

Wiktor Hibner
Marian Rosiński

laboratorium techniki cieplnej



WYDAWNICTWA POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ
WARSZAWA 1980

Opiniodawca

prof. dr hab. inż. Leon Kołodziejczyk

Wydano za zgodą Rektora Politechniki Warszawskiej



Opracowanie redakcyjne – Halina Jaskanis

Wydawnictwa Politechniki Warszawskiej
Warszawa 1980. Wydanie drugie poprawione

Wykonano w Zakładzie Graficznym Politechniki Warszawskiej
Nakł. 500+30. Ark. wyd. 16,68. Ark. druk. 21. Papier offset. kl. V 70 g.
Oddano do druku 29. I. 1980 r. Zamówienie numer 105. P-1

SPIS TREŚCI

WSTĘP	6
1. DOKŁADNOŚĆ POMIARÓW I RACHUNEK BŁĘDÓW (opracował: dr inż. M. Rosiński)	9
1.1. Pojęcia podstawowe	9
1.2. Błędy systematyczne	11
1.3. Błędy przypadkowe	11
1.4. Błędy grube (przeoczenia)	16
1.5. Ocena dokładności pomiarów złożonych	18
2. POMIARY TEMPERATURY (opracował: dr inż. W. Hibner) ..	23
2.1. Pojęcia podstawowe	23
2.2. Skale termometryczne	23
2.3. Przyrządy pomiarowe	26
2.4. Sprawdzanie termometrów	66
3. POMIARY CIŚNIEŃ (opracował: dr inż. W. Hibner)	80
3.1. Pojęcia podstawowe	80
3.2. Rodzaje przyrządów do pomiaru ciśnienia	82
3.3. Zasady doboru i eksploatacji przyrządów do po- miaru ciśnień	109
3.4. Sprawdzanie i wzorcowanie manometrów ciecz- wych	116
3.5. Sprawdzanie ciśnieniomierzy sprężynowych	122
4. KALORYMETRIA PALIW STAŁYCH (opracował: dr inż. M. Ro- siński)	136
4.1. Charakterystyka paliw	136
4.2. Pobieranie i przygotowanie próbek paliwa do a- nalizy	137
4.3. Analiza techniczna węgla	142

5. KALORYMETRIA PALIW PŁYNNYCH (opracował: dr inż. M. Rosiński)	163
5.1. Pobieranie próbek gazu	163
5.2. Oznaczenie ciepła spalania i wartości opałowej paliw gazowych	164
5.3. Pobieranie próbek paliwa ciekłego	171
5.4. Oznaczenie ciepła spalania i wartości opałowej paliwa ciekłego	171
6. ANALIZA GAZÓW (opracował: dr inż. W. Hibner)	174
6.1. Wiadomości wstępne	174
6.2. Pobieranie spalin do analizy	174
6.3. Rodzaje analizatorów	179
6.4. Wykresy kontrolne spalania	208
7. POMIAR WILGOTNOŚCI POWIETRZA (opracował: dr inż. M. Rosiński)	212
7.1. Pojęcia podstawowe	213
7.2. Metody i przyrządy do pomiaru wilgotności powietrza	216
7.3. Metodyka pomiaru wilgotności powietrza	230
7.4. Wzorcowanie i sprawdzanie przyrządów	231
8. POMIARY IŁOŚCI, PRĘDKOŚCI I STRUMIENIA MASY PŁYNÓW (opracował: dr inż. M. Rosiński)	233
8.1. Wiadomości wstępne	233
8.2. Pomiar objętości oraz strumienia masy cieczy ...	235
8.3. Pomiar objętości oraz strumienia masy gazów	250
8.4. Sprawdzanie przyrządów	298
9. ANALIZA PALIW CIEKŁYCH (opracował: dr inż. M. Rosiński)	299
9.1. Pobieranie próbek	300
9.2. Pomiar gęstości	300
10. BADANIA CIEPLNE KOTŁÓW GRZEWCZYCH (opracował: dr inż. W. Hibner)	303
10.1. Wiadomości wstępne	303
10.2. Bilans cieplny kotła	304
10.3. Obliczanie podstawowych składników bilansu cieplnego	305
10.4. Metodyka wykonywania badań	314
10.5. Opracowanie wyników pomiarowych	318

11. BADANIE WENTYLATORÓW (opracował: dr inż.M.Rosiński)	319
11.1. Rozkład ciśnień w przewodach powietrznych	320
11.2. Wielkości charakterystyczne wentylatora	324
11.3. Pomiar wielkości charakterystycznych	327
11.4. Przygotowanie stanowiska i przeprowadzenie badań wentylatora	332
11.5. Opracowanie wyników pomiarowych	333
11.6. Przykład badania wentylatora	333
LITERATURA	335

WSTĘP

Miernictwo ciepłe jest jednym z podstawowych przedmiotów na kierunku Inżynierii Środowiska i specjalności Urządzenia Ciepłe i Zdrowotne. Pomiarów bowiem dostarczają podstawowe dane o parametrach charakteryzujących otoczenie, w którym przebywa człowiek, jak również umożliwiają dokonanie oceny skuteczności działania instalacji i urządzeń stosowanych w tej dziedzinie techniki.

W związku z tym w skrypcie zostały opisane podstawowe metody pomiarów i najbardziej rozpowszechnione przyrządy do pomiarów temperatur, ciśnień, masy i strumienia masy (przepływów), analizy technicznej paliw stałych, ciekłych i gazowych, analizy gazów spalinowych i powietrza, itp.

Specyfika kształcenia inżynierów specjalistów w zakresie urządzeń ciepłych i zdrowotnych oraz obowiązujący program studiów zdecydowały o sposobie ujęcia tematu.

Ze względu na to, że zagadnienia związane z pomiarami cieplnymi stanowią jedynie temat zajęć laboratoryjnych, bez poprzedzających ich wykładów lub innych zajęć, przyjęto zasadę, że w skrypcie powinny się znaleźć prawie wszystkie materiały umożliwiające studentom samodzielne przygotowanie się do zajęć, wykonanie ćwiczeń praktycznych oraz opracowanie wyników pomiarów wraz z analizą błędów.

W pewnych przypadkach, w celu umożliwienia studentom lepszego poznania metod lub przyrządów pomiarowych, podawano odwołania do literatury specjalistycznej i fachowej.

Rodzaje pomiarów w technice cieplnej

W praktyce stosowany jest dotychczas tradycyjny podział pomiarów na tzw. pomiary jednostkowe i złożone.

Za pomiary jednostkowe uważane są pomiary, których celem jest wyznaczenie wartości liczbowej określonego parametru fizycznego, jak np. temperatury, ciśnienia, prędkości przepływu itp.

Za pomiary złożone uważane są pomiary, których ostateczny wynik jest oparty na pomiarach jednostkowych. Przykładem pomiarów złożonych są wszelkie pomiary bilansowe: kotła, wentylatora itp.

Z powyższych definicji wynika, że jest to podział czysto formalny, gdyż w praktyce pomiar temperatury, np. powietrza w pomieszczeniu, powinien uwzględniać wpływ temperatury powierzchni ograniczających, przepływu powietrza itp.

W zależności od celu pomiaru, wymaganej dokładności wyniku oraz zakresu, rozróżnia się następujące rodzaje pomiarów:

- eksploatacyjne,
- odbiorcze,
- naukowe i atestowe.

Sposób wykonania i wymagane dokładności pomiarów eksploatacyjnych i odbiorczych są sprecyzowane odpowiednimi przepisami w postaci norm państwowych lub branżowych. Dotyczy to również badań atestowych, przy czym badania atestowe i naukowe powinny być wykonywane kilkoma metodami (tzw. badania wstępne, których celem jest ustalenie odpowiedniej metodyki dla danych typów przyrządów pomiarowych). Wszystkie pomiary powinny być wykonywane w warunkach zbliżonych do rzeczywistych warunków pracy badanego urządzenia lub instalacji. Gdy jest to niemożliwe badania wykonuje się w tzw. warunkach modelowych, przy czym muszą być szczegółowo określone warunki podobieństwa geometrycznego, mechanicznego, cieplnego itp.

Niezależnie od rodzaju i przeznaczenia pomiaru, w każdym procesie pomiarowym można wyróżnić następujące fazy:

- przygotowanie pomiaru wraz z pomiarem wstępnym,
- właściwy pomiar,
- opracowanie wyników pomiaru,

- analiza wyników pomiaru oraz sporządzenie sprawozdania z odpowiednimi wnioskami.

Podstawowym zadaniem pomiarów wstępnych jest weryfikacja przyjętej metodyki pomiarowej oraz sprawdzenie prawidłowości doboru przyrządów pomiarowych pod względem ich rodzaju, zakresu, klasy dokładności oraz sposobu zainstalowania aparatury. Dalsze fazy procesu pomiarowego realizuje się w zależności od rodzaju pomiarów i obowiązujących przepisów.

Autorzy pragną podziękować Panu dr inż. Marianowi Rubinkowi za pomoc przy opracowaniu skryptu.

