

1.	Podstawy planowania badań	11
	<i>dr inż. Władysław Kasieczka</i>	
1.1.	Model matematyczny obiektu.....	12
1.2.	Analiza regresji i korelacji.....	15
1.3.	Planowanie badań.....	17
1.3.1.	Plany dwu- i wielopoziomowe	19
1.4.	Przykłady zastosowania planu badań w technice ciepłej.....	23
	Literatura	33
2.	Pomiar mocy	34
	<i>prof. dr hab. inż. Tadeusz R. Fodemski, prof. dr hab. inż. Zbigniew Pawelski</i>	
2.1.	Wstęp.....	34
2.2.	Zasady i metody pomiaru mocy.....	34
2.3.	Pomiar momentu obrotowego	35
2.3.1.	Pomiar siły.....	36
2.3.2.	Pomiar prędkości kątowej	43
2.4.	Hamulce obciążeniowe.....	45
2.4.1.	Hamulce elektrowirowe.....	45
2.4.2.	Hamulce przepływowe	52
2.4.3.	Charakterystyki i dobór hamulców przepływowych.....	55
2.4.4.	Zasady łączenia silników z hamulcami.....	57
2.5.	Urządzenia specjalne do pomiaru momentu	60
2.6.	Pomiar mocy metodami elektrycznymi – watomierze	64
2.7.	Napędy i hamulce zasilane falownikiem	66
2.8.	Nowoczesne hamownie – zadania i wyposażenie.....	68
2.9.	Hamownie podwoziowe	72
2.10.	Warunki bhp w hamowni	77
	Literatura	78
3.	Badania wentylatorów i pomp wirowych	79
	<i>mgr inż. Jerzy Adamczewski, dr inż. Maria Płoczek</i>	
3.1.	Wstęp.....	79
3.2.	Badania wentylatorów	79
3.2.1.	Podział, budowa i zasada działania wentylatorów.....	79
3.2.2.	Podstawowe pojęcia termodynamiczne	82
3.2.3.	Wielkości charakterystyczne wentylatorów.....	84
3.2.4.	Pomiar wielkości charakterystycznych	93
3.2.5.	Stanowisko pomiarowe	99
3.3.	Badania pomp wirowych	101
3.3.1.	Określenia podstawowe.....	101
3.3.2.	Pojęcia i wielkości podstawowe	103
3.3.3.	Ocena pompy – charakterystyki pomp.....	110
3.3.4.	Sposoby wyznaczania wielkości charakterystycznych w czasie pracy pompy.....	117
3.3.5.	Badania pomp oraz sposób opracowania wyników	118
	Literatura	125

4.	Badania sprężarek wyporowych	126
	<i>mgr inż. Janusz Gajl, dr inż. Tomasz Wiśniewski</i>	
4.1.	Wstęp.....	126
4.2.	Zasada działania sprężarki i wielkości charakterystyczne	131
4.2.1.	Podstawy teoretyczne	131
4.2.2.	Sprawności energetyczne zespołu sprężarka-silnik napędowy	134
4.2.3.	Bilans energetyczny.....	135
4.2.4.	Strumień masy i współczynniki charakterystyczne.....	136
4.3.	Pomiary i określanie wielkości charakterystycznych sprężarek.....	138
4.3.1.	Określanie strumienia objętości i współczynnika przetłaczania sprężarek gazowych	138
4.3.2.	Określanie strumienia masy i współczynnika przetłaczania (stopnia dostarczania) sprężarek chłodniczych (parowych).....	143
4.3.3.	Pomiary mocy napędowej sprężarki	156
4.3.4.	Określanie sprawności mechanicznej	156
4.3.5.	Pomiar ciepła pobranego przez chłodziwo chłodzące cylindry i chłodnice.....	156
4.4.	Wybrane zagadnienia związane z oceną sprężarki wyporowej na podstawie wykresów zmiany ciśnienia i innych wielkości w funkcji zmiany objętości i czasu ...	157
4.4.1.	Wiadomości ogólne.....	157
4.4.2.	Ocena pracy na podstawie wykresu indykatorowego sprężarki.....	160
4.4.3.	Przebieg zmian ciśnienia w cylindrach sprężarek wielostopniowych.....	161
4.4.4.	Wykresy indykatorowe sprężarek rotacyjnych	164
4.4.5.	Odwzorowanie zmian stanu czynnika w układzie $T-s$ na podstawie wykresu indykatorowego	166
4.4.6.	Wpływ pracy zaworów na współczynnik λ i moc napędową	167
4.5.	Przykład badania sprężarki tłokowej powietrznej	168
	Literatura	174
5.	Badania tłokowych silników spalinowych	175
	<i>mgr inż. Zbigniew Wiejacki</i>	
5.1.	Wstęp.....	175
5.2.	Obiekt badań	176
5.3.	Klasyfikacja silników spalinowych	176
5.4.	Cel badań.....	182
5.5.	Wielkości mierzone	183
5.5.1.	Obliczanie ilości ciepła doprowadzonego z paliwem.....	184
5.5.2.	Pomiar momentu obrotowego	190
5.5.3.	Pomiar prędkości obrotowej.....	190
5.5.4.	Pomiar mocy użytecznej.....	191
5.5.5.	Pomiar ustawienia zapłonu (wtrysku).....	192
5.5.6.	Pomiar składu spalin	193
5.5.7.	Pomiar mocy indykowanej	194
5.5.8.	Pomiar straty chłodzenia	197
5.6.	Bilans energetyczny i sprawności.....	198
5.7.	Realizacja badań.....	199
5.7.1.	Wypożyczenie placówek badawczych	199
5.7.2.	Organizacja badań	201
5.8.	Opracowanie wyników badań, charakterystyki silników spalinowych	204
5.8.1.	Charakterystyki regulacyjne	205
5.8.2.	Charakterystyki obciążeniowe.....	207
5.8.3.	Charakterystyki prędkościowe (dynamiczne)	207
5.8.4.	Charakterystyki ogólne.....	209
	Literatura	210

6.	Badania turbin parowych	211
	<i>doc. dr inż. Ryszard Przybylski</i>	
6.1.	Cel i zakres badań.....	211
6.2.	Dane charakterystyczne turbiny.....	213
6.3.	Określenia i oznaczenia mierzonych wielkości	214
6.4.	Metodyka i sposób przeprowadzania badań	220
6.4.1.	Przygotowanie do badań	220
6.4.2.	Przyrządy pomiarowe i sposób pomiaru.....	222
6.4.3.	Badania wstępne.....	227
6.4.4.	Badania właściwe	228
6.5.	Opracowanie wyników badań.....	230
6.6.	Automatyzacja badań	231
6.7.	Przykład badania turbiny parowej	232
	Literatura	234
7.	Badania wymienników ciepła – rekuperatorów	235
	<i>doc. dr inż. Jacek Kulesza</i>	
7.1.	Wstęp.....	235
7.1.1.	Klasyfikacja wymienników	235
7.1.2.	Podstawy teoretyczne procesów wymiany ciepła	238
7.1.3.	Opory przepływu przez wymiennik.....	244
7.1.4.	Efektywność wymiany ciepła i wymienników ciepła	246
7.1.5.	Średnia różnica temperatur.....	247
7.1.6.	Średni miejscowy współczynnik przenikania ciepła.....	248
7.2.	Pomiary temperatury i strumieni masy czynników przepływających przez wymiennik	248
7.2.1.	Wstęp.....	248
7.2.2.	Pomiary temperatury	249
7.2.3.	Pomiar strumieni masy czynników przepływających przez wymiennik	250
7.2.4.	Pomiar parametrów pary mokrej	252
7.3.	Badanie wymienników ciepła w stanach ustalonych	253
7.3.1.	Wstęp.....	253
7.3.2.	Badania przemysłowe wymiennika o przepływie równoległym	254
7.3.3.	Badania przemysłowe skraplacza wodnego.....	256
7.3.4.	Badania przemysłowe wymiennika o przepływie krzyżowym ciecz–gaz	257
7.3.5.	Badania laboratoryjne wymiennika o przepływie krzyżowym ciecz–gaz.....	259
7.3.6.	Badania współczynników wymiany ciepła i oporów przepływu przez wymiennik	262
7.4.	Badania wymienników ciepła w stanach nieustalonych	264
7.4.1.	Wstęp.....	264
7.4.2.	Ogrzewanie pojemnościowe	265
7.4.3.	Nieustalona wymiana ciepła w przepływowym wymienniku ciepła	266
7.5.	Analiza wyników badań i ocena wymiennika ciepła	266
	Literatura	267
8.	Badania cieplne urządzeń kotłowych	268
	<i>doc. dr inż. Andrzej Kapitaniak</i>	
8.1.	Wstęp.....	268
8.2.	Dane charakterystyczne urządzenia kotłowego	269
8.3.	Bilans energii urządzenia kotłowego	270
8.4.	Pojęcie sprawności cieplnej urządzenia kotłowego	271
8.4.1.	Sprawność brutto urządzenia kotłowego	271
8.4.2.	Sprawność netto urządzenia kotłowego.....	271

8.4.3.	Metody wyznaczania sprawności cieplnej urządzenia kotłowego	272
8.5.	Wyznaczanie strat ciepła	277
8.5.1.	Strata niecałkowitego spalania S_c	277
8.5.2.	Strata entalpii fizycznej w gorącym żużlu i lotnym popiele S_f	279
8.5.3.	Obliczenia pomocnicze do wyznaczenia ilości spalin w normalnych metrach sześciennych	280
8.5.4.	Strata niezupełnego spalania S_n	282
8.5.5.	Strata wylotowa S_w	283
8.5.6.	Strata ciepła w wodzie chłodzącej elementy urządzenia kotłowego S_{ch}	285
8.5.7.	Strata do otoczenia S_o	285
8.5.8.	Strata entalpii odsolin i odmulin S_{odm}	286
8.5.9.	Wartości przeciętne ważniejszych strat ciepła	286
8.6.	Sposób przeprowadzania badań	287
8.6.1.	Przygotowanie kotła do badań	288
8.6.2.	Ustalony stan cieplny	288
8.6.3.	Czas trwania pomiarów	288
8.7.	Przeprowadzenie pomiarów	289
8.7.1.	Pomiary strumieni masy	289
8.7.2.	Pomiary ciśnień	290
8.7.3.	Pomiary temperatury	290
8.7.4.	Pomiar zużycia paliwa	291
8.7.5.	Pomiar masy pozostałości po spaleniu	291
8.7.6.	Próbki paliwa, żużla, przesypu i lotnego popiołu	292
8.7.7.	Analizy spalin	292
8.7.8.	Częstość odczytów	293
8.8.	Zawartość SO_2 i NO_x w spalinach	293
8.8.1.	Warunki oznaczeń	293
8.8.2.	Zależności obliczeniowe	294
8.9.	Opracowanie wyników badań	295
	Literatura	296

9. Badania sprężarkowych urządzeń chłodniczych 297

doc. dr inż. Jacek Kulesza, doc. dr inż. Jan Żelazny

9.1.	Wiadomości podstawowe	297
9.1.1.	Wstęp	297
9.1.2.	Cel badań	297
9.1.3.	Metody badań urządzeń chłodniczych	298
9.1.4.	Obiegi porównawcze	300
9.2.	Pomiary parametrów obiegów chłodniczych oraz parametrów i strumieni płynów chłodzonych i chłodzących	305
9.2.1.	Pomiary temperatur i ciśnień	305
9.2.2.	Pomiary strumieni płynów chłodzonych i chłodzących	305
9.3.	Pomiary strumieni czynnika chłodniczego krążącego w instalacji	306
9.3.1.	Pomiar strumieni czynnika chłodniczego za pomocą zwężki	306
9.3.2.	Pomiar strumieni czynnika chłodniczego za pomocą rotametrów i mierników przepływu	308
9.3.3.	Pomiar strumieni czynnika chłodniczego za pomocą naczyń cechowanych	308
9.3.4.	Wyznaczanie strumieni czynnika chłodniczego z bilansu dochładzacza	309
9.3.5.	Wyznaczanie strumieni czynnika chłodniczego z bilansu skraplacza chłodzonego wodą	310
9.3.6.	Wyznaczanie strumieni czynnika chłodniczego z bilansu parownika do chłodzenia cieczy	311
9.3.7.	Wyznaczanie strumieni czynnika chłodniczego z bilansu dodatkowego wymiennika ciepła	312

9.3.8.	Wyznaczanie strumieni czynnika z bilansu chłodnicy międzystopniowej w układach dwustopniowych	313
9.3.9.	Wyznaczanie strumienia czynnika chłodniczego z bilansu skraplaczo-parownika urządzeń kaskadowych	315
9.3.10.	Inne metody pomiaru strumieni masy czynnika chłodniczego	316
9.4.	Ocena pracy urządzenia chłodniczego	317
9.4.1.	Moc chłodnicza (wydajność) urządzenia	319
9.4.2.	Obciążenie cieplne skraplacza i dochładzacza (moc cieplna)	319
9.4.3.	Straty ciepłe na rurociągach	319
9.4.4.	Współczynnik wydajności chłodniczej urządzenia jednostopniowego	320
9.4.5.	Sprawność jednostopniowego urządzenia chłodniczego	320
9.4.6.	Bilans cieplny jednostopniowego urządzenia chłodniczego	321
9.4.7.	Współczynniki wydajności chłodniczej urządzenia dwustopniowego	321
9.4.8.	Sprawności dwustopniowego urządzenia chłodniczego	322
9.5.	Ocena podstawowych aparatów (wymienników ciepła) urządzenia	322
9.5.1.	Ocena skraplacza	322
9.5.2.	Inne wymienniki	324
9.6.	Wybór metody badawczej	324
	Literatura	326

10. **Badania urządzeń ogrzewczych, wentylacyjnych i klimatyzacyjnych** 327

doc. mgr inż. *Tadeusz Bratek*

10.1.	Uwagi ogólne	327
10.1.1.	Cel pomiarów	327
10.1.2.	Wielkości charakteryzujące pracę urządzenia	328
10.1.3.	Dokładność pomiarów	328
10.2.	Badania grzejników centralnego ogrzewania i konwektorów z grawitacyjnym przepływem powietrza	329
10.2.1.	Metodyka badań	329
10.2.2.	Określenie mocy cieplnej	330
10.2.3.	Określenie współczynnika przenikania ciepła	331
10.3.	Badania nagrzewnic przeponowych i konwektorów z wymuszonym obiegiem powietrza	331
10.3.1.	Metodyka badań	331
10.3.2.	Określenie mocy cieplnej i współczynnika przenikania ciepła	333
10.3.3.	Określenie charakterystyki cieplnej nagrzewnicy	336
10.3.4.	Określenie oporów hydraulicznych	336
10.4.	Badania komory zraszania	336
10.4.1.	Metodyka badań	336
10.4.2.	Pomiary stopnia zraszania i skuteczności procesu wymiany ciepła i masy	338
10.4.3.	Opracowanie wyników	340
10.5.	Badania klimatyzatorów	341
10.5.1.	Rodzaj i zakres badań	341
10.5.2.	Określenie mocy cieplnej chłodnicy	341
10.5.3.	Pomiar oporów przepływu	345
10.5.4.	Warunki zapewniające poprawną pracę	345
10.6.	Badania instalacji wentylacyjnych i klimatyzacyjnych	352
10.6.1.	Pomiary elementów instalacji	352
10.6.2.	Opracowanie wyników	355
10.7.	Badania mikroklimatu w pomieszczeniach	356
10.7.1.	Warunki komfortu cieplnego	356
10.7.2.	Ocena komfortu cieplnego i wyznaczanie obciążeń termicznych	360
10.7.3.	Metody pomiaru parametrów mikroklimatu	366
	Literatura	368

11.	Podstawowe techniki pomiarowe w badaniach płomieni	369
	prof. dr hab. inż. <i>Józef Jarosiński</i>	
11.1.	Ogólna charakterystyka pomiarów własności płomieni	369
11.2.	Wizualizacja płomieni.....	370
11.2.1.	Metoda smugowa	371
11.2.2.	Metoda cieniowa.....	372
11.2.3.	Metoda interferencyjna	373
11.3.	Pomiar prędkości rozprzestrzeniania się płomienia.....	374
11.4.	Pomiar temperatury płomienia metodą sondowania.....	376
11.5.	Pomiar chemijonizacji w obszarze spalania	379
11.6.	Pobieranie próbek do analizy	379
11.7.	Bezkontaktowe metody badania płomieni	380
11.7.1.	Metody pomiaru oparte na optycznej absorpcji i emisji światła.....	380
11.7.2.	Laserowe metody diagnostyki płomieni	384
	Literatura	388
12.	Symulacje komputerowe zagadnień ciepłno-przepływowych	390
	prof. dr hab. inż. <i>Tadeusz R. Fodemski</i>	
12.1.	Wstęp	390
12.2.	Ogólne uwagi o typach i zastosowaniach kodów.....	391
12.3.	Opis wybranych kodów	394
12.3.1.	Kod do symulacji turbulencji metodą LES.....	394
12.3.2.	Profesjonalne kody ogólnego zastosowania	397
12.3.3.	Kod MAAP i jego zastosowanie do analizy metodą PSA	403
	Literatura	411
13.	Bezpieczeństwo pracy przy obsłudze urządzeń elektrycznych	412
	prof. dr hab. inż. <i>Tadeusz R. Fodemski</i>	
13.1.	Wstęp	412
13.2.	Aktualne przeciwporażeniowe przepisy ogólne.....	413
13.3.	Terminologia i określenia stosowane w przepisach	414
13.4.	Przyłączanie odbiorników i innych urządzeń elektroenergetycznych	417
13.5.	Ochrona od porażen według PN-92/E-05009	418
13.6.	Układy sieciowe.....	418
13.7.	Uwagi końcowe	421
	Literatura	422
	Skorowidz.....	423