

30400

NOTATKI
Z MASZYN WYCIĄGOWYCH

w/g wykładów

prof. Dr. W. CHRZANOWSKIEGO

C

Nr 20100

Politechnika Warszawska





~~G. 100~~

NOTATKI. C. 20100

Z.

MASZYN WYCIĄGOWYCH

2.2.524

BG04A/010-40

Materiał zaczerpnięty z następujących źródeł :

- 1/ Wykłady prof.D-ra W.Chrzanowskiego z dziny maszyn parowych, wygłoszone na Politechnice Warszawskiej.
- 2/ Artykuły prof.D-ra W.Chrzanowskiego z dziedziny maszyn wyciągowych w Przeglądzie Technicznym, roczniki 19 i 1913.-
- 3/ Fritz Schmidt. Die Dampffördermaschinen 1927. / jest także tłumaczone na język rosyjski /.
- 4/ Inż.górn.Karol Miłkowski. Górnicze urządzenia wyciągowe cz.I.1923.-

Uwaga : do egzaminu przerobić 1/ i 2/.

Do maszyn parowych nawrotnych należą maszyny parowozowe, okrętowe, walcownicze, wyciągowe i maszyny stosowane w rolnictwie do pługów. Wszystkie tego rodzaju maszyny pracują w znacznie trudniejszych warunkach, aniżeli zwykłe maszyny parowe, a wynika to z konieczności częstych przerw w pracy /walcownicze, wyciągowe/, biegu nawrotnego, ruszania z miejsca pod pełnym obciążeniem i t.p. Aby warunkom tym zadośćuczynić, musi być maszyna parowa odpowiednio zbudowana. Dla przykładu omówim, choć bardzo ogólnie warunki pracy i niektóre cechy, oraz właściwości maszyn parowych wyciągowych.

Maszyna wyciągowa musi czynić zadość następującym zasadniczym warunkom :

- 1/ musi ruszać z miejsca z każdego położenia korby,
- 2/ " " " " pod pełnym obciążeniem,
- 3/ " " " " w obydwuch kierunkach, t.j. naprzód i wstecz.

Ze względu na pierwszy warunek buduje się maszyny wyciągowe zawsze, jako maszyny bliźniacze, z korbami przesuniętymi względem siebie o kąt 90° . Dzięki temu, gdy jeden z tłoków znajduje się w swem martwym po-

łożeniu, drugi znajduje się w okolicy swego środkowego położenia i dlatego, wpuszczając do tego cylindra parę na jedną lub drugą stronę tłoka, mamy zawsze możliwość uruchomienia maszyny naprzód lub wtył. Wprawdzie budowano dawniej w Anglii maszyny wciągowe, jako maszyny sprzężone, lecz to w praktyce dało wyniki ujemne z następujących przyczyn: Wyobraźmy sobie maszynę sprzężoną, której korb. również są przesunięte o kąt 90° , w takim położeniu, że tłok cylindra wysokoprężnego znajduje się w swem martwym położeniu. Jeżeli to jest maszyna normalna, która raz puszczona w ruch pracuje cały dzień, albo przynajmniej dłuższy okres czasu /parę godzin/, przyczem rozruch odbywa się przy całkowitem odciążeniu maszyn. /bieg luzem/, to nie przedstawia zbyt trudności nastawienie takiej maszyny na skok, ani też zbyt dużych strat i niebezpieczeństw - wpuszczenie odpowiednio zdławionej pary świeżej do cylindra niskoprężnego, dla wyprowadzenia maszyny z jej martwego położenia. Jeśli to natomiast będzie maszyna wciągowa, która np. przy dobrej pracy i głębokości szybu około 500 mtr. wykonuje 25 + 30 jazd na godzinę, to w takiej maszynie łatwość uruchamiania jej

gra pierwszorzędną rolę. Można wprawdzie to osiągnąć dość łatwo przez wspomniane wpuszczanie zdławionej pary do cylindra niskoprężnego, lecz to powoduje zazwyczaj silne uderzenia, zwłaszcza przy intensywnej pracy i raptowne ruszanie z miejsca, co następnie powoduje podrywanie kosza, huśtanie liny, ścieranie jej o ścianki szybu i szybkie wskutek tego zużycie. A oprócz tego powstają straty wskutek wspomnianego dławienia pary. W sumie więc zysk powstały wskutek zastosowania podwójnego rozprężania pary nie pokrywa strat, powstałych wskutek wspomnianych warunków pracy. Dlatego więc w mniejszych urządzeniach górniczych nie przyjęła się maszyna parowa sprzężona, a tylko bliźniacza. W wielkich natomiast urządzeniach stosuje się maszyny o podwójnym rozprężaniu pary, ale maszyny te budowane są, jako osobno-bliźniacze.-

Nietylko z każdego położenia korby, ale i pod pełnym obciążeniem musi ruszać z miejsca maszyna wyciągowa, co zresztą wynika z jej warunków pracy. W tym celu maszyna musi dawać na wale korbowym dostatecznie duży moment obrotowy, aby w czasie rozruchu pokonać zazwyczaj bardzo wielkie dodatkowe momenty oporu, powstałe

wskutek bezwładności poruszających się i przyspieszających mas. Osiąga się to przez zastosowanie bardzo dużych napełnień, dochodzących w maszynach wyciągowych do 95%. Moment bowiem obrotowy na wale głównym maszyny parowej zależy od siły stycznej na kole korby, ta zaś jest funkcją nacisku tłokowego /patrz rozdział o kole zamachowym/. Gdybyśmy przy rozruchu zastosowali małe napełnienie i rozprężanie pary, to mogłoby się okazać, że przy pewnym położeniu korb łączny nacisk tłokowy jest niewystarczający do pokonania momentu oporu, ewentualnie do nadania ciężarom podnoszonym odpowiedniego przyspieszenia. Poza to duże napełnienie ułatwia podnoszenie kosza o małe wysokości /t.zw. manwrowanie/ dla odpowiedniego ustawienia go bądź na dnie szybu, bądź na powierzchni, co zwłaszcza jest ważne przy wielopiętrowych klatkach /koszach/. Koniecznym jest także ze względu na kontrolę szybu, która odbywa się przy szybkości kosza 0,5 mtr/sek., dalej przy opuszczaniu ludzi z szybkością 6 mtr/sek., a gdy są aparaty bezpieczeństwa - 10 mtr/sek. We wszystkich tych wypadkach para dolotowa jest odpowiednio dławiona.- Maszyna wyciągowa nie pracuje jednak przez

cały czas przy tem dużem napełnieniu, a w miarę, jak szybkość podnoszonego ciężaru wzrasta, napełnienie zmniejsza się automatycznie, lub ręcznie. W nowoczesnych maszynach wyciągowych dąży się do tego, aby przy uzyskaniu założonej prędkości, z jaką ciężar ma być wydobywany $V_{max} = 28 \pm 30$ mtr/sek - ruch jednostajny / zbliżyć się możliwie do normalnego napełnienia, zapewniającego maszynie najkorzystniejszy rozchód pary. Ograniczenie w tym kierunku stanowi niejednostajność biegu maszyny, polegająca na tem, że podczas pracy maszyny parowej z małym napełnieniem i dużą expansją zmienia się znacznie w czasie jednego obrotu siła styczna na obwodzie koła korby, a co za tem idzie zmienia się moment obrotowy, to zaś powoduje szarpanie i podrywanie kosza, huśtanie lin, zużycie jej i konstrukcyj ścianek szybu. Zresztą nie tylko przy małych napełnieniach, ale i przy zbyt raptownych przejściach podczas rozruchu od dużych do małych napełnień powtarzają się te same zjawiska, o szkodliwości których była już mowa. Dlatego przy ustaleniu napełnienia i innych punktów charakterystycznych wykresu dla ustalonego biegu maszyny należy przedewszystkiem mieć na uwadze jej równomierny i spokojny bieg, a na-

stepnie dopiero ekonomiczne zużycie pary. Doświadczenia wykazały, że dla uniknięcia wspomnianych ujemnych zjawisk stopień nierównomierności biegu /patrz rozdział o regulatorach/ musi wynosić :

$$\delta = \frac{V_{\max} - V_{\min}}{V \text{ śr.}} = 0,1$$

Da się to uzyskać przy napełnieniu 20 ± 25 %, przy czem mniejsze dla maszyn z dużym momentem rozpędowym, np. z bębniem cylindrycznym, większe zaś - dla maszyn z mniejszym momentem rozpędowym np. z tarczą Koepego.-

Z powyższego widać, że w maszynach wyciągowych napełnienia zmieniają się w bardzo szerokich granicach.- Te zmienne w sposób ciągły napełnienia łatwo uzyskać można przez zastosowanie stawideł kształtkowych, które się przeważnie w nowszych maszynach wyciągowych spotykają. Przyjęły się one również i z tego względu, że w bardzo prosty sposób pozwalają uruchamiać maszynę w kierunku naprzód i wstecz.

W stawidłach kształtkowych zasadniczymi elementami sterującymi są kształtkówki. Kształtkówka jest to tuleja cylindryczna z występem /kułakiem/ na swej powierzchni cylindrycznej. Występ ten utworzony jest w ten sposób, że długość jego na obwodzie oraz wysokość w kierunku

ku promieniowym są różne dla różnych przekrojów poprzecznych kształtówki. Innymi słowy jest to jakgdyby szereg



tarcz nieokrągłych o różnej długości i wysokości kułaków, połączonych z sobą w ten sposób, że przejście z jednej na drugą jest

łagodne i ciągłe /bez uskoków/. Kształtówka taka umieszczona jest na wale sterującym przy pomocy wpustki, umożliwiającej w czasie obrotu przesunięcie kształtówki w kierunku osiowym. Dzięki temu rolka może się toczyć po coraz to innym zarysie kułaka, umożliwiając przez to zmianę napełnienia /zmiennie Wl i Ex/. Podobnie ukształtowane i zamocowane są również kształtówki dla zaworów wylotowych /zmiennie Wy i Co/. Pierwotnie stosowano w maszynach wyciągowych po dwie kształtówki dla każdego zaworu : jedna dla biegu naprzód, druga dla biegu wstecz. Następnie uproszczono tę konstrukcję w ten sposób, że obydwie zawory wlotowe steruje jedna kształtówka przy ruchu naprzód i druga przy ruchu wstecz., szkic II. Obydwie rolki znajdują się w tej samej płaszczyźnie i przesunięte są względem siebie o kąt 180° . To samo mamy dla zaworów wylotowych, jak to pokazane na szkicu III.

Prz, czem na szkicach tych o-
znaczone są przez :

W - wał sterujący

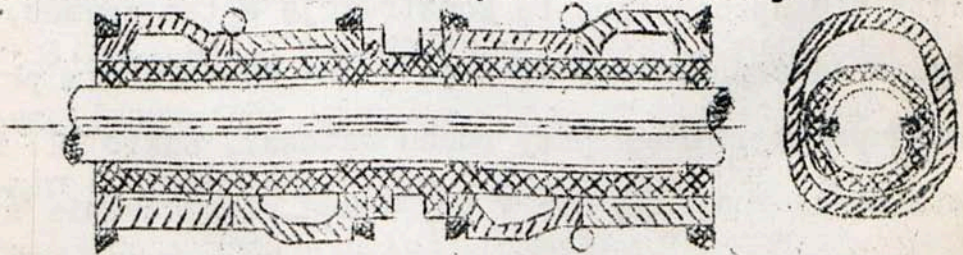
A i B - 2 wałki pomocnicze.

K - kształtówki,

linjami pełnymi oznaczone są
schematycznie dźwignie, steru-
jące jeden zawór wlotowy /II/,
bądź wylotowy /III/, a przery-
wanemi - drugi wlotowy /II/,
bądź wylotowy /III/. - W ten
sposób zredukowano ilość

kształtówek do połowy /tyle

kształtówek ile zaworów/. Kształtówki umocowane są
na tulei I, szkic IV, zapomocą wkrętek i razem z nią
osadzone na wale sterującym W. Dzięki wpustce WP



wszystko razem obraca się wraz z wałem sterującym W, może się jednak na nim przesuwac osiowo. Niech według szkicu IV oznacza :

K_1 i K_2 - kształtówki, sterujące zawory wlotowe
 K_3 i K_4 - " " " wylotowe,
przyczem przy ruchu naprzód sterują kształtówki K_1 i K_3
zaś " " wstecz " " K_2 i K_4
 r_1 - rolka, sterująca zawór wlotowy z przodu
 r_2 - " " " " z tyłu
 r_3 - " " " wylotowy z przodu
 r_4 - " " " " z tyłu.

Jeżeli wobec tego przesunąć kształtówki osiowo na wale w prawo, to otworzą się zawory wlotowy z przodu i wylotowy z tyłu i maszyna ruszy np. naprzód. Jeżeli zaś przy tem samem położeniu pierwotnem przesunąć je w lewo, to otworzą się zawory wlotowy z tyłu i wylotowy z przodu i maszyna ruszy w kierunku odwrotnym.-

Pomiędzy dwiema kształtówkami wlotowemi, jak również pomiędzy dwiema wylotowemi jest wąski pasek cylindryczny, szerokości 8 * 10 m/m. Rolki na nim znajdują się w środkowem położeniu kształtówek, a zawory wtedy nie pracują. Ze względu na łatwe przestawianie

kształtówek, pochylenie kułaków w kierunku podłużnym nie powinno być zbyt duże / kąt $\alpha = 3^\circ \div 7^\circ$ /. Zaś najkorzystniejszym kształtem kułaków w kierunku obwodowym jest ten, gdy kułak zaczyna się i kończy według linii stycznej, jak przy tarczach nieokrągłych. Luz pomiędzy rolką, a kształtówką w chwili, gdy zawór jest zamknięty, winien wynosić $0,5 \div 1$ m/m.

Kształtówki uruchamia się za pomocą serwomotoru /małe bezpośrednio za pomocą dźwigni/ dwucylindrowego /parowy i olejowy/ w ten sposób, że maszynista za pomocą dźwigni uruchamia suwaczek serwomotoru, przyczem para dopływa na odpowiednią stronę cylindra parowego, przesuwa tłok i za pomocą dźwigni tuleję z kształtówkami. Tłoki, suwaczek i dźwignie połączone są mechanizmem odwodzonym, jak w turbinach parowych. Cylinder olejowy odgrywa rolę amortyzatowa, przyczem podczas ruchu olej /lub woda mydlana/ przepływa przez zawór dławiący z jednej strony cylindra na drugą.

Rozróżniemy trzy rodzaje stawideł kształtówkowych: normalne, odwrotne i specjalne. Pierwsze i drugie stosują się przy regulacji ręcznej, specjalne zaś - przy regulacji mechanicznej w połączeniu z aparatami bezpieczeństwa.

Kształtówki normalne mają tę cechę charakterystyczną, że w najbliższej odległości środkowego położenia rolki, a zatem i dźwigni sterującej mamy napełnienie najmniejsze, zaś dalszym wychyleniom odpowiadają napełnienia większe i wreszcie w skrajnym położeniu / dźwigni, rolki/ mamy napełnienie największe /fotografja 88/. Dla uruchomienia maszyny z takimi stawidłami maszynista przestawia dźwignię odrazu w skrajne położenie, aby uzyskać w czasie rozruchu największe napełnienie. W miarę zaś wzrostu liczby obrotów maszyny ściąga powoli dźwignię zpowrotem, uzyskując przez to coraz mniejsze napełnienia, a wkońcu, sprowadzając ją w środkowe położenie, odcina dopływ pary. Wl, Wy i Co są w tych stawidłach stałe, jak to widać na rysunku, zmienne jest tylko napełnienie. Stawidła te niedogodne są ze względu na manewrowanie, które najłatwiej daje się osiągnąć przy największem napełnieniu, do którego tutaj trzeba pójść przez wszystkie pośrednie napełnienia. Pozatem maszyniści dla ułatwienia sobie pracy, nastawiwszy maszynę na największe napełnienie, regulują następnie jej bieg nie przez zmianę napełnienia, a przez przymknięcie zaworu odcinającego. Wskutek tego

maszyna pracuje nieekonomicznie.

Dla zapobieżenia temu zastosowano kształtówki odwrotne /fotogr.89/, których cechą charakterystyczną jest to, że bezpośrednio w pobliżu zerowego położenia jest napełnienie największe, a w miarę dalszego wychYLE-
nia dźwigni napełnienie maleje i w skrajnym położeniu osiąga najmniejszą swą wartość. Poza to wszystkie cztery punkty charakterystyczne wykresu są zmienne. Dla orientacji, w jakim kierunku ta zmiana zachodzi, może posłużyć następujące zestawienie :

Nap. 20 → 95

Wl 1,5 → 0,3

%

Co 25 → 10

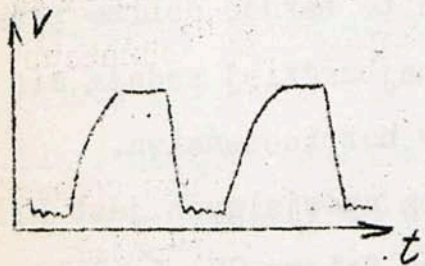
Wy 8 → 2

Zwrócić należy uwagę na to, że przy dużym napełnieniu muszą być małe Wl, Wy i Co ze względu na łatwość manewrowania i uruchomienia maszyny z każdego położenia korby. Manewrowanie ułatwiają tutaj również małe wzniosy zaworów przy dużych napełnieniach. Również korzystną jest możliwość dania kontrparę przez małe wychylenie dźwigni w kierunku przeciwnym. Dla uruchomienia maszyny z takimi stawidłami maszynista wychyla dźwignię

nieznacznie tylko ze środkowego /zerowego / położenia i już wtedy osiąga maksymalne napełnienie. W miarę zaś dalszego wychylenia dźwigni napełnienie maleje, aż do najmniejszego w skrajnym położeniu. Przy zatrzymaniu maszyny odcina dopływ pary i przestawia dźwignię w środkowe położenie. Słabą stroną jest to, że przy zastosowaniu kontrpary trzeba przejść przez największe napełnienie. Pozatem stawidła te bardzo dobrze pracują i przy regulacji ręcznej najbardziej nadają się do użycia, gdy niema aparatów bezpieczeństwa.

Stawideł kształtkowych specjalnych jest kilka odmian. Przedstawione np. na fotogr. 90 stanowią kombinację normalnych z odwrotnymi. W pobliżu zerowego położenia znajdują się występy I, dające największe napełnienie i służące do manewrowania. Następnie mamy napełnienie najmniejsze II, które znów wzrasta do największego w skrajnym położeniu III. Zmiana innych punktów charakterystycznych uwidoczniła jest na rysunku. Przy uruchomieniu maszyny maszynista wychyla dźwignię w skrajne położenie na największe napełnienie. Gdy maszyna nabierze określoną ilość obrotów, zaczyna działać regulator, który samoczynnie nastawia kształ-

tówki na napełnienie mniejsze i dopiero wkońcu jazdy maszynista manewruje ręcznie, posługując się wspomnianymi występami I. Przy tych kształtówkach kombinowych musi być regulator statyczny. Wykres prędkości podnoszenia v w zależności od czasu t przedstawia się jak na szkicu V.-



Inne odmiany stawideł specjalnych służą np. do hamowania w końcu jazdy zapomocą pary, albo też zassanego powietrza. Opis działania ich i rysunki w

literaturze wskazanej na początku.-

O samych kształtówkach dodać jeszcze należy, że mogą one być odlane z żeliwa w formie żeliwnej, a więc utwardzone na powierzchni, albo kształtowane w matrycy i hartowane. Muszą być wykonane z materiału dobrego i ścisłego. Ażeby się zabezpieczyć przed ewentualnem pęknięciem kształtówki, zakłada się na każdą pierścień skurczny P, szkic IV: Rolka na swej powierzchni bocznej nie może być cylindryczna, a zaokrąglona. Można jej nadać kształt warstwy kulistej. Następnie musi mieć możliwość obra-

cania się nietylko dokoła swych czopów w osi poziomej, ale również wraz z łożyskiem dokoła osi pionowej ze względu na przesuwanie podłużne kształtówkę. Zamiast rolki można zastosować kulkę dostatecznie dużej średnicy / $d = 40 \text{ m/m}$ /, uchwyconą w odpowiednim łożysku, często kulkowem, dla zmniejszenia tarcia. Unika się przez to dużych nacisków bocznych na dźwignię przy zmianie napełnienia, gdyż kulka toczy się jednakowo we wszystkich kierunkach. -

Maszyny wyciągowe mają jeszcze tę cechę charakterystyczną, że zamiast zwykłych kół zamachowych mają koła specjalne, służące do napędzania liny wydobywczej. Wśród tych kół różróżniamy :

bębny cylindryczne,

bobiny,

tarcze Koepego i rzadko stosowane

bębny stożkowe.

Szczegółowy opis działania i konstrukcji tych kół podany jest w roczniku 1913 Przeglądu Technicznego. W kilku słowach każde z tych kół można scharakteryzować w sposób następujący :

Bęben cylindryczny jest to wielkich rozmia-



rów bęben /średnica dochodzi do kilku mtr./, skonstruowany z żelaza profilowego, posiadający piastę ze staliwa, a obwód z żelaza, lub belek dębowych grubości około 10 cm. W obydwuch wypadkach na obwodzie znajdują się płytkie rowki śrubowe, w których układa się lina. Bęben z piastą połączony jest zapomocą sprzęgła sworzniowego, umożliwiającego t.zw. przekładanie, t.j. skracanie, lub wydłużanie czynnej długości liny. Bęben sam składa się z dwóch jednakowych części, zaklinowanych na wale głównym tuż obok siebie. Podczas pracy na jedną z nich lina nawija się i kosz /klatka/ z urobkiem idzie do góry, a z drugiej - odwija się i kosz próżny idzie na dół. Gdy kosz znajduje się na dnie szybu, to przybywa dodatkowe obciążenie w postaci ciężaru czynnej długości liny, który to ciężar może być bardzo znaczny i ma duży wpływ na pracę maszyny w czasie rozruchu. Aby się od tego uniezależnić, stosuje się, zwłaszcza przy głębszych szybach, linę wyrównawczą, która, przymocowana każdym końcem do innego kosza, zwisa swobodnie i tylko równoważy ciężar nawijającej się i odwijającej liny. Długość bębna musi być taka, aby były zawsze conajmniej 3 zwoje liny zapasowe.

Po obu końcach bębna na jego obwodzie musi być przy-
mocowany ceownik, wygięty w kształcie koła, a grający
rolę tarczy hamulczej przy hamowaniu.-

Bobina jest to koło, na które nawija się lina
płaska o przekroju prostokątnym, jeden zwój na dru-
gi. Dzięki temu promień obwodu, na który lina się
nawija stale się zwiększa. Na wale maszyn osadzone są
dwie bobiny : podczas pracy z jednej lina się odwija,
a na drugą - nawija. Wyrównoważenie liny jest tu lep-
sze, bo gdy cała długość liny zwisa, to ciężar jej
działa na małym promieniu, podczas gdy na drugiej bo-
binie mamy zjawisko wprost odwrotne. Bobiny muszą
być tak skonstruowane, aby, jak i przy bębnach, moż-
liwe było przekładanie i hamowanie.-

Tarcza Koepego, w odróżnieniu od poprzednich
nie służy do nawijania liny, a tylko prowadzi ją.
Wykonana jest z żelaza profilowego i na obwodzie wy-
łożona materiałem o dużym współczynniku tarcia np.
drzewem. Lina spoczywa w płytkim rowku i opasuje
tarczę na kącie $> 180^{\circ}$. Dzięki naciągowi liny po-
wstaje na obwodzie tarczy siła tarcia, która musi
być większa od oporu podnoszonej klatki, aby nie

nastąpił poślizg. Aby pewność działania powiększyć, stosują niekiedy sztuczne powiększenie kąta opasania przez zastosowanie dodatkowych kół /jak przy naprężaczu pasa/, lub też stosują na obwodzie tarczy urządzenia sztucznie zakleszczające linę. I tutaj musi być tarcza skonstruowana tak, aby było możliwem hamowanie. Tarcze Koepego stosuje się do szybów głębokich, gdzie nawijanie bardzo długiej liny przedstawiałoby trudności. Urządzenia z tarczą Koepego wymagają stosowania liny wyrównawczej.-

Bębny stożkowe mają na celu, jak i bobiny lepsze wyrównowanie : w początku podnoszenia lina nawija się na część bębna o małym promieniu, chociaż więc opory są duże, lecz moment oporu mały; w czasie zaś nawijania opory maleją, lecz jednocześnie powiększa się promień bębna, wskutek czego moment oporu nie zmienia się w tak szerokich granicach, jak np. przy bębnach cylindrycznych bez liny wyrównawczej. Bębny stożkowe rzadko są stosowane.-

