

KOMISJA WYDAWNICZA
TOWARZYSTWA BRATNIEJ POMOCY STUDENTÓW POLITECHNIKI WARSZ.

LABORATORIUM MASZYN CIEPLNYCH
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

BADANIE KOTŁA PAROWEGO



Nr wyd. 269

WŁAD GŁÓWNY
MIECISŁAW PRZESIEWICZ
Księgarnia Techniczno - Wzrostowa
WARSZAWA MOKRZYCKI Nr 4

WARSZAWA

1938 R.



Juljan Kraszewski

KOMISJA WYDAWNICZA
TOWARZYSTWA BRATNIEJ POMOCY STUDENTÓW POLITECHNIKI WARSZ.

LABORATORIUM MASZYN CIEPLNYCH
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

BADANIE KOTŁA PAROWEGO

*00202



Nr wyd. 269.

120

W A R S Z A W A

1 9 3 8 R.

60-



(11) 19.513

BADANIA KOTŁA PAROWEGO

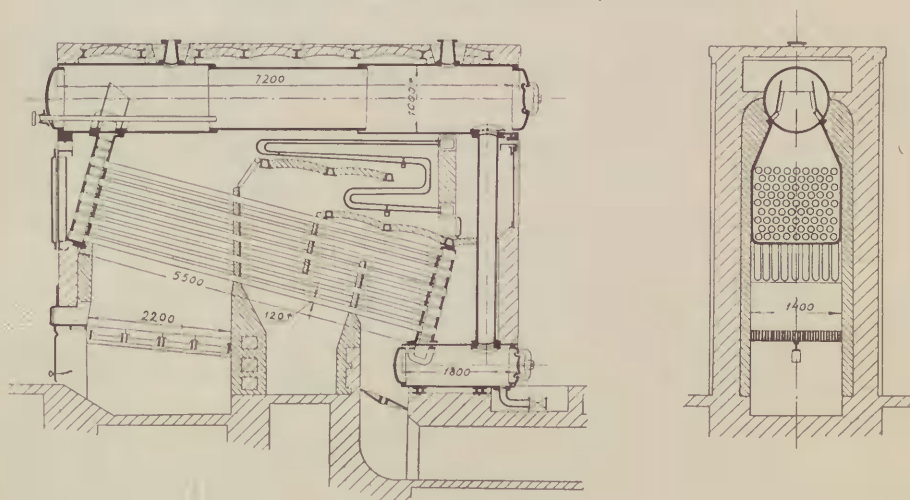
1. Opis Kotła

Kocioł wodnorurkowy w Laboratorium Maszyn Ciepłych Politechniki Warszawskiej (rys. 1) składa się z walczaka górnego, wiązki rurek wodnych, umocowanych między dwoma kolektorami oraz błotnika. Te

Laboratorium Maszyn Politechniki Warszawskiej

Kocioł wodnorurkowy

*syst. Fitzner i Gamper 132m² pow. ogrzew
do 14 atm. cisn. rob. 308m² pow. rusztu'*



Rys. 1.

trzy części połączone są ze sobą króćcami, tworząc obieg zamknięty wody, która z rurek wodnych płynie przez przedni kolektor, do walczaka, stąd króćcem do błotnika i przez tylny kolektor z powrotem do rurek wodnych.

Krażenie wody ma szczególne znaczenie dla wymiany ciepła między powierzchnią grzejną a wodą, gdyż współczynnik przejmowania zależy od szybkości krążenia. Krążenie to jest wywołane: 1) ubywaniem wody wskutek odparowania w rurkach, przez co muszą napływać nowe partie wody, dążąc do wyrównania poziomów; 2) różnicami temperatur więc i ciężarów właściwych wody w poszczególnych punktach obiegu (ruch konwekcyjny); 3) wpływem pęcherzyków pary, które powstają w rurkach wodnych i dążąc ku górze wywierają wpływ mechaniczny na wodę, starając się ją wprowadzić w szybszy ruch.

W czasie ruchu wody osadzają się w błotniku, jako najniżej położonym, zanieczyszczenia z wody w postaci stałej, wprowadzone z wodą zasilającą, bądź powstałe wewnątrz kotła pod wpływem temperatury, wywołującej przemiany chemiczne soli zawartych w świeżej wodzie.

Ruszt płaski, dwudzielny, nieruchomy, jest lekko pochylony ku tyłowi, aby ułatwić ręczne zarzucanie węgla.

Powietrze wchodzi pod ruszt, biorąc udział w spalaniu; powstałe przy tym gazy następnie przechodzą między przegrodami z cegły i gliny szamotowej ustawionymi tak, aby spaliny szły drogą łamaną, poprzecznie do rurek wodnych, przez co uzyskujemy dobre wymieszanie spalin i oddawanie ciepła rurkom wodnym. W ten sposób osiągamy odparowanie wody, liczone na jednostkę powierzchni ogrzewanej i godzinę, wynoszące (w tym systemie kotła) 18 do 22 kg/m², h. Naturalny ciąg spalin uzyskujemy przy pomocy komina, wykorzystując różnice temperatur powietrza i spalin.

Do wnętrza kanałów dymowych prowadzi szereg włazów, umieszczonych w obmurzu kotła, a pozwalających na usuwanie sadzy, popiołu i w ogóle oczyszczanie. Ponadto wąskie pionowe otwory w obmurzu służą do wprowadzenia rury przedmuchiującej i oczyszczającej rurki wodne strumieniem pary przegrzanej. Jest to szczególnie ważne ze względu na utrzymanie dużej przewodności cieplnej rurek i powinno być dokonywane co dzień. Para nasycona do przedmuchiwania nie nadaje się, gdyż jest wilgotna i powoduje sklejanie się osadu na rurkach.

Spaliny opuszczają kocioł przy temperaturze 200 do 300^o C, przechodząc przez klapę regulującą ciąg i czopuch — do komina. Klapę reguluje się zależnie od fazy spalania. Bezpośrednio po zarzuceniu węgla klapę otwiera się zupełnie aby, w okresie gazowania węgla, umożliwić dobre spalanie węglowodorów gazowych i zmniejszyć w ten sposób stratę przez niezupełne spalanie. W drugiej fazie, zwanej okresem żarzenia, przebiegającym wolniej, klapę się przemyka, aby uniknąć nadmiernej straty kominowej. Im większy dajemy współczynnik nadmiaru powietrza tym zupełniejsze jest spalanie, ale z drugiej strony, wywołuje to związk-

szenie straty kominowej, istnieje zatem pewna pośrednia wartość najlepsza, dająca minimum strat. Jej bezpośrednią miarą może być zawartość CO_2 w spalinach, obserwowana bezpośrednio na analizatorze Siemens, o czym niżej. Ta pośrednia najodpowiedniejsza wartość nadmiaru powietrza lub zawartości CO_2 zależy od różnych czynników, jak rodzaj węgla, system rusztu, paleniska i kotła. W opisywanym kotle najlepsza zawartość CO_2 wynosi średnio 12%, czemu odpowiada współczynnik nadmiaru powietrza około 1,5.

Opisywany kocioł zaopatrzony jest w przegrzewacz, umieszczony na drodze spalin w ten sposób, że może być przez nie omywany lub wyłączony, zależnie od położenia kłapy przegrzewaczowej (patrz rys. 1). Przegrzewacz składa się z dwu kolektorów, połączonych wiązką odpowiednio powyginanych rur. Para nasycona dostaje się do przegrzewacza z przestrzeni parowej górnego walczaka, przechodząc uprzednio przez sito osuszające z cząsteczek wody porywanych przez parę, a po przegrzaniu jest odprowadzana do maszyn. Najwyższe osiągalne przegrzanie wynosi tu 280°C , a może być regulowane wspomnianą już klapą przegrzewaczową.

Kocioł zasilany jest wodą przy pomocy pompy Wortingtona lub pompy odśrodkowej, w sposób okresowy, zależny od zapotrzebowania pary, staramy się przy tym, aby poziom wody w górnym walczaku odchyłał się możliwie niewiele od przepisanego poziomu średniego. Rura zasilająca doprowadzona jest do górnego walczaka z przodu. Zaopatruje się ją z reguły w automatyczny zawór zwrotny, uniemożliwiający powrót wody w razie gdy ciśnienie w pompie lub przewodzie zasilającym spadnie z jakichkolwiek powodów poniżej ciśnienia w kotle.

2. Pomiar wody zasilającej

Celem określenia wydajności kotła, tj. ilości kaloryj netto otrzymanych z kotła pod postacią pary o pewnej entalpii (ciepłiku), konieczne jest zmierzenie ilości pary odbieranej z kotła, lub, co na jedno wychodzi o ile ruch kotła pozostaje w równowadze, — ilości wody do kotła doprowadzonej. Jako wody zasilającej używamy skroplin powracających z maszyn, które mają tę zaletę, że są wolne od zanieczyszczeń solami nieorganicznymi, przy tym konieczne jest uzupełnianie wodą świeżą, gdyż przy pracy maszyn i kotłów część pary jest stracona bądź przez nieuszczelności, bądź w pompach Wortingtona, pracujących na wydmuch.

Urządzenie do pomiaru wody składa się z trzech zbiorników umieszczonych jeden nad drugim, przy tym zbiornik środkowy stoi na wadze o przekładni 1:200. Skropliny przepompowuje się periodycznie z kotła-

wni do górnego zbiornika, a stamtąd partiami spuszcza się przez zawór ręczny do zbiornika środkowego, waży się porcję, najlepiej stale tę samą, np. 400 kg, i odejmując tarę (wagę zbiornika), zapisuje się wagę netto i czas spuszczenia całej już zważonej porcji wody do zbiornika dolnego. Spuszczanie do zbiornika dolnego odbywa się okresowo, w miarę ubywania w nim wody, która jest tłoczona przy pomocy specjalnej pompy (odśrodkowej lub Wortingtona) już bezpośrednio do kotła.

Zbiornik dolny zaopatrzony jest w ostrze wskazujące poziom wody. Na początku i na końcu pomiaru musimy oczywiście doprowadzić zwierciadło wody w tym zbiorniku do pewnego określonego, w obu wypadkach jednakowego, poziomu. To samo dotyczy poziomu w kotle (w górnym walczaku), który obserwujemy na wodowskazie. Aby te dwa warunki spełnić postępujemy w sposób następujący:

A) Początek pomiaru.

- 1) zatrzymujemy pompę zasilającą;
- 2) zaznaczamy kredą na wodowskazie poziom wody w kotle i od tej chwili rozpoczynamy liczyć czas (notujemy czas rozpoczęcia pomiaru wody); te dwie czynności muszą być wykonane możliwie równocześnie, gdyż wobec zatrzymania pompy zasilającej poziom wody w kotle stale opada z czasem;

- 3) nalewamy do dolnego zbiornika bez ważenia tyle wody, aby poziom jej dosięgał wskaźnika (drobne różnice usuniemy przesuwając wskaźnik ręcznie, po czym już należy go zostawić w tym położeniu do końca pomiaru);

- 4) puszczaemy w ruch pompę zasilającą.

B) Pomiar.

W celu zorientowania się w czasie pomiaru jaki jest przebieg obciążenia kotła, tzn. ile pary odparowuje w jednostkę czasu, staramy się:

- 1) utrzymywać poziom wody w kotle możliwie w pobliżu zrobionego kredą znaku, przez odpowiednie manipulowanie pompą zasilającą; jest to zadaniem palacza, zresztą trudnym do ścisłego osiągnięcia;

- 2) poszczególne partie wody ważyć w środkowym zbiorniku w takich odstępach czasu, aby po spuszczeniu do zbiornika dolnego poziom wody przekraczał wskaźnik;

- 3) notować czas odpowiadający ostatnio zważonej i spuszczonej partii wody dopiero wówczas, gdy w dolnym zbiorniku poziom wody opadł do ostrza wskaźnika.

C) Koniec pomiaru.

- 1) Manipulujemy pompą zasilającą tak, aby otrzymać poziom wody w kotle nieco wyższy od naznaczonego na początku pomiaru;

- 2) zatrzymujemy pompę zasilającą;
- 3) obserwujemy opadający poziom wody w kotle i w chwili, gdy osiągnie onznaczony kredą poziom początkowy — notujemy czas (koniec pomiaru wody);
- 4) z ostatnio zważonej porcji wody spuszczaemy do dolnego zbiornika tyle wody, aby osiągnąć poziom wskaźnika; resztę wody ważymy ponownie i odejmujemy od ostatnio zanotowanej porcji;
- 5) uruchomiamy pompę zasilającą.

3. Pomiar węgla

Podobnie jak przy pomiarze wody, stan paleniska, to jest grubość warstwy węgla oraz stopień rozżarzenia, powinny być na początku i końcu pomiaru możliwie jednakowe.

Pomiar rozpoczynamy (notujemy czas) w chwili gdy, po zaobserwowaniu i zapamiętaniu stanu paleniska, palacz wrzuci pierwszą łopatę z porcji węgla zważonej po raz pierwszy (np. 100 kg) i przygotowanej przed paleniskiem. Koniec pomiaru zanotujemy gdy, po zarzuceniu na ruszt całej ostatnio odważonej i zanotowanej porcji węgla, osiągniemy stan paleniska możliwie taki sam jak na początku pomiaru.

Chwile rozpoczęcia i zakończenia pomiaru węgla nie muszą być ściśle zgodne z początkiem i końcem pomiaru wody, gdyż zakładamy, że pomiar rozpoczyna się dopiero po uzyskaniu równowagi cieplnej (o czym niżej), zaś do obliczeń przyjmujemy średni rozchód godzinny.

Wobec tego, że ocena stanu paleniska „na oko” jest trudna, przy tym, zwłaszcza w paleniskach ręcznie zasilanych, błąd oceny może być znaczny ze względu na duże ilości ciepła tkwiące w warstwie żaru,—pomiar powinien być dostatecznie długi, aby ten błąd skompensować; przyjmuje się, że pomiar winien trwać co najmniej osiem godzin. Chcąc zorientować się w zmianach obciążenia rusztu w czasie pomiaru, staramy się również aby przy rozpoczęciu zarzucania każdej nowej porcji węgla stan rusztu był mniej więcej jednakowy, przy tym notujemy kolejno czas rozpoczęcia każdej takiej porcji.

4. Równowaga cieplna i równomierność obciążenia

Przed przystąpieniem do właściwego pomiaru niezbędne jest uzyskanie równowagi cieplnej kotła, to znaczy dogrzania obmurza i wszystkich części kotła do temperatur najwyższych odpowiadających danemu urządzeniu i obciążeniu; z chwilą uzyskania równowagi cieplnej, temperatury

te pozostają już mniej więcej stałe aż do chwili ponownego zachwiania równowagi, np. przez zmniejszenie lub zwiększenie obciążenia. Zatem w czasie pomiaru obciążenie kotła, raz ustalone (np. jako pełne albo część pełnego), powinno być możliwie stałe.

Celem przekonania się czy powyższe warunki są spełnione, rysujemy w czasie przygotowania do pomiaru i pomiaru właściwego rozchód wody

W i węgla G w funkcji czasu t (patrz rys. 2).

Pomiar właściwy rozpoczynamy dopiero

wówczas, gdy stosunek $\frac{\Delta W}{\Delta G}$, odpowiadający pewnemu odstępowi czasu Δt , ustali się.

Po uruchomieniu kotła $\frac{\Delta W}{\Delta G}$ jest

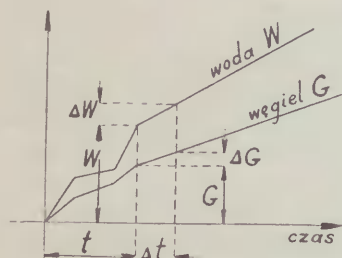
mniejsze od normalnego, gdyż część ciepła spalania idzie na pokrycie pojemności cieplnej obmurza. Po ustaleniu równowagi

stosunek $\frac{\Delta W}{\Delta G}$ osiąga swą wartość naj-

wyższą; wówczas już obmurze więcej ciepła

nie przyjmuje, a tylko mamy do czynienia z jednostajną stratą ciepła

przez promieniowanie obmurza.



Rys. 2.

przeją nie przyjmuje, a tylko mamy do czynienia z jednostajną stratą ciepła przez promieniowanie obmurza.

5. Pomiar popiołu

Przed rozpoczęciem pomiaru węgla usuwamy dokładnie cały popiół z popielnika pod rusztami, zaś w chwili ukończenia pomiaru węgla czynność tę wykonywamy ponownie i tak otrzymany popiół ważymy i przeliczamy na 1 kg spalonego w czasie pomiaru węgla, lub na godzinę.

6. Strata przez nieszczelność obmurza

Przy wykonaniu pomiaru bilansowego włącza się aparat Orsata w miejscu, gdzie spaliny opuszczają kocioł, tzn. tuż przed zasuwą. Chcąc wyznaczyć straty przez nieszczelności obmurza, pochodzące stąd, że zimne powietrze, wskutek panującego w kanałach spalinowych kotła podciśnienia, dostaje się przez szpary w obmurowaniu i mieszając się ze spalinami obniża ich temperaturę, — musimy uprzednio określić ilość powietrza jakie się tą drogą dostaje. W tym celu włącza się drugi aparat Orsata do kanału spalinowego tuż za paleniskiem. Na aparacie tym wykryjemy zawartość bezwodnika węglowego $b'\%$ większą od $b\%$ jaką znaj-

dziemy przed zasuwą, gdyż wchodzące po drodze powietrze rozrzedza spaliny, przy tym będziemy mieli proporcję:

$$\frac{V_s}{V_s - L} = \frac{b'}{b},$$

gdzie przez V_s oznaczyliśmy objętość gazów w czopuchu (przed zasuwą) odpowiadającą 1 kg spalonego węgla, zaś przez L — odpowiadającą ilość powietrza, które weszło przez nie szczelności. Zatem

$$L = \left(1 - \frac{b}{b'}\right) V_s.$$

W ten sposób wyznaczona wartość L służy nam następnie przy obliczeniach bilansowych do określenia straty przez nie szczelności obmurza.

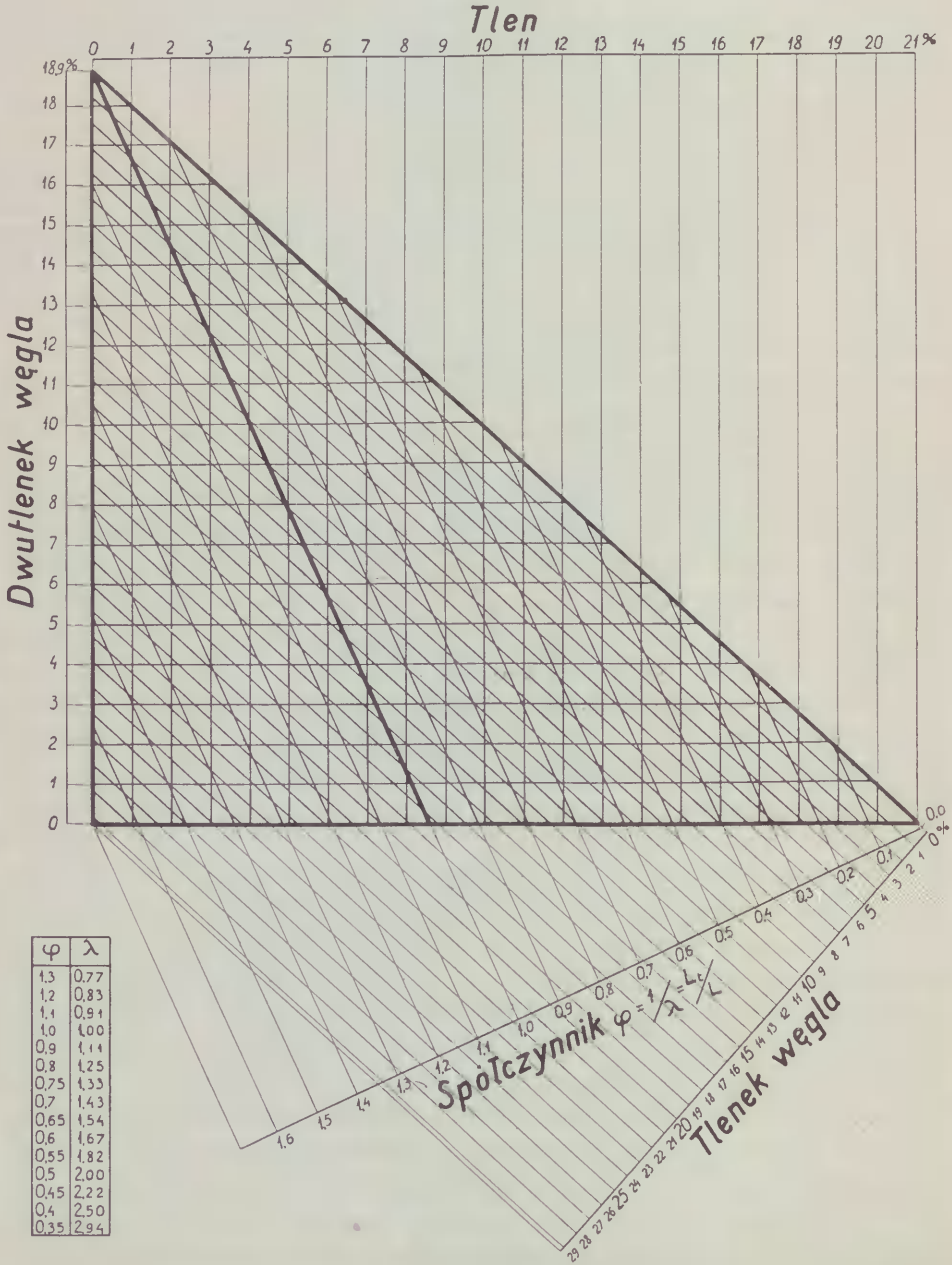
7. Analiza spalin

Stosowanie aparatów Orsata (sposób wykonania analizy patrz prof. B. Stefánowski, Gospodarka cieplna) przy pomiarze kotła wymaga specjalnej staranności i uwagi, gdyż w kanałach dymowych kotła panuje podciśnienie, wobec czego wszelkie przewody i złącza, prowadzące od nich ku aparatowi Orsata, bardzo łatwo nabierają powietrza z otoczenia, powodując następnie błędy analizy. Aby tych błędów uniknąć konieczne jest przed analizą staranne „przeczyszczenie” przewodów spalinami, co wykonywa się w ten sposób, że kurek trójdrogowy aparatu Orsata, już połączonego przez filtr z kanałem dymowym kotła, stawia się czarnym punktem na lewo, łącząc w ten sposób dopływ przez filtr z podłużnym kanalikiem kurka. Wylot tego kanalika zwany otworem „na atmosferę”, łączy się ze specjalną pompką ssącą inżektorową. Przed przystąpieniem do pobrania próbki wysysamy tą pompką powietrze; po kilku ruchach pompki układ przewodów jest już wypełniony spalinami i wówczas szybkim ruchem przełączamy kurek trójdrogowy aparatu Orsata w położenie poziome, łącząc w ten sposób kanał spalinowy z miernicą aparatu, po czym już możemy wykonać normalne zassanie próbki i pomiar. Nie należy oczywiście zapominać o tym, że aparat Orsata już zawczasu musi być uporządkowany, to znaczy poziomy cieczy w chłonicach i miernicy muszą być dociągnięte do odpowiednich znaków.

Analizy spalin wykonywa się kolejno bez przerw, aby ich otrzymać możliwie dużo, przy tym notujemy czas pobrania każdej próbki. Jedynie w chwili zarzucania węgla, gdy drzwiczki paleniska są otwarte, należy wstrzymać się od pobierania próbki, gdyż ówczesny stan gazów odbiega znacznie od przeciętnego, zawiera bowiem b. dużo powietrza.

WYKRES OSTWALDA

Węgiel C=70,0% H=4,3% W=11,3%
O=7,5 N=1,3 P=5,6



Rys. 3.

Analizy wykonujemy aparatami Orsata dwunaczyniowymi, wyznaczając zawartość w spalinach bezwodnika węglowego i tlenu. Przyjmując, że takich produktów niepełnego spalania jak wodór, metan, itd. nie ma zupełnie, określamy zawartość tlenku węgla z wykresu Ostwalda (rys. 3), sporządzonego dla danego gatunku węgla (o znanym składzie chemicznym), a pozwalającego wyznaczyć również współczynnik nadmiaru powietrza λ (patrz prof. B. S t e f a n o w s k i, Termodynamika techniczna, wyd. II). Wykres ten jest równocześnie sprawdzianem jakości wykonania analizy, gdyż otrzymane z niego wartości CO muszą wypaść prawdopodobnie, tzn. nie mogą być zbyt duże, a tym bardziej ujemne, co ma miejsce gdy punkt spalania wypada poza obrębem trójkąta (patrz rys. 3).

8. Przyrządy pomiarowe

Oprócz aparatów Orsata, posiłkujemy się przy pomiarze szeregiem innych przyrządów:

a) **Manometr** wskazujący nadciśnienie pary, w kotłach, przy pomiarach jest sprawdzany przez manometr kontrolny.

Pudełko jego zawiera właściwie dwa manometry sprężynowe, których strzałki są umieszczone współosiowo i posiadają jedną wspólną tarczę z podziałką. Taki manometr daje dużą pewność odczytu, gdyż zepsucie się równoczesne obu manometrów jest bardzo mało prawdopodobne.

b) **Termometry** (do pary, wody zasilającej, temp. kotłowni itp.) stosuje się albo rtęciowe, albo termoelementy i wówczas galwanometr, wycechowany odrazu na stopnie Celsjusza, wskazuje różnice temperatur miejsca spojenia drutów (umieszczonego w punkcie pomiarowym) i ich końcówek (zacisków), tak, że temperaturę końcówek należy osobno zmierzyć (np. termometrem rtęciowym) i dodać do odczytu na galwanometrze. O ile ta temperatura końcówek zmienia się nieznacznie, wówczas jej wartość można ustawić na odłączonym galwanometrze specjalną śrubą nastawczą, przesuając w ten sposób początek skali wskazań galwanometru, co pozwoli na bezbłędne odczytanie szukanej temperatury od razu, gdyż wskazania galwanometru są w całym zakresie jego skali proporcjonalne.

Termometry (lub termopary) należy zanurzać głęboko w miejscu pomiarowym i chronić od przewiewu powietrza, powodującego błędy odczytu.

Termometr rtęciowy (lub termoelement) do spalin, umieszczony jest w dłuższej rurze, aby można było sięgnąć do środka kanału spalinowego; taki termometr na wysoką temperaturę nazywamy pyrometrem. Musi on być chroniony od przewiewu specjalnie starannie, gdyż wprowadzony jest

do przestrzeni z podciśnieniem i dlatego po jego włożeniu w otwór (umieszczony w pobliżu zasuwy przed czopuchem), zaklejamy pozostałą szparę gliną.

Temperaturę pary określamy zarówno termometrem rtęciowym, jak i termoparą (dla kontroli), która podłączona jest wprost na galwanometr wiszący, umieszczony na tarczy kontrolnej palacza i wycechowany na stopnie.

Temperaturę kotłowni mierzymy nie przy kotle, lecz w pewnej od niego odległości, aby uniknąć wpływu promieniowania paleniska, drzwiczek i obmurza na wskazania termometru.

c) Ciągomierz — służy do określenia „ciągu”, czyli podciśnienia w przewodzie dymowym na końcu kotła, tuż przed zasuwą. Jest on wykonany jako mikromanometr, tj. rurka U z ramieniem silnie pochyłym — w celu uzyskania większej skali, gdyż ciąg w kotle wynosi przeciętnie zaledwie kilka do kilkunastu milimetrów słupa wody. Jako cieczy używa się nie wody, lecz alkoholu, celem zmniejszenia wykrzywienia menisku, co ułatwia odczyt; skala, umieszczona pochyło, równoległe do rurki, jest jednak wycechowana od razu na milimetry słupa wody.

Ciągomierz przed włączeniem ustawiamy poziomo, według libelki na nim umieszczonej, oraz regulujemy „na zero” to znaczy przesuwamy skalę tak, aby jej pierwsza kreska była zgodna z poziomem cieczy. Po włączeniu, w czasie pomiaru, ustawienie „na zero” należy sprawdzać parokrotnie, gdyż spirytus stopniowo wyparowuje.

Prócz opisanego ciągomierza, włączony jest w tym samym miejscu przewód do ciągomierza zegarowego, wykonanego jako wakuometr sprężynowy na małe ciśnienie, a umieszczonego na tarczy kontrolnej palacza.

d) Paromierz wykonany tak, że strzałka wskazuje na skali od razu wydatek pary w tonnach na godzinę i umieszczony na tarczy kontrolnej palacza, pozostaje pod wpływem różnicy ciśnień, jaka się wytwarza przed i za kryzą tak zwaną „normalną”, umieszczoną w przewodzie parowym. Kształt kryzy lub dyszy wykonany jest według odpowiednich norm, dla których współczynnik przepływu jest znany (określony drogą pomiarów). Stanowi on przewężenie, wywołujące wzrost szybkości przepływu, więc równoczesny spadek ciśnienia; przewężenie to jest tak dobrane, aby jednak spadek ciśnienia był niewielki, mniejszy od 0,5 at, aby jakość pary obniżała się możliwie niewiele.

$$G \text{ kg/sek} = \alpha F \sqrt{2g \frac{\Delta P}{v}}$$

Waga przepływającej pary zależy więc zarówno od wymiarów i spadku ciśnienia ΔP na dyszy, jak i od stanu pary (P, t). Wymiary są raz na

zawsze ustalone, natomiast ΔP zmienia się wraz z zapotrzebowaniem pary i te zmiany wywołują odpowiednie wskazania paromierza.

Paromierz jest wycechowany (α) dla pewnego stanu (p, t) pary i tylko przy tym stanie jego wskazania są ścisłe; im więcej stan pary odbiega od rzeczywistego, tym wskazania paromierza są obciążone większym błędem.

Również równomierność przepływu pary ma wpływ na wskazania paromierza, który wycechowany jest na przepływ jednostajny, o ile więc przepływ pary jest mniej lub więcej pulsujący, wówczas wskazania paromierza odbiegają od rzeczywistości. Zazwyczaj maszyny parowe tłokowe wywołują przepływ pulsujący; jego wpływ jest tym silniejszy im mniej cylindrów maszyna posiada, przy tym istnieje pewna częstotliwość (ilość obrotów), przy której błąd paromierza wypada największy.

e) Automatyczny analizator spalin Siemensa, umieszczony jest na tarczy kontrolnej palacza; wskazuje on chwilową zawartość CO_2 w spalinach. Opis tego przyrządu patrz: Prof. B. Stefanowski, Gospodarka cieplna.

9. Przebieg pomiaru

Przed rozpoczęciem pomiaru konieczne jest dokładne zorientowanie się w czynnościach, przepisanych na poszczególnych stanowiskach, które są następujące:

- 1) pomiar wody zasilającej (ilość i temperatura);
 - 2) pomiar węgla;
 - 3) analiza spalin za paleniskiem;
 - 4) analiza spalin przed zasuwą;
 - 5) notowanie temperatury spalin, ciągu i temperatury kotłowni;
 - 6) notowanie temperatury pary przegrzanej i jej nadciśnienia;
 - 7) zbieranie danych liczbowych z poszczególnych stanowisk oraz sporządzanie ich wykresu w funkcji czasu (węgiel i woda patrz rys. 2).
- Poza tym należy uregulować zegarki.

Wykonanie pomiarów wody i węgla odbywa się w sposób już wyżej opisany.

Przy analizie spalin (stanowiska 3 i 4), należy notować czas pobrania próbki, wyznaczać zawartość CO_2 i O_2 oraz określać CO i λ z wykresu Ostwalda.

Notowania na stanowiskach 5 i 6 powinny być dokonywane w równych dziesięciominutowych odstępach czasu.

Zebrane na stanowisku 7 dane liczbowe powinny być ujęte w tabelę, której wzór podano niżej, przy tym do obliczeń przyjmuje się wartości średnie. Wykres sporządza się na papierze milimetrowym.

Pomiar odbywa się w dwu grupach po 7 osób przy tym grupa pierwsza przekazuje poszczególne stanowiska grupie drugiej tak, aby pomiar nie uległ przerwie. Również kartki z notowaniami, tabelę z zebranymi danymi i wykres — przekazuje się grupie następniej.

Po wykonaniu pomiaru należy wykonać następujące obliczenia:

- 1) rozchód węgla na godzinę B kg/h;
- 2) rozchód pary na godzinę D kg/h;
- 3) natężenie powierzchni ogrzewanej D/H kg/m²,h ($H = 132$ m²);
- 4) natężenie powierzchni rusztu B/R kg/m²,h ($R = 3,08$ m²)
- 5) wielokrotność odparowania D/B kg/kg;
- 6) wartość opałowa węgla W_u Kal/kg przy pomocy formuły związkowej $\left[W_u = 81C + 290\left(H - \frac{O}{8}\right) + 25S - 6k \right]$, przyjmując skład węgla, podany na wykresie Ostwalda, i że $k = 9H + w$ stanowi ilość wytworzonej przy skraplaniu pary.

7) wyznaczenie entalpii całkowitej pary i Kal/kg z wykresu $I-S$, przy tym przyjmujemy wartości średnie temperatury i nadciśnienia pary, zaś ciśnienie absolutne obliczamy przez dodanie do nadciśnienia wielkości $\frac{b_a}{737,4}$, gdzie b_a oznacza stan barometru;

8) sprawność ogólna kotła $\eta = \frac{D(i - t_w)}{B W_u}$, gdzie t_w oznaczacza średnią temperaturę wody zasilającej;

9) strata kominowa w Kal/kg paliwa:

$$S_k = \left[\frac{1,867 C}{100} \left(C_p' \frac{b}{b+t} + C_p'' \frac{t}{b+t} + C_p''' \frac{o}{b+t} + C_p'''' \frac{n}{b+t} \right) + C_p^0 \frac{9H+w}{0,807 \cdot 100} \right] (t_s - t_a) \text{ Kal/kg,}$$

gdzie t_s i t_a oznaczają temperaturę spalin i kotłowni, b, t, o, n są to zawartości procentowe CO₂, CO, O₂ i N₂ w spalinach, C, H, w — zawartości w paliwie węgla, wodoru i wilgoci w procentach wagowych; przyjmujemy ciepło właściwe bezwodnika węglowego $C_p' = 0,223$; podobnie dla tlenku węgla $C_p'' = 0,25$, tlenu $C_p''' = 0,219$ i azotu $C_p'''' = 0,25$ oraz dla pary wodnej $C_p^0 = 0,5$;

10) strata przez niezupełne spalanie:

$$S_u = \frac{5720}{8100} \frac{t}{b+t} 100.$$

	B kg/h		kg	Spalono węgla			
			o godz.				
	Pop kg/h		Otrzymano popiołu				
	D kg/h		kg	Doprowadzono wody			
			o tempera- turze t_w °C				
			o godz.				
Ś r e d n i o			pobrano o godz.	przed zasuwą	S k ł a d s p a l i n		
			CO ₂ %				
			O ₂ %				
			CO%				
			λ	za paleniskiem			
			pobrano o godz.				
			CO ₂ %				
			O ₂ %				
			CO%				
			λ				
			Czas odczytu				
						nadciśnienie p kg/cm ²	Stan pary
						temperatura t °C	
						entalpia i Kal/kg	
						Temperatura spalin t_s °C	
						Temp. kotłowni t_a °C	
			Ciąg h mm sł. H ₂ O				
			Stan barometru b_a mm sł. Hg				





BIBLIOTECA
CMM

II 19.513