

Spis treści

1. Wprowadzenie	1
1.1 Klimat, klimatyzacja pomieszczeń, technika klimatyzacyjna.....	1
1.2 Wymagania stawiane technice klimatyzacyjnej.....	1
1.2.1 Uczucie komfortu i jakość powietrza w pomieszczeniu.....	2
1.2.2 Uczucie komfortu cieplnego.....	3
1.2.3 Uczucie komfortu nietermicznego.....	3
1.3 Wpływ klimatu na koncepcję obróbki powietrza i eksploatację instalacji klimatyzacyjnych.....	5
1.3.1 Redukcja obciążeń zewnętrznych lub ilości powietrza.....	5
1.3.2 Kształtowanie przepływu powietrza w pomieszczeniu.....	6
1.3.3 Wymagania w stosunku do obróbki powietrza.....	7
1.3.4 Wymagania w stosunku do regulacji.....	7
1.4 Normy, wytyczne, literatura, adresy.....	8
Literatura.....	9
2. Podstawy meteorologiczne	11
2.1 Wstęp.....	13
2.2 Pogoda, stan pogody, klimat.....	14
2.2.1 Pogoda.....	14
2.2.2 Stan pogody.....	15
2.2.3 Klimat.....	15
2.2.4 Parametry obliczeniowe powietrza zewnętrznego.....	17
2.3 Techniczne opracowywanie danych meteorologicznych.....	21
2.3.1 Klimatologia wartości średnich.....	21
2.3.2 Dane dotyczące częstości występowania stanów meteorologicznych.....	22
2.4 Elementy meteorologiczne.....	24
2.4.1 Barometryczne ciśnienie powietrza i gęstość powietrza zewnętrznego.....	24
2.4.2 Wiatr.....	26
2.4.3 Temperatura powietrza zewnętrznego.....	29
2.4.4 Wilgotność powietrza zewnętrznego.....	35
2.4.5 Natężenie promieniowania słonecznego.....	38
2.5 Techniczne opracowanie danych meteorologicznych.....	50
2.5.1 Korelacja elementów meteorologicznych.....	50
2.5.2 Stopniodni, stopniogodziny, gramodni i gramogodziny.....	51
2.5.3 Typowy rok meteorologiczny.....	54
2.5.4 Dane klimatyczne ważne dla celów praktycznych.....	55
Literatura.....	56
3. Podstawy fizjologiczne	59
3.1 Wprowadzenie.....	60
3.2 Bilans cieplny człowieka.....	60
3.2.1 Energetyczna przemiana materii.....	61
3.2.2 Regulacja temperatury ciała.....	61
3.2.3 Produkcja ciepła.....	63
3.2.4 Oddawanie ciepła.....	64
3.2.5 Odzież.....	69
3.3 Klimat cieplny pomieszczenia i uczucie komfortu.....	70
3.3.1 Odczuwanie temperatury przez człowieka.....	71
3.3.2 Uczucie komfortu.....	71

3.3.3	Wielkości wpływające na uczucie komfortu.....	74
3.3.3.1	Temperatura.....	75
3.3.3.2	Prędkość powietrza.....	82
3.3.3.3	Wilgotność powietrza.....	86
3.3.4	Metody pomiarowe.....	88
3.4	Jakościowe i ilościowe zapotrzebowanie powietrza przez człowieka.....	89
3.4.1	Oddychanie.....	89
3.4.2	Zapotrzebowanie na powietrze oraz minimalny strumień objętościowy powietrza zewnętrznego.....	91
3.4.3	Zanieczyszczenie powietrza w pomieszczeniu przez gaz, pary, pyły oraz mikroorganizmy.....	96
3.5	Wpływ szumów, oświetlenia i elektryczności na klimat pomieszczeń.....	103
3.6	Wymagania higieniczne w stosunku do instalacji urządzeń klimatyzacyjnych i wentylacyjnych.....	105
3.6.1	Wymagania w stosunku do projektowania, produkcji i wykonania – zasysanie powietrza zewnętrznego.....	106
3.6.2	Wymagania w stosunku do eksploatacji i konserwacji.....	108
3.6.3	Sanitarne kontrole higieniczne.....	109
3.6.4	Inspekcje higieniczne (sanitarne).....	109
3.6.5	Szkolenie w zakresie higieny.....	111
	Literatura.....	111
4.	Wymiana ciepła.....	113
	Wstęp.....	118
4.1	Przewodzenie ciepła.....	119
4.1.1	Współczynnik przewodzenia ciepła.....	120
4.1.2	Stacjonarne przewodzenie ciepła.....	122
4.1.3	Przenikanie ciepła.....	122
4.1.4	Przenikanie ciepła przez żebra.....	132
4.1.5	Niestacjonarne przewodzenie ciepła.....	138
4.2	Konwekcja.....	149
4.2.1	Płyta z opływem wzdłużnym.....	150
4.2.2	Ciała opływane.....	154
4.2.3	Ciała złożone z płynem przepływającym.....	156
4.2.4	Konwekcja swobodna pojedynczych ciał.....	158
4.2.5	Konwekcja swobodna w warstwach.....	160
4.2.6	Kanały z przepływającym płynem.....	165
4.3	Wymiana ciepła przy zmianie stanu.....	173
4.3.1	Wymiana ciepła przy parowaniu.....	173
4.3.2	Skraplanie.....	178
4.4	Wymiana ciepła przez promieniowanie.....	182
4.4.1	Promieniowanie ciała doskonale czarnego.....	183
4.4.2	Promieniowanie ciała rzeczywistego.....	185
4.4.3	Prawo Kirchhoffa.....	185
4.4.4	Promieniowanie pomiędzy powierzchniami.....	186
4.4.5	Radiacyjny współczynnik przejmowania ciepła.....	189
4.4.6	Temperatura odczuwalna.....	193
4.5	Wymiana masy.....	196
4.5.1	Dyfuzja gazów i przejmowanie masy.....	196

4.5.2	Dyfuzja pary przez substancje stałe	202
4.5.3	Osadzanie się skroplin na powierzchniach wewnętrznych	204
4.5.4	Osadzanie się skroplin na elementach budowlanych pomieszczeń nieklimatyzowanych	204
4.5.5	Wyznaczanie wykraplania wilgoci pod względem przepływu wilgoci dla pomieszczeń klimatyzowanych	210
4.6	Właściwości fizyczne	222
	Literatura	236
5.	Powietrze wilgotne - prawa i ich zastosowanie.....	239
5.1	Wprowadzenie.....	240
5.2	Parametry powietrza wilgotnego.....	241
5.3	Wykres h_{1+x} , x dla powietrza wilgotnego według <i>Moliera</i>	248
5.4	Prawo zachowania masy oraz I zasada termodynamiki w technice klimatyzacyjnej i wentylacyjnej.....	249
5.4.1	Prawo zachowania masy	250
5.4.2	Pierwsza zasada termodynamiki dla układów otwartych.....	250
5.5	Parowanie (dyfuzyjne).....	252
5.6	Wykres t , x według <i>Carriera</i>	255
5.7	Zmiany stanu powietrza wilgotnego w urządzeniach instalacji klimatyzacyjnej i wentylacyjnej.....	257
5.7.1	Komora mieszania.....	257
5.7.2	Nagrzewnica.....	259
5.7.3	Wentylator	261
5.7.4	Przeponowa chłodnica powietrza.....	262
5.7.5	Nawilżacz parowy.....	265
5.7.6	Nawilżacz dyszowy (komora zraszania).....	267
5.7.7	Wymienniki do odzysku ciepła	270
5.7.8	Filtr	272
	Literatura	273
6.	Podstawy techniki chłodniczej.....	275
6.1	Wprowadzenie.....	276
6.2	Chłodnie wyparne	276
6.2.1	Funkcja i budowa	276
6.2.2	Zmiany stanu powietrza oraz wody	279
6.3	Otwarte sorpcyjne agregaty chłodnicze	280
6.3.1	Funkcja i budowa urządzenia.....	280
6.3.2	Wielkości obliczeniowe	282
6.4	Sprężarkowe urządzenia chłodnicze	284
6.4.1	Wprowadzenie.....	284
6.4.2	Przegląd funkcji	285
6.4.3	Obieg <i>Carnota</i>	287
6.4.4	Procesy zachodzące w obiegu rzeczywistym.....	290
6.4.4.1	Obieg.....	290
6.4.4.2	Składniki instalacji.....	292
6.4.5	Czynniki chłodnicze.....	295
6.4.5.1	Początki i rozwój.....	295
6.4.5.2	Właściwości	295
6.4.5.3	Nomenklatura.....	298

6.4.6	Wykres log p, h (p, h)	298
6.4.6.1	Budowa	298
6.4.6.2	Obieg na wykresie p, h	300
6.4.7	Wykresy dla czynników chłodniczych, tablice własności czynników chłodniczych	302
6.5	Absorpcyjne agregaty chłodnicze	327
6.5.1	Wprowadzenie	327
6.5.2	Funkcja	328
6.5.3	Obieg Carnota	330
6.5.4	Rzeczywiste agregaty chłodnicze	332
6.5.5	Wykres log $p, 1/T$	333
	Literatura	337
7.	Podstawy przepływu płynów.....	339
7.1	Wiadomości ogólne	340
7.2	Przepływ wolny od tarcia	341
7.2.1	Równanie ciągłości	342
7.2.2	Równanie energii (równanie Bernoulliego)	343
7.2.3	Ciśnienie całkowite, ciśnienie statyczne i dynamiczne	345
7.3	Zasada zachowania pędu	349
7.4	Przepływ z uwzględnieniem tarcia	350
7.4.1	Równanie energii dla przepływu z uwzględnieniem tarcia	351
7.4.2	Lepkość płynów	351
7.4.3	Prawo podobieństwa	352
7.4.4	Formy przepływu	354
7.4.5	Stopień turbulencji	358
7.4.6	Przepływ przy wlocie do rury i warstwa graniczna	359
7.5	Opory przepływu w kanałach	361
7.5.1	Opory przepływu w rurze prostej	362
7.5.1.1	Współczynnik tarcia w rurach λ przy przepływie laminarnym	362
7.5.1.2	Współczynnik tarcia w rurach λ przy przepływie turbulentnym	363
7.5.1.3	Wysokość chropowatości k	365
7.5.2	Średnica hydrauliczna	367
7.5.3	Średnica równoważna	368
7.6	Opory miejscowe	370
7.6.1	Rozszerzenie przekroju poprzecznego (dyfuzor)	370
7.6.2	Zwężenie przekroju poprzecznego	374
7.6.3	Zmiany kierunku (łuki, kolana)	376
7.6.4	Rozgałęzienia rur	379
7.7	Pomiar przepływu	381
7.8	Przepływ powietrza w pomieszczeniu – wentylacja naturalna i mechaniczna	382
7.8.1	Wentylacja mieszana	386
7.8.1.1	Wprowadzenie oraz charakterystyczne właściwości strumieni powietrza	386
7.8.1.2	Efekt Coandy	399
7.8.1.3	Zapory i przeszkody zamontowane przy suficie	400
7.8.1.4	Otwory wywiewne	400
7.8.1.5	Przepływ w pomieszczeniach zamkniętych	401

7.8.2	Wentylacja wyporowa	408
7.8.3	Wentylacja źródłowa (miejscowa)	409
7.8.4	Skuteczność wentylacji	418
7.8.4.1	Sprawność wymiany powietrza	419
7.8.4.2	Efektywność wentylacji	421
7.8.4.3	Metody pomiarowe	422
7.8.5	Numeryczne obliczanie przepływu powietrza w pomieszczeniu	423
	Literatura	427
8.	Podstawy akustyki	431
8.1	Wprowadzenie	432
8.2	Podstawy fizyczne oraz definicje	432
8.2.1	Powstawanie dźwięku	432
8.2.2	Częstotliwość oraz amplituda ciśnienia akustycznego	434
8.2.3	Moc akustyczna i natężenie akustyczne	435
8.3	Tworzenie i dodawanie poziomów hałasu	439
8.4	Analiza szumów	444
8.4.1	Pasma oktawowo i tercjowo	444
8.4.2	Głośność	446
8.4.3	Krzywe graniczne	448
8.4.4	Szumy impulsowe	450
8.4.5	Poziom uśredniony (norma DIN 45 641)	451
8.4.6	Poziom oceny (norma DIN 45 645)	451
8.5	Dopuszczalne poziomy akustyczne (wymagania w stosunku do „pomieszczeń wymagających ochrony”)	452
8.6	Wpływ pomieszczenia	455
8.6.1	Pomieszczenie quasi-sześciennie	457
8.6.2	Pomieszczenie płaskie i pomieszczenie długie	464
8.7	Izolacja akustyczna	466
8.7.1	Izolacja dźwięku w powietrzu	467
8.7.2	Szacowany wskaźnik izolacyjności akustycznej R'_w	469
8.7.3	Normowana różnica poziomu akustycznego	480
8.7.4	Różnica poziomu w szybie	480
8.8	Podsumowanie	481
	Literatura	481
9.	Podstawy oczyszczania powietrza	483
9.1	Informacje wstępne	483
9.2	Pył i jego zachowanie	485
9.2.1	Pojęcia podstawowe	485
9.2.2	Wyznaczanie rozdrobnienia	487
9.2.3	Prawo opadania cząstek pyłu	488
9.3	Oddzielanie pyłu w filtrach powietrza	490
9.4	Filtry powietrza dla ogólnej techniki klimatyzacyjnej i wentylacyjnej	493
9.4.1	Wymagania	493
9.4.2	Sprawdzenie filtra oraz podział na klasy według normy DIN EN 779 [8]	496
9.4.2.1	Aktualny stan unormowania, opis przebiegu sprawdzenia filtra	496
9.4.2.2	Wielkości oraz ich definicje	499
9.5	Wysokosprawne filtry powietrza	502
9.5.1	Wstęp	502

9.5.2	Teoria filtrów	502
9.5.3	Sprawdzenie filtra oraz podział na klasy według normy DIN EN 1822-1	504
9.5.4	Różnice ciśnienia	507
9.6	Elektrofiltry powietrza	507
9.7	Filtry adsorpcyjne gazu	509
9.7.1	Wstęp	509
9.7.2	Rodzaje budowy i wielkości znamionowe	510
9.7.3	Okres użytkowania	511
9.8	Przykłady wykonania	512
9.8.1	Filtry powietrza dla ogólnej techniki klimatyzacyjnej i wentylacyjnej	512
9.8.1.1	Elementy filtrujące powietrze	512
9.8.1.2	Filtry kieszeniowe	513
9.8.2	Wysokosprawne filtry powietrza	514
9.8.3	Filtry adsorpcyjne gazu	515
	Literatura	515
10	Technika regulacji instalacji klimatyzacyjnej	517
10.1	Podstawy, definicje	517
10.2	Obiekty regulowane	519
10.2.1	Zachowanie statyczne	519
10.2.2	Zachowanie dynamiczne	521
10.3	Regulator	523
10.3.1	Regulator ciągły	523
10.3.2	Regulator nieciągły	526
10.3.3	Specjalne wymagania w stosunku do regulatorów dla instalacji klimatyzacyjnej	527
10.3.4	Technika DDC	530
10.4	Optymalizacja regulatora	533
10.4.1	Nastawy regulacyjne wg metod <i>Chien, Hronesa i Reswicka</i>	533
10.4.2	Nastawy regulacyjne wg metod <i>Zieglera i Nicholasa</i>	534
10.5	Stabilność obwodów regulacyjnych	535
10.5.1	Wpływ zachowania dynamicznego	536
10.5.2	Wpływ zachowania statycznego	537
10.5.3	Obliczanie zaworów	539
10.5.4	Wpływ zachowania statycznego i dynamicznego na stabilność obwodu regulacyjnego	545
10.6	Przykłady regulacji temperatury	547
10.6.1	Instalacja z recyrkulacją powietrza obiegowego i regulacją kaskadową	549
10.6.2	Instalacja w eksploatacji VVS z ciągłym sterowaniem wentylatorów	551
10.7	Przykłady regulacji temperatury i wilgotności	553
10.7.1	Instalacja klimatyzacyjna z komorą zrządzania powietrza	554
10.7.2	Instalacja z nawilżaczem parowym	558
	Literatura	561
11.	Tablice dla pary wodnej i powietrza wilgotnego	563
	Literatura	563