzie Watta i Boultona (Nro 31). Jest w użyciu od r. 1818, kosztowała zaś w Petersburgu, wraz z kotłem miedzianym, 20000 rubli assygnac. Wysokość wewnętrzna walca parnego wynosi 51 cali polskich, średnica wewnętrzna tegoż walca 26 cali. Tłok czyni w sekundzie iedno poruszenie z góry na dół, lub z dołu do góry. Siła maszyny oceniona iest na 16 koni. Machina ta porusza 4 maszyny do spłaszczania sztab metalowych (laminoirs); 3 maszyny do wycinania monety (découpoirs); 3 wielkie tokarnie do toczenia żelaza; maszynę do świdrowania; 2 maszyny do robienia obrączek na monecie; obraca beczkę, w której się miedź czyści; nakoniec porusza wielki kamień do szlifowania. Jest dziennie w ruchu około 14 godzin, zużywa w tym czasie 6 do 8 korcy węgla ziemnych z kopalni Dąbrowskich w Woiewództwie Krakowskim.

110. Machina parna będąca w fabryce sukien-

ney PP. Fraenkel i Oehmichen ustawioną została w r. 1821 przez P. Pastora. Kosztowała na miejscu, to iest w Leodyum, 48000 franków. Jest ona wybudowaną na zasadzie Watta i Boultona (Nro 31). Wysokość wewnętrzna walca parnego wynosi 40 cali francuzkich, średnica wewnętrzna 18 cali, grubość tłoka $4\frac{1}{2}$ cali, tłok czyni w iedney minucie 70 poruszeń. Siła maszyny oceniona iest na 14 koni; ale że bardzo często więksey siły potrzeba, obciąża się przeto kłapa zabezpieczaiąca (soupape de sureté) więcey, niż zwyczajnie, i tym sposobem machina sprawia skutek, który można na 20 koni ocenić. Zostaje w ruchu dziennie 14 godzin i zużywa w tymże czasie 8 korcy węgla z kopalni Dąbrowskich. Machina ta porusza na dole folusz o 3 żłobach czyli 6 stąporach, 6 machin do barwienia, a w czasie potrzeby maszynę do szlifowania nożyc; na pierwszym pięttrze porusza maszynę trzepiącą wełnę, maszynę do do pulchnienia wełny zwaną wilkiem, 14 machin do gremplowania wełny i przygotowania iey do przędzenia; na drugiem pięttrze prowadzi 36 stołów postrzygalnych, tudzież 2 maszyny postrzygalne wynalazku Cochilleta; prócz tego pompuie wodę ze studni głębokiemy na 32 stóp, a oddaloney na 240 stóp od fabryki. Woda użyta do zamieniania pary na wodę, wypuszcza się zewnątrz dla oziębienia, po czym używa się znowu do tego samego celu. Podobnie się dzieie i w Mennicy.

Przypis iwszy do Nru 10 i 11.

Naystósowniëy byłoby z doświadczeń podanych przez Arzbergera wyciągnąć formułę ogólną sposobem Biota (1), ale ten nie łatwo tu się daie użyć, bo szereg dla wielkości wyrazów następných mało iest zbiegający. Wolałem przeto iść za Arzbergiem, który bierze formułę Mayera użytą przez niego do powiązania wypadków wynikłych z doświadczeń Schmidta. Formuła Mayera iest taką:

$$\log E = 4,286 + \log(213+t) - \frac{1551,09}{213+t},$$

gdzie E iest sprężystość pary w calach Paryzkich, a t iëy temperatura podług termometru Reaumura. Po wielu próbach doszedł Arzberger, że nadawszy tëy formule ogólniejszą postać

$$\log E = B + \log(213+t) - \frac{C}{u+t}$$

i oznaczywszy wartości liczebne ilości stałych B, C i u przez kilkokrotnie brane trzy po trzy wypadki z doświadczeń, formuła tym sposobem otrzymana daie prawie te same wypadki co i doświadczenie. Oto iest formuła Arzbergera:

$$\log E = 2,8435 + \log(213+t) - \frac{847,3}{140+t},$$

E wyrażone tu iest w calach Wiedeńskich. Za pomocą tabliczki następującej można porównać, o ile

(1) *Traité de Phys.* T. I. p. 273.

się zbliżają wypadki wyrachowane za pomocą formuły Arzbergera do wypadków z doświadczenia wprost otrzymanych.

Temperatura podług termometru Réaumura	Sprężystość wyrażona w calach Wiedeńskich	
	Podług doświadczenia	Podług formuły
89°	42,25	42,025
96,5	56,31	56,43
107,5	84,42	84,32
129	168,75	168,93
151	309,3	311,12
178	590,4	590,5

Aby zamienić formułę Arzbergera na taką, gdzieby temperatura była mierzona podług termometru stustopniowego, a sprężystość w millimetrach, niech e wyraża sprężystość w millimetrach, a T liczbę stopni termometru stustopniowego; ponieważ ieden cal Wiedeński wyrównywa 26,342 millim., więc

$$E = \frac{e}{26,342},$$

$$t = 0,8T.$$

Włożywszy za E i t ich wartości w formułę Arzberga, będzie

$$\log \frac{e}{26,342} = 2,8435 + \log(213 + 0,8T) - \frac{847,3}{140 + 0,8T}$$

$$\log e = 2,8435 + \log 26,342 + \log(213 + 0,8T) - \frac{847,3}{140 + 0,8T}$$

$$\log e = 4,2641 + \log(213 + 0,8T) - \frac{847,3}{140 + 0,8T}$$

Oto jest formuła, którą przytoczyliśmy w Nrze 11.

Przypis 2gi do Nru 14.

Wyrachować, ile 1 kilogram wody wydaie litrów pary w oznaczonej temperaturze.

Niech p wyrażone w gramach oznacza ciężar 1 litru pary w temperaturze 0° , pod ciśnieniem 760 millim.; w temperaturze T° , 1 litr (Nro 13) zamieni się na litrów

$$1 + 0,00375T;$$

a zatem ciężar 1 litru pary w temperaturze T° będzie

$$\frac{p}{1 + 0,00375T}.$$

Za odmianą ciśnienia 760 millimetrów na inne ciśnienie e wyrównywaiące sprężystości pary w temperaturze T° , ciężar iednego litru pary odmieni się w stosunku $\frac{e}{760}$; oznaczywszy przeto przez P ciężar w gramach iednego litru pary w temperaturze T° i pod ciśnieniem e będzie

$$P = \frac{e}{760} \frac{p}{(1 + 0,00375T)}.$$

Jeden kilogram wody w temperaturze 100° ma objętość 1,04672 litrów (1); a że 1 litr wody w temperaturze 100° , pod ciśnieniem 760 millim. (Nro 14), zamienia się na 1696,4 litrów pary: więc 1 kil. czyli 1,04672 litrów wody zamieni się w wymienionych okolicznościach na $1696,4 \times 1,04672 = 1775,6$ litrów pary. Że zaś objętość pary od 0° do 100° powiększa się o 0,375, więc objętość pary z 1 kil. wody powstałéy, a przywiedzionéy do temp. 0° , iest

$$\frac{1775,6}{1,375} = 1291,3$$

A kiedy 1291,3 litrów pary w temp. 0° , pod ciśnieniem 760 millim. waży 1 kil., czyli 1000 gramów, więc 1 litr téy pary ważyć będzie

$$\frac{1000}{1291,3} = 0,77439 \text{ gramów};$$

a zatem

$$p = 0,77439.$$

Co włożywszy w powyższe równanie, będzie

$$P = \frac{e}{760} \frac{0,77439}{(1 + 0,00375T)}$$

(1) Objętość wody od największego zgęszczenia, które ma miejsce w temp. $4,4^\circ$, powiększa się w temp. 0° o 0,00012 (Biot, T. 1. p. 204); a od 0 do 100 powiększa się objętość wody o 0,04660 (Biot, p. 232): więc objętość wody od największego zgęszczenia do temp. 100 powiększa się o $0,00012 + 0,04660 = 0,04672$; a zatem objętość 1 kilogramu wody, będąca 1 litr w największym zgęszczeniu, w temperaturze 100 iest 1,04672 litrów.

Niech N wyraża liczbę litrów pary z 1 kil. wody, będzie (ponieważ 1 kil. = 1000 gramów)

$$N = \frac{1000}{P},$$

czyli

$$N = \frac{1000 \cdot 760 \cdot (1 + 0,00375 T)}{e \cdot 0,77439};$$

skąd

$$\log N = \log 760000 - \log 0,77439 + \log (1 + 0,00375 T) - \log e$$

albo

$$\log N = 5,9918560 + \log (1 + 0,00375 T) - \log e.$$

Możnaby tu za $\log e$ włożyć jego wartość wyrażoną równaniem ostatniem w przypisie poprzedzającym; ale lepiej jest dla obrachowania wartości liczebnych N zostawić formułę poprzedzającą w takim kształcie, iak wypadła: w ów czas trzeba brać z tablicy A wartości liczebne e , odpowiadające wartościom T . Takim sposobem obrachowano kolumnę 4 w tablicy A.

Przypis 3ci do Nru 58.

Wynałeść ilość wody potrzebny do zgęszczenia pary.

Niech n wyraża ciężar pary mający być zgęszczoną za iednym poruszeniem tłoka. Jéy temperatura niech będzie 100° ; a temperatura wody wrzuconéy t° ; temperatura zaś wody wyprowadzonéy z kondensatora, T° .

Do zamienienia n pary na wodę potrzeba wrzucić $5,5 \cdot n$ wody (Nro 16), której temperatura po wrzuceniu byłaby 100° , gdyby przed wrzuceniem miała była temp. 0° , ale że ta temperatura była t° , więc woda po wrzuceniu rozgrzeje się do temperatury $100 + t$ stopni; nadto przybędzie z zgęszczonéy pary masa n wody z temp. 100° . Mieszanina więc, której masa iest $6,5 \cdot n$ będzie miała temperaturę

$$\frac{5,5 \cdot n (100 + t) + 100n}{6,5 \cdot n},$$

albo

$$\frac{6500 + 55t}{65},$$

albo

$$\frac{1300 + 11t}{13}.$$

Aby teraz przyprowadzić tę wodę do temperatury T° , trzeba ieszcze wrzucić masę x wody, a otrzymamy masę wody, której temperatura będzie T° ; musi być więc

$$6,5 \cdot n \left(\frac{1300 + 11t}{13} \right) + tx = (6,5 \cdot n + x) T,$$

albo

$$6500n + 55nt + 10tx = 65nT + 10Tx,$$

albo

$$1300n + 11nt + 2tx = 13nT + 2Tx,$$

skąd

$$x = \frac{n(1300 + 11t - 13T)}{2(T-t)};$$

a zatem masa wszystkiéy wody wrzuconéy, iest

$$5,5n + x = 5,5n + \frac{n(1300 + 11t - 13T)}{2(T-t)}$$

$$= \frac{n(11T - 11t + 1300 + 11t - 13T)}{2(T-t)}$$

$$= \frac{n(1300 - 2T)}{2(T-t)}$$

$$= \frac{n(650 - T)}{T-t}$$

Jeżeli np. $T=40$, a $t=10$, masa wody wrzuconéy wyrażona będzie przez $20\frac{2}{3}n$, czyli, że do zgęszczenia pewnéy masy pary trzeba $20\frac{2}{3}$ razy więcéy wody w wymienionych okolicznościach.

Przypis 4ty do Nru 67.

Teorya koła rozpędnego podług P. Navier (1).

Niech (fig. 5) $CM=a$, wyraża długość korby obracający walec promienia $CB=b$. Oś tego walca iest oraz osią, około którój koło rozpędne się obraca.

MP iest kierunek siły na korbę w punkcie M działający; wielkość iéy oznaczmy przez P.

Ciężar Q zawieszony na sznurze okręcającym

(1) Architecture hydraulique de Bélidor. T. 1. Edycya naynowsza.

się około walca, niech wyraża opór do przewyciężenia.

Uważamy naprzód ten przypadek, kiedy siła, za pomocą korby, tylko z góry na dół działa, iak to ma miejsce np. w pedale.

W czasie iednego obrotu walca, ilość działania motora, który wywiera siłę P, iest

$$P \times 2a;$$

ilość działania oporu w tymże samym czasie iest

$$Q \times 2\pi b;$$

a zatem

$$2aP = 2\pi bQ,$$

albo

$$aP = \pi bQ \quad (a)$$

Siła P w ten czas tylko działanie wywiera na korbę, kiedy ta znajduje się w iedném z swych położeń idąc od CE ku CF; we wszystkich zaś położeniach korby od CF ku CE wcale ta siła nie działa. Naykorzystnieysze położenie korby dla siły P iest w CA, bo wtedy kierunek siły iest do korby prostopadły; gdy zaś korba znajduje się w CE lub CF, siła P oporem korby zupełnie iest zniszczona: a zatem w pewném położeniu korby między CA i CE, siła P byłaby w równowadze z siłą Q. Niech CM wyraża wspomniane położenie korby; kąt ACM oznaczmy przez x. Siła P działając na korbę CM w punkcie M rozkłada się na dwie części: z nich, ta, która dzia-

ła w kierunku korby zniszczoną zostaje oporem téy-
że korby; część zaś siły P w kierunku prostopa-
dłym do korby iest

$$P \cos x;$$

i ta siła będzie się równoważyć z siłą Q, a zatem

$$aP \cos x = bQ;$$

skąd

$$\cos x = \frac{bQ}{aP}.$$

A że równanie (a) daie

$$\frac{bQ}{aP} = \frac{1}{\pi},$$

więc

$$\cos x = \frac{1}{\pi}.$$

Dos x odpowiada dwom kątom, iednemu ACM a dru-
giemu ACN, a zatem w dwóch położeniach korby,
to iest, CM i CN, siły P i Q równoważyć się mogą.

Kiedy korba znajduje się w położeniu CM,
prędkość iey iest najmniejsza: siła bowiem P, tak
niekorzystnie w poprzednich położeniach korby swe
działanie wywiéra, iż nawet siły Q zrównoważyć
nie iest w stanie; a zatem prędkość korby zmniej-
szając się ciągle, nie mogła się, przed przyściem
korby do położenia CM, zacząć powiększać. Kiedy
korba znajduje się w położeniu CM, siła P równo-
waży się z siłą Q; w następnych zaś położeniach kor-
by pierwsza siła coraz korzystniéj działa aż do CA,

odtąd zacząwszy, siła P wprawdzie działa coraz z
mniejszą korzyścią, tak iednak, że przewyższyć
iest zdolną w równowadze siłę Q, prędkość więc
korby ciągle powiększać się będzie. Gdy korba
przyydzie do położenia CN, siła P równoważy się
z siłą Q, a w dalszych położeniach z nią równowa-
żyć się nie iest w stanie, prędkość zatem korby za
położeniem CN zmniejszać się zaczyna: a tém samém
prędkość korby w położeniu CN iest największa.

Prędkość średnia korby ma miejsce w położe-
niach pośrednich między CM i CN, to iest, w CA
i CH.

Prędkość najmniejszą korby oznaczmy przez
v; masę koła rozpędnego przez m; a masę iego
elementu znajduiącego od osi obrotu w odległości
r, przez dm.

Prędkość bezwzględna (vitesse absolue) tego
elementu, będzie

$$rv,$$

a iego siła żywa (force vive) będzie

$$r^2 v^2 dm;$$

a zatem całego koła rozpędnego siła żywa będzie

$$\int v^2 r^2 dm;$$

a że siła żywa ciężaru Q iest

$$\frac{v^2 b^2 Q}{g},$$

więc siła żywa całego składu kiedy korba przyydzie
do położenia CM, iest

$$f v'^2 r^2 dm + \frac{v'^2 b^2 Q}{g}$$

Oznaczywszy największą prędkość korby przez v' , będzie siła żywa całego składu, kiedy korba przyydzie do położenia CN,

$$f v'^2 r^2 dm + \frac{v'^2 b^2 Q}{g}$$

A zatem siła żywa iakiéy skład cały nabył w czasie przejścia korby z CM do CN, iest

$$(f r^2 dm + \frac{b^2 Q}{g}) (v'^2 - v^2).$$

Ilość działania motora w wymienionym dopiero czasie iest

$$P \times MN;$$

a że

$$MN = 2a \omega s x = 2a \sqrt{1 - \cos^2 x} = 2a \sqrt{1 - \frac{1}{\pi^2}};$$

więc

$$P \times MN = 2Pa \sqrt{1 - \frac{1}{\pi^2}}$$

Ilość działania oporu w takimże czasie

$$Q \times 2b \text{ luk}(dos = \frac{1}{\pi}),$$

albo

$$2Qb \text{ luk}(dos = \frac{1}{\pi}),$$

więc ilość działania przez motor wywarta w czasie przejścia korby z CM do CN, iest

$$2Pa \sqrt{1 - \frac{1}{\pi^2}} - 2Qb \text{ luk}(dos = \frac{1}{\pi}).$$

A że siła żywa nabyta w pewnym czasie wyrównywa podwójnéy ilości działania motora w tymże samym czasie (Nro 94), więc

$$(f r^2 dm + \frac{b^2 Q}{g}) (v'^2 - v^2) = \\ = 4 \left\{ Pa \sqrt{1 - \frac{1}{\pi^2}} - Qb \text{ luk}(dos = \frac{1}{\pi}) \right\}.$$

Jeżeli zaś siła działa za pomocą korby nie tylko z góry na dół, ale i z dołu do góry (iako to ma miejsce w kole rozpędném przy machinie parnéy); równanie odpowiadające równaniu (a) będzie w tym przypadku

$$2bP = \pi bQ;$$

$$\text{będzie także } \omega s x = \frac{2}{\pi}.$$

Postępując sposobem podobnym iako wyżej, otrzymamy równanie następujące

$$f r^2 dm + \frac{b^2 Q}{g} (v'^2 - v^2) = \\ = 4 \left\{ aP \sqrt{1 - \frac{4}{\pi^2}} - bQ \text{ luk}(dos = \frac{2}{\pi}) \right\},$$

gdzie uczyniwszy

$$P = \frac{\pi bQ}{2a}$$

będzie

$$(f r^2 dm + \frac{b^2 Q}{g}) (v'^2 - v^2) = \\ = 2bQ \left\{ \pi \sqrt{1 - \frac{4}{\pi^2}} - 2 \text{ luk}(dos = \frac{2}{\pi}) \right\}.$$

Równanie to obemyli warunek między ilościami $fr^2 dm$, v' , i v , to jest między momentem bezwładności (moment d'inertie) koła rozpędnego, iego prędkością największą i najmniejszą.

Niech V wyraża prędkość średnią, taką, iż prędkości największa i najmniejsza o ilość $\frac{V}{n}$ od nię się różnią, będzie więc

$$v' = V + \frac{V}{n}, \quad v = V - \frac{V}{n},$$

skąd

$$v'^2 - v^2 = \frac{4V^2}{n};$$

włożywszy to w równanie powyższe będzie

$$\frac{2}{n} V^2 (fr^2 dm + \frac{b^2 Q}{g}) = bQ \left\{ \pi \sqrt{1 - \frac{4}{\pi^2}} - 2 \operatorname{ark}(\cos \frac{2}{\pi}) \right\},$$

skąd

$$V^2 fr^2 dm = \frac{1}{2} nbQ \left(\pi \sqrt{1 - \frac{4}{\pi^2}} - 2 \operatorname{ark}(\cos \frac{2}{\pi}) - \frac{b}{g} \right); \quad (\alpha)$$

w równaniu tém po drugiey stronie wchodzi ilości stałe b , Q , π , g , nadto dla pewney iednostayności w ruchu obrotowym koła rozpędnego, ilość n oznacza się; a zatém dla pewney iednostayności w ruchu wyrażenie $V^2 fr^2 dm$ jest ilością stałą, to jest, kwadrat z prędkości koła rozpędnego jest w stosunku odwrotnym iego momentu bezwładności.

Załóżmy że gęstość koła rozpędnego jest iednostayna i oznaczmy ją przez D ; nadto, dla ułatwienia, przypuścmy że masa promieni łączących koło

rozpędne z osią obrotu jest tak małą, iż na nią w porównaniu z masą całego koła, możemy w rachunku nie mieć względu. Niech c oznacza grubość koła rozpędnego w kierunku równoodległym od osi obrotu. Tym sposobem koło rozpędne uważać możemy za pierścien będący różnicą dwóch walców, które mają c za wysokość wspólną, a za podstawy koła z promienia zewnętrznego i wewnętrznego tegoż pierścienia. A zatém koło rozpędne możemy rozebrać na nieskończenie małe pierścienie kołowe, mające za promień r (odległość ich od osi obrotu), a za wysokość, ilość nieskończenie małą dx ; więc objętość iednego z nich, znajdującego się w odległości r od osi obrótu, będzie różnicą objętości dwóch walców, mających wspólną wysokość, to jest dx , a z których ieden ma za podstawę koło z promienia r , drugi zaś koło z promienia $r+dr$; będzie zatém objętość pierścienia kołowego nieskończenie małego

$$\pi(r+dr)^2 dx - \pi r^2 dx,$$

którato ilość, opuściwszy wyraz nieskończenie mały trzeciego rzędu, będzie

$$2\pi r dr dx;$$

a zatém masa wymienionego pierścienia będzie

$$2\pi D r dr dx;$$

co pomnożywszy przez r^2 , będzie moment bezwładności tegoż

$$2\pi D r^3 dr dx;$$

a moment bezwładności całego koła rozpędnego

$$2\pi D \int r^3 dr dx.$$

zintegrowawszy względem x , będzie

$$2\pi D x \int r^3 dr$$

wziąwszy to wyrażenie między granicami $x=0$ i $x=c$, wypadnie

$$2\pi D c \int r^3 dr;$$

zintegrowawszy znowu względem r , otrzymamy

$$\frac{1}{2}\pi D c r^4,$$

a biorąc to wyrażenie między granicami $r=r'$ i $r=r''$ (przez r' oznaczamy promień zewnętrzny koła rozpędnego, a przez r'' promień wewnętrzny tegoż koła), będzie moment bezwładności koła rozpędnego

$$\frac{1}{2}\pi D c (r'^4 - r''^4),$$

a zatem

$$\int r^2 dm = \frac{1}{2}\pi D c (r'^4 - r''^4).$$

Objętość koła rozpędnego wyrównywa różnicy objętości dwóch walców mających c za wspólną wysokość, a za podstawy koła z promieni r' i r'' ; więc objętość koła rozpędnego jest

$$\pi c (r'^2 - r''^2);$$

to pomnożywszy przez D wypadnie masa tegoż koła, którą nazwalimy m , więc

$$m = \pi D c (r'^2 - r''^2).$$

Będzie zatem

$$\int r^2 dm = \frac{1}{2} m (r'^2 + r''^2).$$

Widzimy tu że moment bezwładności tym będzie

większy, im mniejszą będzie różnica między r' i r'' . Właśnie ta różnica jest szerokością koła rozpędnego w kierunku prostopadłym do osi obrotu. Szerokość tę oznaczmy przez e , a przez R oznaczmy promień średni między r' i r'' ; będzie

$$r' = R + \frac{1}{2}e, \quad r'' = R - \frac{1}{2}e$$

a zatem

$$r'^2 + r''^2 = 2R^2,$$

opuściwszy wyraz zamykający e^2 , iako bardzo mały. Tym sposobem

$$\int r^2 dm = mR^2.$$

Włożywszy tę wartość w równanie (α), będzie

$$mR^2 V^2 = \frac{nbQ}{2} \left(\pi V \sqrt{1 - \frac{4}{\pi^2}} - 2 \text{łuk} \left(\cos \frac{2}{\pi} \right) - \frac{b}{g} \right);$$

ilość mnożąca n po drugiey stronie równania jest stałą, oznaczywszy ją przez A , będzie

$$mR^2 V^2 = nA.$$

Wiemy z powyższego, że ruch obrotowy koła rozpędnego, tym bardziej zbliża się do iednostayności im n jest większe; a zatem równanie ostatnie uczy, że ruch tego koła tym bliższy będzie iednostayności, im większe będą ilości m , R i V ; czyli, dla koła rozpędnego daney massy, ruch iego obrotowy tym bardziej zbliżać się będzie do iednostayności, im bardziej ta masa oddaloną będzie od osi obrotu, i im większą będzie prędkość średnia tegoż koła.

TABLICA A.

wskazująca sprężystość pary wodnej w rozmaitych temperaturach, oraz liczby litrów pary z jednego kilogramu wody.

Temperatura pary podług termometru stustopniowego	Sprężystość pary wyrównywiająca ciśnieniu		Liczba litrów pary z jednego kilogramu wody
	Kolumny merkuryusza wysokości na millimetrów	atmosfer	
0°	3		327141
10	7		145361
20	15		70335
30	29		37649
40	53		21290
50	91		12807
60	149		8068
70	234		5295
80	357		3574
90	529		2481
100	760	1	1775
110	1063	1,4	1273
120	1462	1,9	973
130	1962	2,6	744
140	2592	3,4	577
150	3370	4,4	455
160	4318	5,7	363
170	5458	7,2	294
180	6814	8,9	241
190	8408	11,0	200
200	10268	13,5	167
210	12420	16,3	141
220	14883	19,6	120

TABLICA B.

wskazująca wymiary walców machin parnych Watta i Boultona, oraz wielkość rzeczywistego skutku ze względu na opał.

Skutek wyrażony liczbą koni	Średnica tłoka w calach ang.	Ciśnienie na 1 cal kwadr. tłoka w funtach ang.	Długość drogi przez tłok odbywaną w stop. ang.	Liczba poruszeń tłoka w 1 minucie	Węgle zużyte w 1 godzinie	
					na jednego konia	razem
					funtów ang.	
1	6,0	7	1 $\frac{1}{2}$	100	20,7	20
2	8,3	7,2	2	84	15,6	27
4	11,6	7,3	2 $\frac{1}{2}$	68	13,8	55
6	13,9	7,0	3	62	12,2	73
8	15,9	6,9	3 $\frac{1}{2}$	54	10,5	84
10	17,7	7,0	4	48	10	100
12	19,2	7,1	4	48	9,8	117
14	20,6	7,1	4 $\frac{1}{2}$	44	9	126
16	21,75	7,1	4 $\frac{1}{2}$	44	8,7	140
18	23,0	7,2	4 $\frac{1}{2}$	44	8,5	153
20	24,0	7,3	5	40	8,3	166
22	25,1	7,35	5	40	8	176
24	26,1	7,4	5 $\frac{1}{2}$	36	7,8	187
26	26,9	7,5	5 $\frac{1}{2}$	36	7,6	197
28	27,8	7,6	5 $\frac{1}{2}$	36	7,4	207
30	28,7	7,6	6	34	7,2	216
32	29,5	7,59	6	34	7,1	227
34	30,3	7,49	6	34	7	238
36	31,0	7,7	6	34	6,9	249
38	31,8	7,6	6 $\frac{1}{2}$	32	6,8	258
40	32,6	7,6	6 $\frac{1}{2}$	32	6,7	268
42	33,3	7,65	6 $\frac{1}{2}$	32	6,6	279
44	34,0	7,7	6 $\frac{1}{2}$	32	6,5	286
46	34,7	7,7	6 $\frac{1}{2}$	32	6,4	294
48	35,5	7,7	7	30	6,3	302
50	36,0	7,7	7	30	6,2	310
52	36,6	7,75	7	30	6,1	317
54	37,3	7,77	7	30	6,1	329
56	38,0	7,79	7	30	6	336
58	38,8	7,79	7 $\frac{1}{2}$	28	6	348
60	39,2	7,8	7 $\frac{1}{2}$	28	5,9	354
62	39,8	7,8	7 $\frac{1}{2}$	28	5,9	366

Dalszy ciąg Tablicy B.

Skutek wyrażony liczbą koni	Średnica tłoka w ca- łach ang.	Ciśnienie na 1 cal kwadr. tło- ka w fun- tach ang.	Długość drogi przez tłok odby- waney w stop. ang.	Liczba poruszeń tłoka w 1 minucie	Węgle zużyte w 1 godzinie	
					na jedne- go konia	razem
					funtów ang.	
64	40,4	7,85	7 $\frac{1}{2}$	28	5,9	378
66	41,0	7,9	7 $\frac{1}{2}$	28	5,8	382
68	41,6	7,9	7 $\frac{1}{2}$	28	5,8	394
70	42,0	8	8	26	5,8	406
72	42,7	8	8	26	5,7	410
74	43,3	8	8	26	5,7	422
76	43,7	8	8	26	5,7	433
78	44,4	8	8	26	5,6	437
80	45	8	8	26	5,6	448
85	46,2	8,2	8 $\frac{1}{2}$	24	5,6	476
90	47,5	8,2	8 $\frac{1}{2}$	24	5,6	504
95	48,7	8,2	8 $\frac{1}{2}$	24	5,5	522
100	50	8,2	8 $\frac{1}{2}$	24	5,5	555
105	51	8,2	9	22	5,5	577
110	52,2	8,5	9	22	5,5	605
115	53,4	8,5	9	22	5,5	632
120	54,7	8,5	9	22	5,5	660
126	56	8,5	9	22	5,5	693
132	57	8,5	9	22	5,5	726
136	58	8,6	9	21 $\frac{1}{2}$	5,5	748
140	59	8,6	9	21 $\frac{1}{2}$	5,5	770
145	60	8,6	9	21	5,5	797
151	61	8,6	9,6	21	5,5	830
156	62	8,7	9,6	20 $\frac{1}{2}$	5,5	858
161	63	8,7	9,6	20 $\frac{1}{2}$	5,5	885
166	64	8,7	9,6	20	5,5	913
172	65	8,8	9,6	19 $\frac{1}{2}$	5,5	946
178	66	8,8	10	19 $\frac{1}{2}$	5,5	979
189	68	8,9	10	19	5,5	1039
200	70	8,9	10	19	5,5	1100
212	72	9	10	19	5,5	1166



Fig. 1.



Fig. 3.

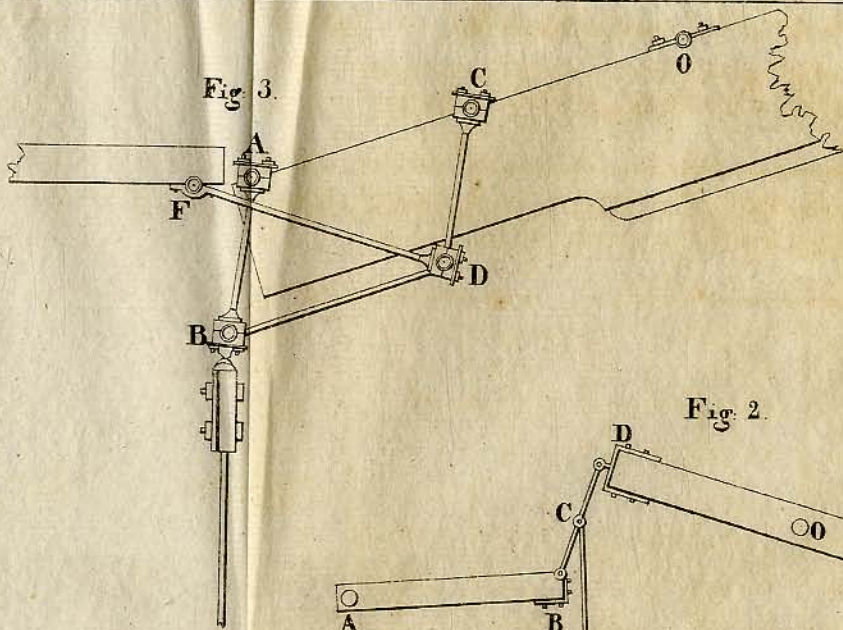


Fig. 2.

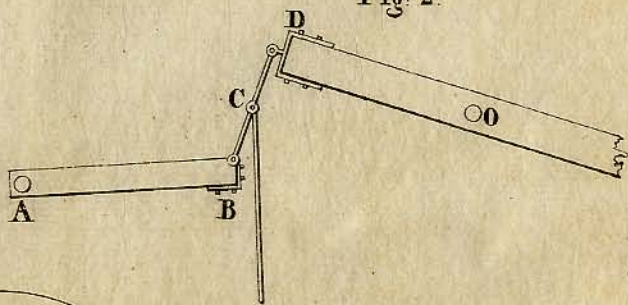


Fig. 4.

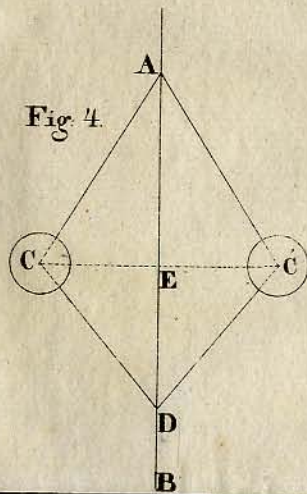


Fig. 5.

