

przy zapotrzebowaniu wysokich ciśnień pary grzejnej, nieraz wypada rezygnować ze stosowania silnika z odbiorem pary, dającego małe korzyści w stosunku do wskazanych przez jego właściwości przesunąć czynności technologicznych.

Niekiedy podniesienie rentowności takiego układu grzejnego będzie możliwe przez sztuczne podniesienie obciążenia w stosunku do zapotrzebowania pary, aby następnie odstąpić nadmiar energii nazewnątrz, sąsiadnim konsumentom.

Tu również nasuwa się obraz może już niedalekiej przyszłości dostarczania ciepła okolicznym konsumentom do celów grzejących w mieszkaniach, suszarniach, pralniach, kąpielach, i t. p. w postaci pary, która przeszła już przez silnik z odbiorem pary lub silnik wysokoprężny, jak wiemy niewrażliwy na zwiększenie przeciwcisnienia, w których zamieniła już na pracę dającą się wyzyskać część ciepła. Jakkolwiek w tym kierunku gospodarka miast w ostatnich latach wyraźnie zmierza i mamy w ostatnich latach wykonanych cały szereg tego rodzaju urządzeń, to jednak Europa została przez Amerykę pod tym względem znacznie wyprzedzona, gdzie idea centralnego ogrzewania całych dzielnic jest już nie od dziś realizowana.

VII. Dobór i utrzymanie w odpowiednim stanie urządzeń cieplnych.

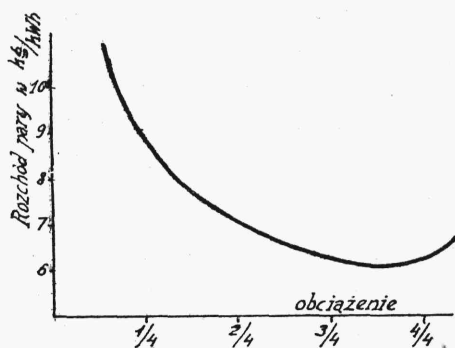
Potrzeby i warunki pracy zakładów przemysłowych pod względem wytwarzania energii i ciepła są tak różnorodne i podlegają tak różnym wpływom, zależnym nie tylko od rodzaju wytwórczości, ale od chwilowych cen na to czy inne paliwo, odległości od kopalń, położenia zakładu w okręgu mniej lub bardziej uprzemysłowionym i t. p., że o istnieniu najlepszych maszyn czy silników mówić nie można. Niema urządzeń ogólnie najodpowiedniejszych do każdego zastosowania i z drugiej strony niema także — nieodpowiednich, któreby nie znalazły celowego pod względem gospodarczo-technicznym zastosowania. Decyzja o wyborze jest sprawą równie ważną jak trudną, tembardziej, że, w walce konkurencyjnej poszczególnych rodzajów maszyn ze sobą, wysuwana jest częstokroć nie tylko ich doskonałość sama dla siebie, ale szereg własności pobocznych, mniej istotnych. A walka jest silna, walczy silnik tłokowy z wirnikowym, paraspółzawodniczy z elektrycznością, pompa czy sprężarka tłokowa — z wirnikową, silnik spalinowy z parowym i t. d. I mylną drogą szedł by ten, kto przy wyborze silnika czy rodzaju napędu brał pod uwagę jedynie koszt wytworzenia 1 *KWh*, często o słuszności wyboru decydują okoliczności pozornie drugorzędne, jak straty w przewodach, trudności w dostawie

paliwa, pewność ruchu, konieczność wykonywania kosztowych fundamentów, brak miejsca, stosunki robotnicze, sprawa napraw, kosztów oraz możliwość ich wykonania i t. p.

Weźmy np. sprawę strat w przewodach. Znale są i częste fakty, że straty te są wielokrotnością rozchodu samego silnika przy perjodyczności jego ruchu i potrzebie utrzymywania go w pogotowiu, jak to ma miejsce u młotów i pras parowych. Mimo strat wywołanych kilkakrotną przemianą form energii w silniku parowym, prądnicy elektrycznej, silniku elektrycznym, sprężarce powietrza, zastosowanie młotów pneumatycznych okazać się może w całości korzystniejsze co do rozchodu paliwa, niż u parowych, mimo pozorów odmiennych, jeżeli właśnie weźmiemy pod uwagę straty związane z postojami. Podobnie się rzecz przedstawia przy rozgałęzionej sieci przewodów parowych w kopalniach, gdzie dzięki stratom w przewodach korzystniej się przedstawia napęd powietrzny lub elektryczny i t. p. W każdym razie stwierdzić można, że najekonomiczniej pracujący silnik niezawsze w danych warunkach pracuje najtaniej.

Oczywiście mijałoby się z celem bardziej szczegółowe omawianie tutaj sprawy wyboru najodpowiedniejszego silnika tembardziej, że w grę tu wchodzi także dziś nieustalona i chwiejna jeszcze sprawa kosztów i warunków zakupu. Chcę jednak bodaj ogólnie zwrócić uwagę na pewne czynniki, niezawsze brane pod uwagę, a które powodują, że nieraz najlepiej dobrane urządzenie nie pracuje ekonomicznie i jego zalety nie są ekonomicznie wyzyskane.

Przedewszystkiem więc wiele i często się grzeszy pod względem doboru rozporządzalnej mocy silnika. Wiadomo, że u wszystkich silników



Rys. 38.

istnieje, w mniejszym lub większym stopniu, zależność rozchodu ciepła na jednostkę mocy od stopnia obciążenia, t. zn., że tylko przy pewnym, zazwyczaj bliskim pełnego, — silnik pracuje najoszczędniej (np. zależność tę dla turbiny parowej przedstawia rys. 38). Tymczasem, ze względu na możliwy w przyszłości rozwój przedsiębiorstwa, bądź wskutek złego obliczenia zapotrzebowania mocy, nieodpowiedniego, bo nierównomiernego rozkładu obciążenia w ciągu dnia lub sezonu, bądź wskutek przygodnego

kupna za dużego silnika lub kotła i t. p., — latami pracuje najlepsze urządzenie nieekonomicznie. Częstokroć, w celu należytego obciążenia silnika, okaże się korzystniej oddać nazewnątrż zbędną energję po niskich cenach

lub kupić ją zzewnątrz nawet po wysokich cenach, niż eksploatować najlepsze zresztą urządzenia, lecz niewłaściwie obciążone.

Jak mówi np. statystyka związku elektrowni w Polsce, są elektrownie, które mają stopień wyzyskania tylko 6 do 7%, to znaczy, że produkują piętnastą część tego, co przy pełnym obciążeniu mogłyby produkować, a większość elektrowni ma stopień wyzyskania od 6 do 25%. Oczywiście w elektrowniach publicznych produkujących przedewszystkiem prąd na światło, najwyższe obciążenie tak znacznie odbiega od średniego, że zupełne wyzyskanie silników, pomijając nawet sprawę rezerwy, jest niemożliwe, w każdym razie, przez dobór wielkości silników, przez dążność do podziału, przesunięcia i wyrównania obciążenia do właściwej mocy, przez pożyczanie lub oddawanie energii innym zakładom przemysłowym, można bardzo wiele poprawić i to podwójnie: przez zapewnienie lepszych warunków pracy silników i przez zwiększenie produkcji w stosunku do kapitału zakładowego.

Ważną jest nader rzeczą przy doborze silnika należyte uwzględnienie warunków ruchu w zakładzie przemysłowym, więc czy to ma być ruch tymczasowy, czy stały, czy więc stosowane ma być urządzenie wymagające kosztownych i ciężkich fundamentów, kominów murowanych i t. p. czy też urządzenie typu przenośnego, jak lokomobila. Np. tartak budowany w centrum dużego, zagospodarowanego kompleksu lasów, obliczony na produkcję normalnego rocznego wyrębu drzewa, ciężących do niego drzewostanów, rozporządzający odpowiednią siecią kolejek leśnych, posiadać powinien inne urządzenia, niż ten sam tartak o charakterze tymczasowym, obliczonym na wyeksploatowanie pewnego, choćby bardzo dużego obszaru leśnego. Oczywiście, że w każdym z tych dwóch wypadków koniecznem jest doskonałe i całkowite zużytkowanie niemających innego zbytu trocin i odpadków drzewnych przy przeróbce na energię mechaniczną czy elektryczną i znalezienie na nią konsumenta w tej czy innej postaci, w tym celu stosowanie możliwie doskonałego silnika, a niezadawanie się silnikiem choć prostym, ale o dużym rozchodzie paliwa i niedającym nadwyżki energii pod pozorem trudności jej zbytu.

Duże straty przynosić może nieodpowiedni wybór silnika, gdy zachodzi potrzeba, dzięki charakterowi zakładu, częstego uruchamiania go w ciągu dnia a pozatem utrzymywania go w gotowości do uruchomienia. Tutaj silniki spalinowe z generatorami lub parowe, szczególnie ze stałymi kotłami, które choć same przez się pracują oszczędnie, wykażą duży rozchód paliwa na pokrycie strat, niezwiązanych z bezpośrednią produkcją energii, wobec tego korzyści stosowania silnika elektrycznego lub, zależnie od warunków, pędzonego paliwem płynnym wystąpią w całej pełni.

Dziś ma jeszcze miejsce jaskrawe współzawodnictwo pomiędzy silnikiem parowym tłokowym i wirnikowym i poglądy w tej dziedzinie nie są

jeszcze ustalone. Powiedziałbym jednak, że pod tym względem, wobec równoważących się zalet i wad tych silników, jeżeli chodzi o moc do 600—800 *kW*, decyduje przede wszystkim zastosowanie wytwarzanej energii. Wszędzie tam, gdzie energia zamieniana jest na elektryczną, gdzie służy do napędu maszyn roboczych wirnikowych, tam pierwszeństwo ma i mieć musi silnik wirnikowy czyli turbina. I tu przyznać trzeba, że o coraz większym zastosowaniu turbiny stanowi nie tylko jej rozwój, ale w większej jeszcze mierze rozwój elektotechniki, z maszyną parową walczy nie tylko turbina, ale i silnik elektryczny. Elektryfikacja zakładu wprowadza za sobą turbinę, ale jednocześnie zastosowanie turbiny pociąga za sobą elektryfikację urządzeń. Poza to wpływ na wybór silnika parowego widzimy w ogromnym rozwoju już nie tylko pomp odśrodkowych, które coraz skuteczniej walczą z pompą tłokową, ale przede wszystkim dmuchaw i sprężarek powietrznych, tak powszechnie używanych w dużych jednostkach w hutnictwie. Zamiast olbrzymich, ciężkich, wolno idących dmuchaw i sprężarek tłokowych, stosuje się coraz częściej małą, szybkobieżną, o znacznym wydatku sprężarkę czy dmuchawę wirnikową, których sprawność oraz własności w tym współzawodnictwie coraz lepiej dostosowują się do wymagań przemysłowych. Tutaj więc, przy zastosowaniu urządzeń wirnikowych, jedynie wskazanym jest napęd od turbiny parowej albo przy mniejszych jednostkach — od elektromotoru.

Tem niemniej silnik tłokowy ma jeszcze szerokie pole zastosowania wszędzie tam, gdzie chodzi o napęd powolny wielkich mas, o nagłe przyspieszanie lub opóźnianie, o napęd cięższych pędni czy maszyn, szczególnie przy średniej mocy, walczy on w tym zakresie z wycięsko z turbiną parową. Zbyt pewną w ruchu jest maszyna parowa, znosząc z łatwością wszelkie kaprysy zakładów przemysłowych pod względem zmian obciążeń i przeciążeń, niedopatrzeń nieinteligentnej obsługi, łatwości napraw, jakości i ilości potrzebnej wody, a przytem wszystkim dając mniejszy od turbiny rozchód paliwa, by we właściwej sobie sferze zastosowań, mimo rywalizacji przy małej mocy z silnikiem elektrycznym, przy większej z turbiną parową, nie znajdować jeszcze powszechnie w przemyśle właściwego uznania.

Lecz, jak już w poprzednich rozdziałach była mowa, mimo najlepszych wyników zamiany ciepła na pracę w silniku, przeważająca ilość ciepła nie zostaje dla tej zamiany wyzyskana i stanowi poważne obciążenie kosztów ruchu. Dziś więc przy rozstrzygnięciu wyboru silnika nie powinna być pominięta żadna z możliwości technicznych czy handlowych wyzyskania ciepła odlotowego silnika, gdyż dobre rozstrzygnięcie tego zagadnienia da bez porównania lepsze wyniki eksploatacji, niż zastosowanie najbardziej ekonomicznie pracującego silnika.

Wyzyskanie ciepła odlotowego jest najłatwiejsze przy silnikach parowych i to stanowi jeden z ich cennych przymiotów w stosunku do innych

rodzajów silników np. gazowych lub ropowych, przy których małym nakładem można wyzyskać tylko wodę ciepłą o względnie niskich temperaturach, podczas gdy urządzenia dostarczać mogące ciepła przy wyższych temperaturach są kosztowne, stąd mogą mieć zastosowanie tylko przy większej ilości dużych silników gazowych (huty).

Przy urządzeniach parowych należy zawsze mieć na uwadze dwie, pod tym względem możliwości: po pierwsze przy użyciu pary niskoprężnej należy dążyć do wytworzenia jej przy wysokim ciśnieniu, a następnie do wyzyskania różnicy prężności do wykonania energii mechanicznej, która w tym wypadku będzie niemal darmo i przy pomocy której zastąpić można energię pobieraną do zakładu zzewnątrz lub zmniejszyć produkcję we własnej centrali, a powstały jeszcze nadmiar powinno się starać zbyć nazewnątrz do innych zakładów przemysłowych, mieszkań prywatnych i t.p.; po drugie, odwrotnie ciepłem odlotowym silników powinno się zastępować parę świeżą, która nie powinna być nigdy bezpośrednio używana do celów ogrzewniczych, zaś nadmiar ciepła może być chwilowo magazynowany w zasobnicach lub odstępowany sąsiednim zakładom przemysłowym do celów technologicznych, ogrzewniczych, suszarniczych, kąpielowych i t.p.;

Następująca tablica podaje zapotrzebowanie mocy i ciepła dla kilku rodzajów przemysłu o dużym zapotrzebowaniu ciepła w odniesieniu do jednostki produkcji oraz moc, która może być odstąpiona nazewnątrz przy doskonałym wyzyskaniu ciepła, t. zn. w tym wypadku, gdy wszystka para świeża przechodzi najpierw przez maszynę parową, by jako odlotowa być całkowicie zużytkowaną do celów grzejnych.

Rodzaj produkcji	W odnie- sieniu do	Zapotrzebowanie własne		Do odstąpienia KMh
		mocy KMh	ciepła w kg pary	
Cukier	1 kg	0,2	5,5	0,7
Spirytus	1 ltr	0,2	8	1,1
Pralnie	1 kg	0,3	10	1,4
Drożdże	1 kg	0,8	18	0,8
Klej	1 kg	0,8	30	4,2
Kąpiele	1 kąpiący się	0,5	50	7,7

Oczywiście nie jest to sprawą łatwą w każdym wypadku tak dobrać zapotrzebowanie ciepła i energii mechanicznej by te dwie pozycje, uzupełniając się, dawały całkowite wyzyskanie ciepła, sprawa ta musi się posuwać krok za krokiem naprzód, lecz nie wolno minąć żadnej okazji, by przy przebudowie czy przy nowym projekcie nie próbować zastosowania tego racjonalnego wyzyskania ciepła.

W większych skupieniach przemysłowych, w wielkich miastach, różnorodność zakładów w sąsiedztwie ułatwia znalezienie zbytu na energję i ciepło we właściwym do siebie stosunku. Zakłady użyteczności publicznej jak kąpiele i łaźnie, szpitale i szkoły, rzeźnie i gazownie, potrzebujące przede wszystkim energii cieplnej skupiane być powinny w okolicach elektrowni, wykorzystujących z ciepła tylko energję mechaniczną. Podobnie i przemysł chemiczny w wielu wypadkach doskonale się uzupełnia pod tym względem z przemysłem mechanicznym. Celowe wciągnięcie w jedno koło konsumcji odbiorców ciepła i pracy, czy to w obrębie jednego zakładu czy szeregu obcych urządzeń, może decydująco wpłynąć na wybór tego lub innego silnika i dać znakomity wynik pod względem gospodarki cieplnej.

W tych znów wypadkach, gdy silnik został celowo zastosowany i należyte wyzyskany, powinno się mieć na uwadze stan jego oraz urządzeń pomocniczych, by nie miały miejsca żadne dodatkowe straty, dające się uniknąć, a powstałe wskutek złego utrzymania urządzenia.

Pod tym względem silniki Diesela czy gazowe rzadziej dają powód do większych zarzutów, gdyż wadliwe warunki pracy, albo są widoczne, więc łatwiej dają się usunąć albo przy złym stanie silnik wręcz odmawia posłuszeństwa przez zmniejszenie swej mocy lub niemożność uruchomienia go; pozatem takie zaniedbania, jak osadzenie się grubszej warstwy kamienia we łbicy lub płaszczu, prowadzą do pęknięć, a przede wszystkim silniki te wymagają lepszej, inteligentniejszej obsługi, dającej większą pewność co do właściwego obchodzenia się.

Inaczej jest z silnikami parowymi, szczególnie z tłokowymi, gdzie przy bardzo złym nawet stanie urządzenie parowe swe funkcje może wypełniać poprawnie (np. wytarcie cylindra, zły rozrząd, brak łopatek na szeregu wyników i t. p.), tylko kosztem wielkiego rozchodu paliwa.

Jedną z najsłabszych stron urządzeń parowych są rurociągi, doprowadzające parę świeżą do silników lub parę grzejną do odpowiednich miejsc zapotrzebowania ciepła. Rurociągi istniejące, o ile dają nadmierne straty, to powodem tego są trzy przyczyny: złe wymiary, złe otulenie i niezupełne otulenie. Pod wymiarami rurociągu rozumieć należy średnicę, której dobór ma ogromne znaczenie dla przyszłych strat cieplnych. Z jednej strony, przy zbyt dużej średnicy są duże straty na promieniowanie, przy zbyt małej — rosną straty ciśnienia przy przepływie. Z punktu widzenia gospodarki cieplnej średnica przewodu powinna być możliwie mała, a prędkość możliwie duża, stąd dążenie do podniesienia ciśnienia dolotowego do rurociągu, a do obniżenia — odlotowego, oczywiście w związku z innymi czynnikami. W tych wypadkach, gdy w ciągu okresów dnia lub roku pobierane są skrajnie różne ilości pary, np. zimą do ogrzewania duże ilości, zaś cały rok do celów fabrykacyjnych — niewielkie, słusznem będzie urządzenie dwóch odrębnych rurociągów, do każdego celu odpowiednio dobranych.

Powodem bardzo poważnych strat cieplnych jest złe otulanie rurociągów parowych od promieniowania ciepła, straty te, przez odpowiednie zabezpieczenie można znacznie zredukować, a ilości ciepła, jakie promieniają z rurociągu, są bardzo znaczne. Np. rurociąg na parę przegrzaną o temperaturze 250°C przy średnicy rury 203/216 mm wypromieniowuje z 1 m^2 $3600\text{ kkal/m}^2\text{h}$ czyli ilość pary wyprodukowaną przez spalenie prawie 1 kg węgla, podczas gdy przy dobrych otulinach, o grubości 60 mm, ilość promieniującego ciepła spada do $400\text{ kkal/m}^2\text{h}$ czyli prawie dziesięciokrotnie.

Do niedawna rzadkie były wypadki izolowania kołnierzy rur i zaworów, dziś przy wprowadzaniu coraz większych oszczędności, a przede wszystkim przy zwiększaniu długości rurociągów w związku z przesyłaniem ciepła na większe odległości, coraz rzadszy jest wypadek nieosłaniania tych części.

Przy temperaturze pary nasycanej 200°C i średnicy przewodu 100 mm stosunkowe straty są następujące

	rurociąg otulony	nieotu- lony
1 m przewodu 100 mm \varnothing	11 %	100 %
1 para kołnierzy	2,3 %	23 %
1 zawór 100 mm \varnothing	8 %	77,5 %

Obawa otulania kołnierzy ze względu na możliwą nieszczelność połączenia jest nieuzasadniona, przy dobrym wykonaniu kołnierzy z wpustką i dobrym szczeliwie, wypadki nieszczelności połączeń są tak rzadkie, że w żadnym razie nie usprawiedliwiają narażania urządzenia parowego na straty ciepłe w związku z nieotulaniem kołnierzy.

Ostatnio, aby uniknąć kołnierzy, dających duże straty ciepłe i wymagających nadzoru, coraz częściej stosuje się z najlepszym skutkiem, szczególnie przy dłuższych przewodach, rurociągi spawane, gładkie. Mają one jednak tę ujemną stronę, że powodują trudności z demontowaniem rurociągu oraz dołączeniem nowych, nieprzewidzianych odgałęzień.

Materiał na otuliny dobrany być powinien stosownie do temperatur panujących w przewodzie i do charakteru urządzeń, w każdym razie otulanie nawet pospolitemi i tanimi materiałami, jak np. warkoczami ze słomy z gliną, dają ogromne oszczędności.

Długość rurociągów powinna być możliwie mała i wszędzie tam, gdzie dzięki decentralizacji napędu parowego istnieje szereg mniejszych silników parowych, należy dążyć do jego centralizacji i uruchamiania poszczególnych, odległych i rozrzuconych urządzeń w ten sposób, żeby przesyłanie energii odbywało się przy minimalnych stratach (najlepiej elektryczność, gorzej już jest przy sprężonym powietrzu).

Słabą stroną starszych, rozgałęzionych urządzeń ciepłych w zakładach przemysłowych stanowią przewody ze skroplinami z t. zw. automatów, odprowadzających wodę z aparatów grzejnych i odwadniaczy, posiadającą nieraz wcale wysoką temperaturę. Pomijając sprawę rzadko należyć pracujących automatów i przepuszczających razem z cieczą parę, podkreślić należy wagę odpowiedniego wykorzystania gorących skroplin do zasilania kotła lub do celów grzejnych. Dać to może bardzo widoczne wyniki, jak wskazuje rachunek, potwierdzany przez liczne przykłady; szczególnie dobre wyniki daje to tam, gdzie ilość skroplin w związku z rodzajem produkcji jest duża.

Te wszystkie urządzenia dodatkowe do silników parowych, jak zbiorniki, odwadniacze, rurociągi i t. p. są powodem dużych strat, których usuwanie stanowi wdzięczne pole do pracy inżyniera ciepłego.

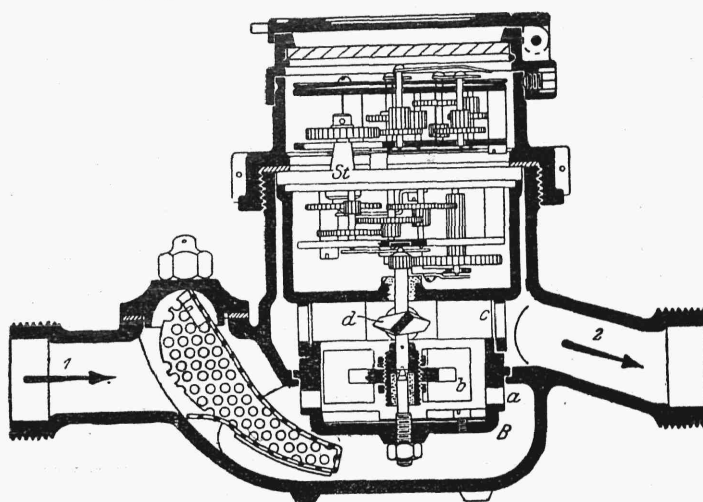
Lecz nietylko te urządzenia pomocnicze wymagają ciągłej kontroli, również sam silnik tego czy innego systemu, choć doskonale zastosowany, pracując stale, podlega zużyciu, poddawany jest drobnym pozornie naprawom, które jednak powodują nieraz istotną zmianę warunków pracy, z których obsługa nie zdaje sobie sprawy i t. d., więc musi być sprawdzany czy pracuje w swem możliwym „optimum“.

Chcąc mieć pewność, że całe urządzenie ciepłe takie jakie jest, stare czy nowe, zastosowane dobrze czy źle, pracuje w najlepszych i raz dla siebie ustalonych warunkach, należy prowadzić t. zw. kontrolę ciągłą przy pomocy notowania wyników obserwacji szeregu instrumentów lub przy pomocy automatycznego ich rejestrowania; wskazania te, choć nieścisłe, posiadają dużą wartość względną i sygnalizują wszelkie powstające odchylenia od warunków normalnych.

W kotłowni podlegać powinny kontroli następujące wielkości: ilość wtłoczonej wody do kotła, ilość spalonego węgla, ilość wygarniętego żużla i popiołu, temperatura wody przed i za ekonomizerem, ciśnienie pary w kotle i jej temperatura po wyjściu z przegrzewacza, temperatura spalin w czopuchu i ciąg w kotle, wreszcie ilość pary produkowanej przez kocioł i skład chemiczny spalin.

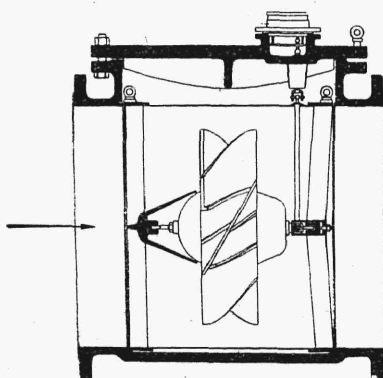
Wielkości te odczytywane są co pewien czas, np. co pół godziny, lub nawet rzadziej przez obsługę lub, co jedynie daje ciągłość obserwacji i niezależność od złej woli czy nieuwagi notującego, przy pomocy samozapisujących aparatów. Ciśnienie i temperatura pary mogą być odczytywane przez palacza, gdyż zmusza go to do baczniejszej obserwacji tych zmienionych wielkości, a jednocześnie odczyty te są kontrolowane równolegle przez zapisy przy silniku parowym, dokonywane przez maszynistów. Lepiej jest oczywiście i te wielkości notować automatycznie."

Węgiel notuje waga automatyczna, jednego z wielu systemów i to oddzielnie ilość węgla wprowadzaną do kotłowni, oddzielnie ilość spalaną przez kocioł lub grupę kotłów.



Rys. 39.

Wodę mierzy się przy pomocy wodomiaru, dostosowanego do warunków pracy. Bywają one skrzydełkowe (Siemens — rys. 39), śrubowe (Woltmann — rys. 40), tłokowe (Schmidt — rys. 41, Kennedy — rys. 42 i t.p.) i dyszowe (Venturi — rys. 43). Wodomiarzy dają wyniki spostrzeżeń niepewne, pozatem w tłokowych — woda styka się ze smarami.



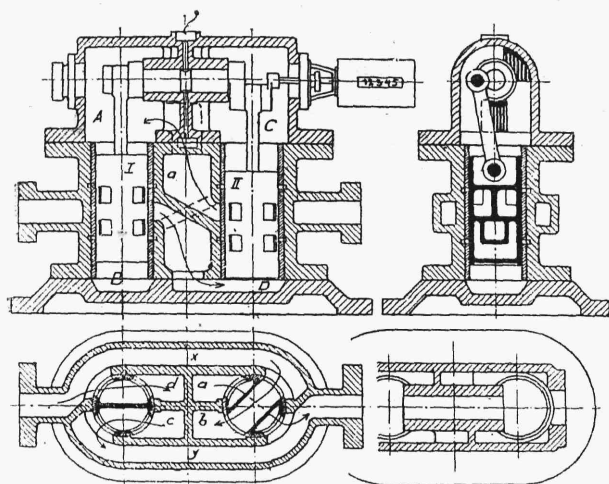
Rys. 40.

Przy wyborze systemu wodomiaru kierować się można następującymi wskazówkami: przy oznaczaniu małych ilości wody dobre wyniki daje stosowanie wodomiarów skrzydełkowych, dla dużych, zamiast wiatraczków — stosować się powinno osiowo umieszczone skrzydełka śrubowe (Woltmann), dające znikomo mały opór.

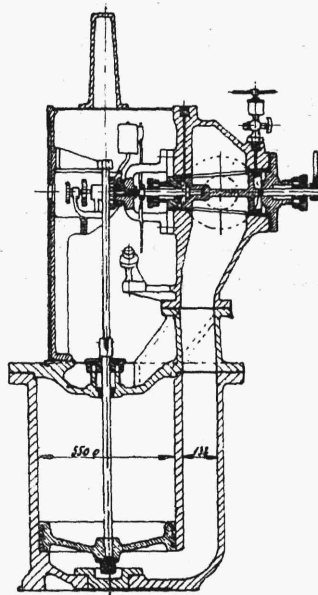
Przy równomiernym a dużym przepływie i stosunkowo czystej wodzie, aby nie miało miejsca zatykanie się przewodów, prowadzących do piezometru — można stosować wodomiarzy z dyszą (Venturi), przy małych ilościach przepływu dławienie w przekroju zwężonym powoduje większe straty. Wodomiarzy tłokowe mimo swej dokładności dającej błędy $\pm 1\%$, ze względu na swe wymiary i cenę wysoką, stosuje się tylko w mniejszych urzą-

dzeniach. Łatwość powstawania nieszczelności przez wycieranie się części ruchomych, możliwość uderzeń wody wskutek perjodyczności ich ruchu i wrażliwość na zanieczyszczenia wody ograniczają sferę ich zastosowania.

Proste, dające się łatwo wzorcować, a dokładnie wskazujące są wodomiarzy wagowe, w których woda wypełnia to jedno to drugie, umieszczone na końcach równoramiennej dźwigni, naczynie kształtu niecki, które, po wypełnieniu się wodą, przeważa swym ciężarem dźwignię, przechyla się



Rys. 41.

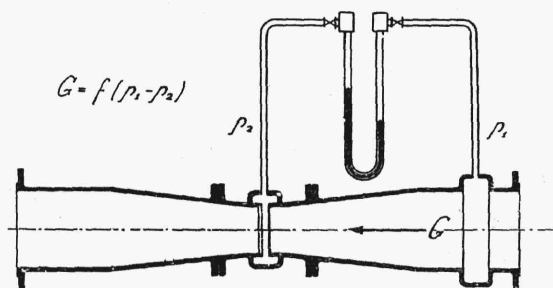


Rys. 42.

i opróżnia, kierując jednocześnie strumień do drugiego naczynia, poczem gra się powtarza (Steinmüller). Wodomiarzy te niezawodne w ruchu nadają się równie dobrze do małej jak i dużej ilości wody. Ujemną stroną tych wodomiarów stanowi znacznie większe ich wymiary, stykanie się wody z powietrzem i nieznaczne studzenie się jej.

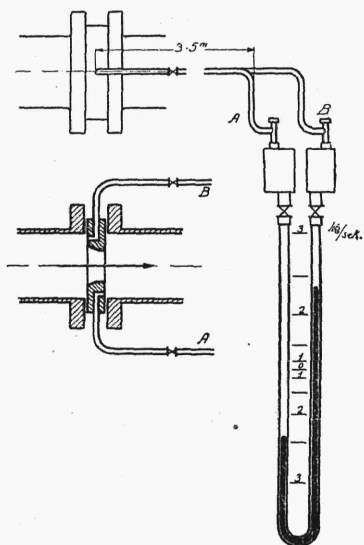
Temperatury doskonale i pewnie mierzy się w dużych granicach i rejestruje przy pomocy termoelementów złożonych z metali półszlachetnych (konstantan - żelazo, nikielchrom lub miedź - żelazo i t. p.) z milivoltmetrem. Dziś te urządzenia są dokładne, w warunkach pracy kotłowni — trwałe, stosunkowo ta

nie, a niezmiernie dogodne w użyciu.

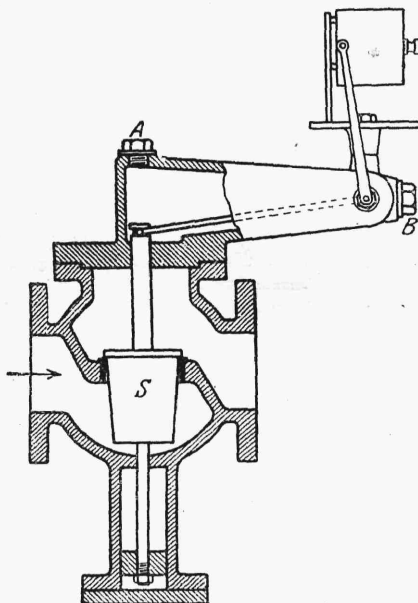


Rys. 43.

Ilość wytwarzanej w kotle pary oznaczona być może przez pomiar różnicy ciśnienia (rys. 44) przy przepływie pary przez zwężenie przekroju na przewodzie, która jest zależną od tej ilości (Gehre). Ilość przepływającej pary można oznaczać również przez pomiar wysokości uniesienia się grzybkowego zaworu (rys. 45), osadzonego w specjalnym gniazdku i porównanego przez strumień pary, wysokość podnoszenia się jest zależną od prędkości przepływu, a więc i od ilości przepływu. Istnieje szereg przyrządów budowanych masowo na tych zasadach, wszystkie one odpowiednio zastosowane do ilości przepływającej pary, zmienności obciążenia, średnicy rurociągu i t. d. dają wskazania, mogące doskonale służyć do bieżącej kontroli ruchu, nawet do ustalenia premjów, lecz oczywiście zawsze obarczone pewnym błędem, który przy bardzo nieregularnym pobieraniu pary z kotła może być znaczny, decydujący o celowości tego rodzaju pomiarów.



Rys. 44.



Rys. 45.

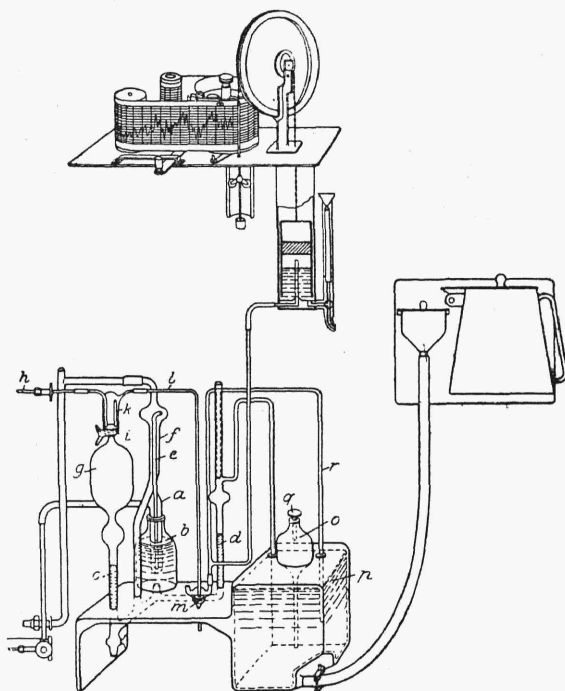
Podobnie jest z kontrolą spalania przez automatyczną analizę spalin. Istnieje szereg przyrządów budowanych na trzech zasadach: różnego chemicznego powinowactwa składników spalin, ich różnego ciężaru właściwego i różnej przewodności cieplnej.

Aparaty oparte na zasadzie chemicznej działają w ten sposób, że pewną odmierzoną objętość spalin wprowadzają w zetknięcie z odczynnikami, który pochłania bezwodnik węglowy; różnica wykryta przy ponownym zmierzeniu objętości daje zawartość CO_2 . Dzieje się to w sposób automa-

tyczny, jak również i rejestracja wyników pochłaniania. Jako odczynnika używa się najczęściej ługu potasowego, choć używane jest również wapno sodowane (Pintsch). Objętość spalin mierzy się w miernicy (birecie), zamkniętej wodą, gliceryną lub rtęcią lub w gazomierzu. Konstrukcja wykonana jest ze szkła i gumy, choć ostatnio coraz częściej zastępuje się te materiały żelazem. Napęd tych analizatorów odbywa się przy pomocy wody, dopływającej z wodociągu lub zbiornika, albo przy pomocy sprężonego powietrza.

Aparaty tej grupy (A d o s, E k o n o g r a f, D e b r o, M o n o i t. p.) doprowadzone do dużej doskonałości, mają mimo to szereg wad, jak pewne przesunięcie co do czasu we wskazaniach wyniku analizy względem chwili pobrania próbki, są mało dostępne dla palacza ze względu na formę w jakiej się mu ukazują wyniki analizy, dzięki czemu są one raczej aparatami kontrolnymi dla kierownika ruchu kotłowni, aniżeli dla palacza. Następnie wymagają stałej opieki inteligentnego personelu w związku z kontrolą połączeń gumowych na ich szczelność, czyszczeniem przewodów do spalin, utrzymaniem poziomów cieczy na właściwej wysokości, zmianą odczynnika, czyszczeniem filtrów i t. p.

Sposób działania jednego z takich przyrządów, mianowicie Mono przedstawiony jest na rys. 46. Przyrząd ten składa się z urządzenia do pochłaniania badanego gazu i z samozapisującego przyrządu. Urządzenie do pochłaniania gazu uruchamiane jest przy pomocy wody pod ciśnieniem, która przepływa przez zaworek regulujący i rurkę *a* do butelki *b*, napełnionej rtęcią i wciska rtęć do rurek *c*, *d*, *e* i *f*. Rurka *c* u góry jest rozszerzona jako miernica *g*, w której mierzy się objętość badanego gazu. Rurka *d* łączy się z powietrzem zewnętrznym, zaś *e* prowadzi do rozszerzonego miejsca rurki *f*. Dolna część rurki *e* połączona jest pośrednio z rtęcią w bu-



Rys. 46.

telce *b* i dochodzi do dna wewnętrznego zbiornika *a*. Zbiornik ten umieszczony jest w naczyniu *b* w ten sposób, że poziom rtęci w rurce *e* jest wyższy niż w *d* lub *f*. Przy dalszym wzroście ciśnienia rtęć wypływa ze zbiorniczka *a*, przechodzi do rurki *e* i dalej w dół *f*, a przez otwartą teraz rurkę *e* woda połączona jest z atmosferą. Nadprężność w butelce *b* spada i rtęć spływa z rurek *c* i *d* z powrotem do butelki *b*, dopóki część tej rtęci nie przejdzie do wewnętrznego naczynia *a* i nie zamknie dolnego wylotu *e*, wówczas połączenie wody z atmosferą jest odcięte, ciśnienie w butelce *b* wzrasta i rtęć przechodzi ponownie do rurek *c*, *d*, *e* i *f*, poczem powyższe powtarza się od początku. Jak widać ma tu miejsce kolejne podnoszenie się i opadanie rtęci, co jest wykorzystane w przyrządzie w następujący sposób: przy opadaniu rtęci gaz jest zasysany przez filtr i rurkę *h*, następnie przez zamknięcie rtęciowe *i* i rurkę *k* przechodzi do miernicy *g*, gdzie mierzy się objętość gazu przy stałym ciśnieniu i temperaturze. Gdy poziom rtęci podniesie się, gaz z miernicy *g* jest wypychany przewodem *l* przez zamknięcie rtęciowe *m* i rurkę *n* do zbiornika *o*, napełnionego płynem pochłaniającym. W zbiorniku tym pochłaniany jest bezwodnik węglowy, a pozostała część rurką *p* przechodzi pod dzwon urządzenia pomiarowego, oddzielonego od atmosfery przy pomocy zamknięcia gliceryną. Swobodnie wiszący dzwon pomiarowy pod wpływem dopływającego gazu podnosi się lub opada poruszając koło, zahaczające w końcu całkowitego obrotu o drugie większe koło; na tym ostatnim na metalowym łańcuszku umocowany jest rysik, który kreśli pionowe linie na papierze nawiniętym na bębnie, który się porusza pod wpływem mechanizmu zegarowego. Dolny punkt nakreślonej linii podaje procentową zawartość pochłanianego gazu w stosunku do ilości gazu zassanego do miernicy *g*. W czasie zasysania gazu do miernicy rurka *q* połączona jest z atmosferą, wobec czego gaz ulatnia się z pod dzwona, który wraca do początkowego położenia.

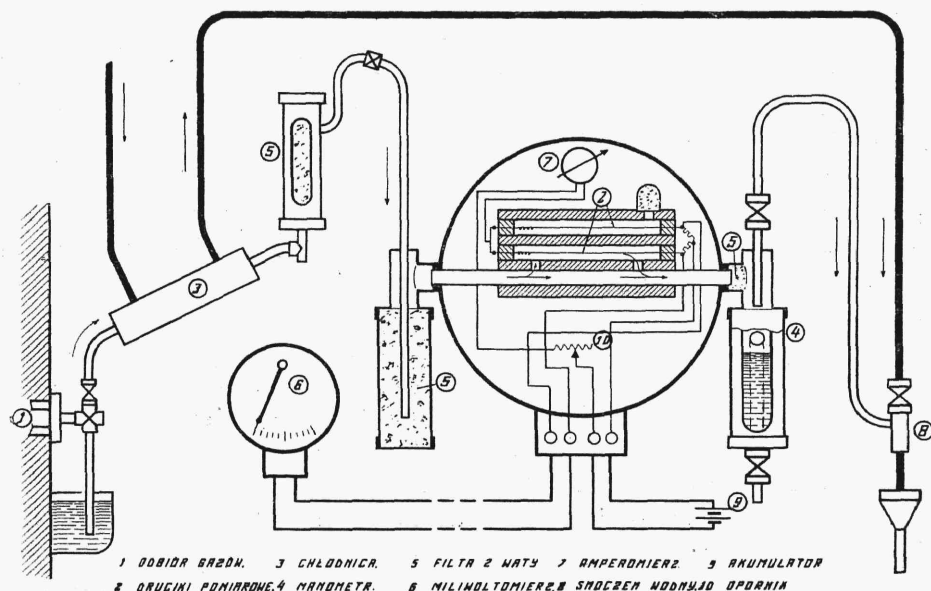
Dziś są już tego typu przyrządy, które po za bezwodnikiem węglowym pozwalają także wykryć i zarejestrować obecność w spalinach tlenu węgla, a to w ten sposób, że spaliny po analizie na CO_2 zostają skierowane do rurki kwarcowej z CuO , ogrzewanej elektrycznie, gdzie tlenek węgla zostaje spalony, a powstała zmiana objętości daje miarę zawartości CO (D u p l e x — M o n o).

Po za przyrządami działającymi na zasadzie chemicznej weszły dziś ponownie w użycie przyrządy wykazujące skład spalin na podstawie ich własności fizycznych, lecz na innych zasadach budowane niż dawniej, waga L u x a, aparaty K r e l l a i t. p.

Inna grupa przyrządów opiera się na zasadzie wyzyskiwania różnicy gęstości dwóch strumieni o dużej prędkości: spalin i powietrza, wprowadzanych w ruch jednostajnie poruszaniem wentylatorami. Wstawione w prąd

tych dwóch gazów dwa wiatraczki dają różnicę momentów, zależną od gęstości spalin, więc od procentowej zawartości CO_2 , która przenosi się przy pomocy systemu dźwigni na wskazówkę i podziałkę, wzorcowaną w procentach CO_2 (R a n a r e x A. E. G.).

Osobną grupę stanowią przyrządy budowane na tej zasadzie, że powietrze i bezwodnik węglowy posiadają różną przewodność ciepła, jeżeli bowiem dla powietrza przewodnictwo = 100, to dla CO_2 tylko 59, im więc większa procentowa zawartość w spalinach CO_2 , tem gorzej one przewodzą ciepło w porównaniu z powietrzem (Cambridge Instrument Co.).



Rys. 47.

Ta własność bezwodnika węglowego wykorzystana jest do analizy spalin w następujący sposób (Shakespeare). Ściśle w osi dwu kanałów o okrągłym przekroju (rys. 47) umieszczone są dwa cienkie platynowe druty (2), przyczem w jednym z tych kanałów mieści się powietrze, przez drugi zaś przepływają badane spaliny. Ścianki obydwu kanałów są metalowe. Ponieważ platynowe druty posiadają jednakowe wymiary, a więc przy danej temperaturze i jednakowy opór elektryczny, to gdy płynąć będzie przez nie prąd o równym natężeniu, drucik w atmosferze spalin, wskutek gorszego przewodzenia ciepła przez spaliny nazewnątrz, nagrzej się więcej aniżeli drugi, otoczony powietrzem. Wskutek zmiany temperatury drucika zmieni się też jego opór elektryczny, jeżeli więc obydwa druciki będą włączone w odpowiednie gałęzie mostka Wheatstonea, to przy jed-

nakowem natężeniu prądu napięcie w obu drucikach będzie różne i ta różnica będzie tem większa im więcej się różnią ich temperatury. Różnica napięć obydwuch drucików mierzona jest miliwoltomierzem (6), którego podziałka podaje wprost procentową zawartość bezwodnika węglowego w spalinach. Prąd otrzymuje się z akumulatora (9), natężenie jego wskazywane amperomierzem (7) może być regulowane przy pomocy opornika (10).

Na końcu każdego drucika przylutowana jest platynowa sprężynka, która utrzymuje go ściśle w osi kanałów, niezależnie od wydłużania się przy nagrzewaniu.

Spaliny zasysane są z kanału dymowego (1) przy pomocy pompki smoczkowej (8), ochłodzone następnie w chłodnicy (3) wodą, płynącą do tej pompki przez filtry (5), przechodzą do wyżej opisanej, zasadniczej części aparatu. Filtry (5) napełnione watą szklaną mają na celu zatrzymanie sadzy. W celu zmniejszenia prędkości przepływu spalin pomiędzy filtrami (5) przepuszcza się je przez otwór o ∞ 1 mm prześwitu. Manometr (4) wskazuje spadek ciśnienia w przyrządzie; spadek ten można regulować przy pomocy kurka umieszczonego nad manometrem. Manometr składa się z kolanka szklanego, pogrążonego jednym końcem w rurce szklanej z gliceryną. Różnica poziomów wewnątrz i zewnątrz kolanka daje nam wielkość podciśnienia.

Te obie ostatnie grupy przyrządów do analizy gazów nie wymagają odczynników absorbujących, które musiałyby być wymieniane, prostsze jest ich urządzenie i łatwiejsza obsługa, dają szybciej wynik analizy, wskazując go stale przy pomocy dużej wskazówki na tarczy w sposób wyraźny dla palacza, natomiast aparaty te są bardzo wrażliwe na źle oczyszczone z sadzy spaliny, a wskazania są mniej pewne od tych, jakie dają analizatory chemiczne.

Wszystkie odczytywane w kotłowni wielkości, charakteryzujące warunki pracy urządzenia, notować się powinno tabelarycznie i w postaci raportu dziennego z uwagami o dokonanych w ciągu dnia poprawach, zauważonych niedokładnościach i długości okresu pracy każdego kotła, doręczane kierownictwu ruchu. Schemat takiego raportu kotłowni musi być dostosowany do warunków ruchu, wielkości i rodzaju urządzeń danego zakładu. Tą jedynie drogą zebrane dane za dłuższy okres czasu mogą posłużyć jako materiał do oceny gospodarki cieplnej kotłowni, do wprowadzenia zmian, ulepszeń i rozbudowy.

Naturalnie, że w tej pierwotnej postaci otrzymane liczby do bezpośredniego użycia się nie nadają, musi być im nadana inna forma, pozwalająca na łatwe wysnuwanie ogólniejszych wniosków. Niestety, w wielu bardzo wypadkach ta druga część pracy nie jest wykonywana, raporty są składane na półkach, bez właściwego ich zużytkowania, a przez to statystyka właściwie mija się z celem.

Do wyzyskania tak zebranych cyfr przez zapiski personelu niższego jedyną jest droga wykreślna, polegająca na tem, że zależnie od wielkości urządzenia i jego potrzeb, dane te ujmuje się w postaci szeregu krzywych wykreślonych na milimetrowym papierze w zależności od czasu i to jeden arkusz musi obejmować dłuższy okres, tygodniowy, lepiej pół lub cało-miesięczny. Czy obliczać poszczególne rzędne krzywych dla odstępów godzinnych, zmianowych, dziennych i t. d. zależy to wyłącznie od warunków pracy kotłów i o tem musi rozstrzygać kierownik ruchu, pożądanem jest jednak, by rzędna jako średnia nie odbiegała w swej wartości zbyt od wartości odczytywanej czyli brać należy średnią z okresu mniej więcej stałych obciążeń; np. tramwaje, mające ruch dzienny i nocny, każdy z nich przy stałym prawie, choć innem obciążeniu, nie mogą brać średniej za całą dobę i t. p.

Do najważniejszych z notowanych wielkości należą: odparowanie wody D , rozchód paliwa B i stosunek D/B oraz czynniki, które tłumaczą taką czy inną wartość tego stosunku: obciążenie kotła, temperatura wody zasilającej kocioł oraz skład chemiczny spalin, ciąg i temperatura w czopuchu. Jeżeli urządzenie ma wytwarzać stale tej samej jakości parę, krzywa ciśnienia i temperatury pary posiada znaczenie dla kontroli personelu i jako materiał do obliczenia premji.

Ważne są bardzo sporadycznie przeprowadzane oznaczenia zawartości opałowej węgla oraz zawartości części palnych w popiele i żużlu. Te ostatnie straty nieraz są bardzo duże, a oszczędności spowodowane przez zmniejszenie tych strat stanowić mogą bardzo poważną rubrykę w rozchodzie węgla.

Do koniecznych badań kontrolnych, szczególnie przy stosowaniu nowoczesnych kotłów ze stromemi opłomkami o małym prześwicie, należy w najprostszy choćby sposób przeprowadzone co pewien czas oznaczanie twardości wody zasilającej kocioł. Daje się wykonywać przy pomocy tanich urządzeń, zazwyczaj dwóch miernic, mydła Clarka, normalnego roztworu kwasu solnego, ługu i sody oraz indykatorów w postaci fenolftaleiny i metyloranzu. (Patrz niżej). W starszych szczególnie urządzeniach grzeszy się na tem polu bardzo wiele, mimo, że aparaty zmiękczające wodę są czynne, sposób ich prowadzenia bez żadnej kontroli przez lata całe pociąga tylko rozchód sody i wapna, wyniki zaś zmiękczenia wody są znikome.

W ostatnich czasach, wobec wprowadzenia przy zastosowaniu turbin parowych zasilania kotłów parowych skroplinami, więc wodą destylowaną, zapotrzebowanie wody zasilającej zostało sprowadzone tylko do pokrywania tych ilości, jakie uszły przez nieszczelności lub odparowały, co wynosi średnio około 5—10% zapotrzebowania ogólnego wody. Przy tak zmniejszonym rozchodzie wody i potrzebie utrzymania jej niskiego stopnia twardości ze względu na nowoczesne typy kotłów, stosuje się coraz częściej za-

miast aparatów do zmiękczenia wody aparaty do destylacji wody. Aparaty te, dzięki zastosowaniu parokrotnego odparowania — pracują oszczędnie, przyczem 1 kg pary świeżej dostarcza 2,5 — 3,5 kg destylatu.

W podobny sposób jak w kotłowni prowadzona być powinna kontrola i w maszynowni, co jednak jest łatwiejsze ze względu na wyższy poziom umysłowy personelu i większą doskonałość stosowanych tu przyrządów mierniczych, przede wszystkim elektrycznych.

Po za mierzeniem przy pomocy wodomierza skroplin z turbiny lub przy pomocy paromierza ilości pary dopływającej do maszyny parowej, należy kolejno notować obciążenie silnika, o ile jest ono elektryczne—to przez notowanie mocy elektrycznej, w innym wypadku—przez notowanie wielkości proporcjonalnej do chwilowego obciążenia silnika, następnie ciśnienie i temperaturę pary świeżej, ciśnienie, względnie tenperaturę pary odbieranej i jej przeciwciśnienie oraz temperaturę wody chłodzącej; mniejsze znaczenie, raczej dla kontroli personelu niższego, posiada notowanie temperatury skroplin i wody chłodzącej na odpływie, temperatury i ciśnienia oliwy. Ważną kontrolę, w szczególności skraplacza na jego szczelność, stanowi badanie skroplin na twardość.

Pożądane jest by każdy z silników, podobnie jak to się dzieje w kotłowni, posiadał swą książkę, do której wpisywane byłyby wszelkie wyniki pomiarów, zmiany, większe naprawy i t. p.

Wyniki obserwacji silników w maszynowni również powinny być opracowywane wykreślnie, przezco otrzymuje się znakomity, niczem niezastąpiony, obraz codziennej pracy silników. Do najbardziej charakterystycznych krzywych należy krzywa rozchodu pary D kg/h, obciążenia N KMh oraz obciążenia stosunkowego $N/N_{norm.}$, krzywa rozchodu jednostkowego D/N , temperatury wody chłodzącej i wysokości próżni, wreszcie krzywa ciśnienia i temperatury dolotowej.

Przy odbieraniu pary z przelotni lub z części średnioprężnej turbiny, ilość odbieranej pary D_0 i jej ciśnienie (temperatura) oraz obciążenie stosunkowe $N/N_{norm.}$ są wielkościami decydującymi o rentowności procesów, więc muszą być starannie notowane i analizowane.

Po za kontrolą stałą, dającą ogólny obraz pracy urządzenia, konieczna jest kontrola okresowa, przeprowadzana co pewien czas oraz w związku z gruntowną naprawą maszyn, ich czyszczeniem, zmianami i t.p.; z tym powinno być związane wzorcowanie technicznych przyrządów pomiarowych, a więc termometrów, analizatorów gazów, wodomierzy i manometrów. Przy silnikach tłokowych do tych czynności kontrolnych należy indykowanie cylindrów.

Materiał zebrany przy badaniach okresowych służyć powinien do poprawienia codziennych obserwacji, do wykrycia błędów, jakie zakradły

fdsj

się z biegiem czasu od ostatniej szczegółowej kontroli oraz ustalenia bilansu ciepła, jako obrazu całej gospodarki cieplnej.

Jak wspomniałem, nietylko każdy kocioł, ale i każdy silnik i maszyna powinny mieć swoją „rodową” książkę, w której obok wyników bieżących badań oraz napraw i zauważonych lub usuniętych niedomagań, wciągnięte być powinny gwarancje co do sprawności, pod jakimi urządzenie zostało nabyte, zdarza się bowiem, że po parokrotnej zmianie kierownika ruchu i starszego personelu technicznego, chwilowe warunki pracy silnika traktuje się jako normalne, t. zn. takie do jakich był budowany, np. co do prężności i temperatury pary, dzięki czemu otrzymujemy większe straty, niż należałoby oczekiwać.

Jakkolwiek dziś to już jest rzeczą rzadszą, jednak niekiedy dokonywane są jeszcze zakupy maszyn, nie oparte na zapewnieniach kontraktowych dostawcy, co do sprawności, mocy i t. p.; kupuje się np. wprost silnik, który ma dawać tyle a tyle koni mechanicznych przy pewnej liczbie obrotów bez żadnych bliższych określeń. Umowa powinna ujmować szczegółowo gwarancje co do jakości dostawy, a również następstwa ich niedotrzymania.

Przy odbiorze dostarczanych urządzeń należy w celu uniknięcia możliwych nieporozumień kierować się normami odbiorczymi, ustalonymi przez te czy inne związki zawodowe oraz zjazdy techniczne.

