

Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Koninie



Janusz Walczak

TERMODYNAMIKA TECHNICZNA

Konin 2008

Tytuł
Termodynamika techniczna

Autor
Janusz Walczak

Recenzja naukowa
dr hab. Janusz Wojtkowiak

Rada Wydawnicza
dr hab. Wojciech Poznaniak – przewodniczący,
dr hab. Jan Grzesiak, dr Marek Naglewski, dr hab. Mirosław Pawlak,
dr hab. Antoni Sobczak, prof. dr hab. Marian Walczak,
mgr inż. Ewa Kapyszewska – sekretarz Rady

Opracowanie redakcyjne i korekta
Maria Sierakowska

Projekt okładki
Agnieszka Jankowska

Skład i łamanie
Jacek Pielecha
Krzysztof Przybylak

ISBN 978-83-88335-37-2

© Copyright by Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Koninie
© Copyright by Janusz Walczak

Wydawnictwo Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej w Koninie
ul. kard. S. Wyszyńskiego 3C, 62-510 Konin
tel. (063) 249-72-09
e-mail: wydawnictwo@konin.edu.pl

Spis treści

PRZEDMOWA	11
WPROWADZENIE	17
ROZDZIAŁ 1 UKŁADY TERMODYNAMICZNE ZAMKNIĘTE I OTWARTE	19
ROZDZIAŁ 2 UKŁADY ZAMKNIĘTE – PODSTAWOWE ZALEŻNOŚCI TERMODYNAMICZNE	22
2.1. Podstawowe pojęcia termodynamiczne	22
2.2. Termiczne równanie stanu	24
2.3. Gazy doskonałe i półdoskonałe	28
2.4. Odwracalność przemian	29
2.5. Ciepło i praca przekazana czynnikowi	31
2.6. Bilans energetyczny układu zamkniętego. I zasada termodynamiki	35
ROZDZIAŁ 3 UKŁADY OTWARTE	38
3.1. Praca techniczna	38
3.2. Równanie energii układu otwartego	40
ROZDZIAŁ 4 KALORYCZNE RÓWNANIA STANU	44
ROZDZIAŁ 5 SPOSOBY USTALANIA CIEPŁA WŁAŚCIWEGO	46
ROZDZIAŁ 6 PRZYKŁADY BILANSÓW ENERGETYCZNYCH	50
6.1. Turbina zaizolowana cieplnie	51
6.2. Rzeczywista turbina	52
6.3. Tłokowy silnik spalinowy	53
6.4. Kocioł parowy	55
6.5. Kocioł i turbina – siłownia parowa	56
6.6. Kanał nieruchomy	56
6.7. Wymiennik ciepła	57
ROZDZIAŁ 7 MIESZANINY GAZÓW DOSKONAŁYCH	59
ROZDZIAŁ 8 PRZEMIANY TERMODYNAMICZNE GAZÓW DOSKONAŁYCH	65
8.1. Wprowadzenie – modelowanie procesów termodynamicznych	65
8.2. Przemiana izochoryczna	66
8.3. Przemiana izobaryczna	68
8.4. Przemiana izotermiczna	69
8.5. Przemiana izentropowa	72
8.6. Przemiana politropowa	75
8.7. Dławienie	79
8.8. Adiabata nieodwracalna	82
8.9. Mieszanie	85

ROZDZIAŁ 9	ENTROPIA	86
ROZDZIAŁ 10	WYKRES CIEPŁA (T,s)	88
ROZDZIAŁ 11	OBIEGI TERMODYNAMICZNE	95
ROZDZIAŁ 12	OBIEG CARNOTA	100
ROZDZIAŁ 13	OBIEGI NIEODWRACALNE	105
ROZDZIAŁ 14	SFORMUŁOWANIA II ZASADY TERMODYNAMIKI	110
ROZDZIAŁ 15	PARA WODNA NASYCONA I PRZEGRZANA	112
	15.1. Trzy stany skupienia	112
	15.2. Izobaryczny proces parowania	114
	15.3. Para mokra – objętość właściwa i kaloryczne równania stanu	116
	15.4. Para przegrzana	118
	15.5. Wykres (T,s) oraz (i,s) dla pary wodnej	118
	15.6. Przemiany pary wodnej	122
ROZDZIAŁ 16	OBIEGI TERMODYNAMICZNE SIŁOWNI PAROWYCH	131
	16.1. Wprowadzenie	131
	16.2. Możliwości zrealizowania obiegu Carnota w siłowni parowej	132
	16.3. Obieg Clausiusa-Rankine’a	135
	16.4. Jądrowa siłownia parowa	139
	16.5. Sposoby podwyższania sprawności siłowni parowych	142
	16.6. Sprawności rzeczywistej siłowni parowej	151
ROZDZIAŁ 17	POWIETRZE WILGOTNE	156
	17.1. Wprowadzenie i zasadnicze pojęcia	156
	17.2. Podstawowe zależności	159
	17.3. Ilustracja zależności na wykresach	164
	17.4. Zmiany wilgotności w procesach sprężania i chłodzenia	172
	17.5. Wykres (i,X) powietrza wilgotnego	184
	17.6. Izobaryczne przemiany powietrza wilgotnego	185
	17.7. Psychrometr Augusta	188
	17.8. Suszenie	190
	17.9. Rozprężanie gazu wilgotnego	193
ROZDZIAŁ 18	SPALANIE	194
	18.1 Podstawowe pojęcia	194
	18.2. Zapotrzebowanie tlenu i powietrza do spalania	196
	18.3. Skład i ilości gazów spalinowych	200
	18.4. Ciepło spalania i wartości opałowe	203
	18.5. Kontrola procesu spalania	204

18.6. Straty powstające podczas procesu spalania	206
18.7. Temperatura zapłonu	210
18.8. Temperatura spalania	211
ROZDZIAŁ 19 WYMIANA CIEPŁA I WYMIENNIKI	217
19.1. Wprowadzenie	217
19.2. Przewodzenie ciepła	218
19.3. Przewodzenie ciepła przez ściany płaskie oraz w rurach	222
19.4. Przejmowanie ciepła	227
19.5. Przejmowanie ciepła przy zmianie stanu skupienia	235
19.6. Promieniowanie cieplne	239
19.7. Przenikanie ciepła	242
19.8. Wymienniki ciepła	244
19.9. Obliczanie wymienników ciepła	250
ROZDZIAŁ 20 SILNIKI TURBOGAZOWE	253
20.1. Wprowadzenie	253
20.2. Obieg porównawczy silnika turbogazowego	254
20.3. Obieg rzeczywisty	260
ROZDZIAŁ 21 TŁOKOWE SILNIKI SPALINOWE	263
21.1. Wprowadzenie	263
21.2. Obieg Otto – silnika z zapłonem iskrowym	267
21.3. Obieg Diesla – silnika z zapłonem samoczynnym	270
21.4. Obieg Sabathe’a – silnika z zapłonem samoczynnym	273
21.5. Porównanie teoretycznych obiegów silników spalinowych	275
21.6. Sprawności obiegów rzeczywistych	277
21.7. Paliwa stosowane w tłokowych silnikach spalinowych	278
ROZDZIAŁ 22 URZĄDZENIA CHŁODNICZE I POMPY CIEPŁA	280
22.1. Wprowadzenie	280
22.2. Obiegi parowe mokre	282
22.3. Obiegi parowe suche	284
22.4. Obiegi rzeczywiste	286
22.5. Pompy ciepła	287
22.6. Czynniki chłodnicze	289
SPIS LITERATURY	291