

Spis treści

1. Wstęp	13
1.1. Kształtowanie klimatu pomieszczeń.....	13
1.2. Zastosowania praktyczne i formułowane wymagania bezpieczeństwa	16
1.3. Wykres $h-x$ powietrza wilgotnego	18
2. Parametry powietrza wewnątrz pomieszczeń do przebywania ludzi (komfort cieplny)	21
2.1. Wpływ parametrów środowiska wewnętrznego na komfort, zdrowie i wydajność pracy człowieka.....	21
2.2. Parametry wykorzystywane do określania komfortu cieplnego	24
2.3. Parametry służące do wyrażania wymagań czystości powietrza.....	26
2.4. Dotychczasowe zalecenia norm i metody oceny komfortu cieplnego.....	28
2.4.1. Zalecenia normowe.....	28
2.4.2. Wskaźniki komfortu	31
2.4.2.1. Wartość Kata (A)	31
2.4.2.2. Temperatura efektywna	32
2.4.2.3. Zdolność chłodząca (kryterium Rydberga)	32
2.5. Metoda oceny komfortu cieplnego pomieszczeń o środowisku termicznie umiarkowanym	34
2.6. Przepisy i rozporządzenia	42
3. Filtracja powietrza	43
3.1. Wstęp	43
3.2. Zanieczyszczenia powietrza zewnętrznego	43
3.3. Zanieczyszczenia powietrza wewnątrz pomieszczeń	47
3.4. Podstawowe pojęcia i definicje z dziedziny filtracji powietrza.....	49
3.5. Proces filtracji powietrza	51
3.6. Metody badań filtrów powietrza.....	55
3.6.1. Wymagania ogólne.....	55
3.6.2. Stanowisko badawcze	56
3.6.3. Pomiar i obliczenia.....	58
3.6.4. Wymagania dla materiałów do badań	59
3.6.5. Procedura badawcza.....	59
3.7. Klasyfikacja filtrów powietrza	65
3.8. Zastosowanie filtrów powietrza	68
3.9. Przykłady filtrów powietrza.....	72
3.9.1. Konstrukcje filtrów	72

3.10. Normy i przepisy	77
4. Nawilżanie powietrza wilgotnego w praktyce klimatyzacyjnej	81
4.1. Wprowadzenie	81
4.2. Paradoks wilgotności	85
4.3. Procesy nawilżania powietrza	87
4.4. Uzdatnianie powietrza na wykresie $h-x$	91
4.5. Urządzenia nawilżające (tzw. nawilżacze) stosowane w systemach klimatyzacji – budowa i zasada działania typowych urządzeń do nawilżania	92
4.5.1. Komory zraszania – dyszowe	93
4.5.2. Nawilżacze o powierzchniach zraszanych	98
4.5.3. Nawilżacze ultradźwiękowe	99
4.5.4. Rozpylacze wody sprężonym powietrzem – natryskowe	99
4.5.5. Nawilżacze kontaktowe – wyparne	101
4.5.6. Nawilżacze parowe	102
5. Oziębianie i odwilżanie powietrza	111
5.1. Przemiany oziębianego i odwilżanego powietrza na wykresie $h-x$	111
5.2. Model wymiany ciepła z odwilżaniem w przepływowym oziębiaczu powietrza wilgotnego z wytrącaniem wilgoci	113
5.3. Wielkości charakteryzujące oziębiacze powietrza – współczynnik kontaktu i współczynnik obejścia	115
5.4. Oziębiacze wodne i freonowe	118
5.4.1. Oziębiacze wodne	118
5.4.2. Oziębiacze freonowe	119
5.5. Konstrukcje oziębiaczy powietrza	120
5.5.1. Badanie oziębiaczy powietrza	122
5.5.2. Podsumowanie	122
6. Odzysk ciepła i wilgoci w instalacjach wentylacyjnych i klimatyzacyjnych	123
6.1. Zasada działania urządzeń do odzysku ciepła	124
6.2. Odzysk ciepła jawnego	127
6.3. Odzysk ciepła jawnego i utajonego	128
6.4. Odzysk wilgoci – wymiennik rotacyjny z niehigroskopijnym rotorem	129
6.5. Odzysk wilgoci – wymiennik rotacyjny z higroskopijnym rotorem	129
6.6. Zapotrzebowanie mocy cieplnej	130
6.7. Odzysk ciepła w skali rocznej	131
6.8. Rodzaje wymienników do odzysku ciepła – budowa i regulacja	137
6.8.1. Sposoby odzysku ciepła bez cieczy pośredniczącej	138
6.8.2. Odzysk ciepła z czynnikiem pośredniczącym	143

6.9. Spiralny wymiennik ciepła i wilgoci.....	151
6.10. Porównanie efektywności różnych sposobów odzysku ciepła.....	153
7. Kanały wentylacyjne.....	155
7.1. Wstęp	155
7.2. Wymagania	155
7.3. Wymiary.....	158
7.3.1. Kanały o przekroju prostokątnym i kołowym	158
7.3.2. Owalne blaszane kanały wentylacyjne	163
7.4. Sposoby łączenia kanałów	165
7.5. Podwieszenia kanałów	165
7.6. Wybór kształtu kanału	166
7.7. Materiały.....	168
7.7.1. Blachy	169
7.7.2. Tworzywa sztuczne	169
7.7.3. Tkaniny	170
7.7.4. Kanały ceramiczne i kamionkowe	172
7.7.5. Kanały murowane i betonowe.....	172
7.7.6. Włókno szklane.....	172
7.7.7. Kanały elastyczne	173
7.8. Szczelność.....	174
7.8.1. Klasa szczelności kanałów i wskaźnik nieszczelności	174
7.8.2. Badania szczelności kanałów	176
7.9. Izolacja kanałów powietrza	177
7.9.1. Krótka charakterystyka poszczególnych typów izolacji.....	179
7.10. Projektowanie sieci kanałów	183
7.10.1. Metody wymiarowania sieci kanałów.....	183
7.10.2. Spadki ciśnienia w kanałach wentylacyjnych.....	185
7.11. Czystość kanałów wentylacyjnych i klimatyzacyjnych.....	185
7.11.1. Przepisy	186
7.11.2. Normy	189
7.11.3. Zalecenia	191
7.11.4. Kontrola stanu higienicznego instalacji (kanałów).....	192
7.11.5. Metody czyszczenia i dezynfekcji instalacji (kanałów).....	195
7.11.5.1. Czyszczenie kanałów szczotkami obrotowymi.....	195
7.11.5.2. Czyszczenie sprężonym powietrzem	197
7.11.5.3. Czyszczenie z użyciem systemu infradźwiękowego	197
7.11.5.4. Czyszczenie z użyciem agregatu pompowego	198
7.11.5.5. Czyszczenie suchym lodem	198

7.11.5.6. Dezynfekcja instalacji za pomocą biocydów	199
7.11.5.7. Dezynfekcja instalacji za pomocą ozonu	200
7.11.5.8. Dezynfekcja instalacji za pomocą promieniowania ultrafioletowego	201
8. Nawiewniki i wywiewniki	203
8.1. Wstęp	203
8.2. Klasyfikacja nawiewników	204
8.3. Podstawowe pojęcia i symbole związane z nawiewnikami	204
8.4. Typy nawiewników	209
8.5. Badania nawiewników	225
8.5.1. Wielkości mierzone podczas badań	225
8.5.2. Określanie ciśnienia wymaganego dla nawiewnika	226
8.5.3. Określanie ciśnienia wymaganego dla wywiewnika	229
8.5.4. Wyznaczanie prędkości powietrza v_k oraz pola powierzchni odpowiadającej A_k	233
8.5.5. Badanie strugi izotermicznej powietrza wypływającego z nawiewników	235
8.5.6. Alternatywne metody określania zasięgu, rozrzutu oraz wznoszenia i opadania strugi powietrza	241
8.5.7. Badanie strugi nieizotermicznej powietrza wypływającego z nawiewników wyporowych	246
8.6. Normy	251
9. Badanie aerodynamiczne przepustnic instalacji wentylacyjnych i klimatyzacyjnych	253
9.1. Badanie aerodynamiczne przepustnic regulacyjnych i zamykających	254
9.1.1. Badania szczelności zamkniętej przepustnicy regulacyjno-zamykającej	255
9.1.2. Badania szczelności obudowy przepustnicy regulacyjno-zamykającej	256
9.1.3. Badania strumienia przepływającego powietrza i różnicy ciśnień dla różnych położań otwarcia przepustnicy	256
9.2. Badania mechaniczne przepustnic regulacyjnych i zamykających	259
9.2.1. Badania ciśnieniowe do wyznaczania wartości granicznej ciśnienia ze względu na stabilność konstrukcyjną przepustnicy	259
9.2.2. Pomiar momentu obrotowego dźwigni regulacyjnej potrzebnego do otwarcia lub zamknięcia przepustnicy	260

9.2.3. Określenie maksymalnego dopuszczalnego momentu obrotowego elementu sterującego przepustnicy	261
9.3. Badanie współczynnika przenikania ciepła przez przepustnice regulacyjne i zamykające	261
9.3.1. Badanie strat ciepła metodą zastępowania	262
10. Badanie bezkanałowych urządzeń klimatyzacyjnych i pomp ciepła	273
10.1. Stanowisko badawcze do badania bezkanałowych klimatyzatorów i pomp ciepła	275
10.2. Warunki pomiarów wydajności	276
10.2.1. Pomiary temperatur	292
10.2.2. Pomiary ciśnienia żiębnika, cieczy pośredniczących i ciśnienia barometrycznego	294
10.2.3. Pomiary wielkości elektrycznych	294
10.2.4. Pomiary przepływu płynów	295
10.2.5. Pomiary czasu, masy i prędkości	295
10.3. Procedury badań	295
10.3.1. Badanie wydajności żiębnienia	295
10.3.2. Badanie wydajności grzewczej pompy ciepła	297
10.4. Wyznaczanie wydajności żiębnienia klimatyzatora bezkanałowego oraz wydajności grzewczej bezkanałowej pompy ciepła	298
10.5. Badania eksploatacyjne klimatyzatorów bezkanałowych	302
10.5.1. Badanie przy maksymalnych parametrach działania	302
10.5.2. Badanie przy minimalnych parametrach działania i badanie szronienia	303
10.5.3. Badanie odprowadzania wody z oszronienia	303
10.5.4. Badanie odprowadzania skroplin	304
10.6. Badania eksploatacyjne bezkanałowych pomp ciepła	304
10.6.1. Próba działania przy minimalnych parametrach	305
10.6.2. Próba automatycznego odszraniania	305
11. Instalacja wentylacyjno-klimatyzacyjna – klasyfikacja i pomiary	309
11.1. Wstęp	309
11.2. Ważniejsze oznaczenia	309
11.3. Klasyfikacja instalacji i pomieszczeń	310
11.4. Pomiary – zakres i dopuszczalna niepewność	312
11.5. Pomiary podstawowe	314
11.5.1. Pomiar strumienia powietrza	314
11.5.2. Pomiar prędkości powietrza w pomieszczeniu	318
11.5.3. Pomiar temperatury	319
11.5.4. Pomiary innych parametrów	320
11.6. Pomiary specjalne	320
11.6.1. Wentylatory	321

11.6.2. Filtry	324
11.6.3. Wymienniki ciepła.....	324
11.6.4. Nawilżacze powietrza	327
11.6.5. Systemy regulacji i sterowania.....	328
11.6.6. Inne urządzenia	329
11.7. Badania elementów wyposażenia mechanicznego budynków	330
12. Przyrządy pomiarowe w badaniach	333
12.1. Pomiar przepływu powietrza	333
12.1.1. Anemometry.....	337
12.1.1.1. Anemometr czasowy	338
12.1.1.2. Anemometr skrzydełkowy	338
12.1.1.3. Termoanemometr	340
12.1.1.4. Anemometry ultradźwiękowe	343
12.1.1.5. Dopplerowski anemometr laserowy (LDA).....	344
12.1.2. Balometry.....	346
12.1.3. Dzwon pomiarowy	347
12.1.4. Urządzenia spiętrzające.....	349
12.1.4.1. Statyczne rurki Pitota	350
12.1.4.2. Kratownica Wilsona	351
12.1.4.3. Zwężki.....	353
12.1.5. Przepływomierze jonizacyjne	354
12.1.6. Przepływomierze pływakowe	355
12.2. Pomiar temperatury	357
12.2.1. Termometr cieczowy	357
12.2.2. Termometry elektryczne.....	358
12.3. Pomiar wilgotności względnej.....	362
12.3.1. Higrometr	364
12.3.2. Psychrometr.....	367
12.4. Wyznaczanie warunków komfortu cieplnego.....	371
13. Określenie niepewności pomiaru	373
13.1. Definicje.....	374
13.2. Błędy pomiaru	375
13.3. Niepewność pomiaru	376
13.4. Obliczenie niepewności standardowej.....	378
13.5. Przykłady	381
Literatura.....	388