



POLSKA AKADEMIA NAUK
Instytut Badań Systemowych

ENERGIA, ŚRODOWISKO | EKONOMIA

Wiesław Ciechanowicz

Warszawa 1995



ENERGIA, ŚRODOWISKO
I
EKONOMIA

Wiesław Ciechanowicz

Warszawa 1995

Opiniodawcy: Prof. dr hab. inż. Jan Łach
Prof. dr hab. inż. Jan Madejski
Członek rzeczywisty PAN

Wydano z wykorzystaniem dotacji
KOMITETU BADAŃ NAUKOWYCH



~~Bibl. polska~~

43297

Wykonano z oryginałów tekstowych dostarczonych przez autora

© Instytut Badań Systemowych PAN, Warszawa 1995

ISBN 83-85847-06-5

Mojemu wychowawcy

Janowi Semce – bojującemu o polskość Ziemi
Sztumskiej w czasie plebiscytu, Żołnierzowi Armii Krajowej,
a następnie więźnowi politycznemu PRL.



Spis treści

Wstęp.....	11
Rozdział 1.....	13
Zasoby energii.....	13
1.1 Źródła energii, nośniki energii, energia pierwotna.....	13
1.2 Energia pierwotna - historia i perspektywy.....	13
1.3 Zasoby energii źródeł nieodnawialnych.....	15
1.3.1 Uwagi wstępne.....	15
1.3.2 Węgiel.....	16
1.3.3 Ropa.....	17
1.3.4 Gaz ziemny.....	18
1.3.5 Paliwa jądrowe energii rozszczepienia.....	18
1.3.6 Paliwa jądrowe energii syntezy.....	18
1.4 Zasoby energii źródeł odnawialnych.....	19
1.4.1 Uwagi wstępne.....	19
1.4.2 Energia słoneczna.....	19
1.4.3 Energia kinetyczna wiatrów.....	20
1.4.4 Energia wnętrza oceanów.....	21
1.4.5 Energia fal morskich.....	21
1.4.6 Energia pływów morskich.....	21
1.4.7 Energia wnętrza skorupy ziemskiej.....	22
1.4.8 Energia rzek.....	23
1.4.9 Energia pozostałości produkcji rolniczej.....	23
1.4.10 Energia odpadów komunalnych.....	23
1.4.11 Energia pozostałości leśnych.....	24
1.4.12 Energia biomasy.....	24
1.5 Magazynowanie energii.....	26
1.5.1 Akumulatory ciepła.....	27
1.5.2 Akumulatory ciepłno-chemiczne.....	27
1.5.3 Akumulatory mechaniczne.....	29
1.5.4 Akumulatory elektryczne.....	30
1.6 Struktura wytwarzanych nośników energii przez technologie odnawialnych źródeł energii.....	30
1.7 Uwagi końcowe.....	32
Literatura.....	34
Rozdział 2.....	39
Środowisko.....	39
2.1 Uwagi wstępne.....	39
2.2 Ekosystem.....	39
2.3 Cykle biogeochemiczne.....	40
2.3.1 Cykl węgla.....	40
2.3.2 Cykl azotu.....	41
2.3.3 Cykl fosforu.....	42
2.3.4 Cykl siarki.....	43
2.4 Zanieczyszczenia atmosfery.....	43
2.5 Efekt cieplarniany.....	44
2.6 Możliwości ograniczania stężenia CO ₂ w atmosferze.....	46

2.6.1 Ustalanie zasad użytkowania paliw kopalnych	47
2.6.2 Usuwanie CO ₂ z gazów kominowych	47
2.6.3 Możliwości akumulacji naturalnej CO ₂	48
2.6.4 Rola energii jądrowej rozszczepienia w ograniczaniu emisji CO ₂ do atmosfery	49
2.7 Dziury	50
2.8 Kwaśne	50
2.9 Wpływ zanieczyszczeń na zdrowie ludzkie	52
2.10 Uwagi końcowe	53
Literatura	53
Rozdział 3	57
Wybrane zagadnienia termodynamiki	57
3.1 Uwagi wstępne	57
3.2 Podstawowe pojęcia i zasady termodynamiki	57
3.2.1 Pojęcie układu, systemu i parametrów stanu	57
3.2.2 Praca, potencjał mechaniczny, energia	58
3.2.3 Pierwsza Zasada Termodynamiki	60
3.2.4 Druga Zasada Termodynamiki	61
3.2.5 Potencjały termodynamiczne	63
3.2.6 Obiegi termodynamiczne, silniki i pompy ciepłe	65
3.2.7 Wybrane obiegi termodynamiczne	66
3.2.8 Praca maksymalna, sprawność II-go rodzaju	70
3.3 Poszanowanie energii	71
3.3.1 Poszanowanie energii jako lepsze wykorzystanie pracy pożytecznej	71
3.3.2 Poszanowanie energii w elektrowniach węglowych	72
3.3.3 Poszanowanie energii w procesach przemysłowych	76
3.3.4 Układy skojarzone	77
3.4 Uwagi końcowe	79
Literatura	79
Rozdział 4	81
Technologie energii jądrowej	81
4.1 Uwagi wstępne	81
4.2 Energia jądrowa rozszczepienia	81
4.2.1 Uwagi wstępne	81
4.2.2 Rys historyczny rozwoju fizyki jądrowej	81
4.2.3 Względne odchylenie masy	82
4.2.4 Promieniotwórczość	82
4.2.5 Energia wiązania	83
4.2.6 Defekt masy	84
4.2.7 Reakcje jądrowe	85
4.2.8 Energia reakcji jądrowych	85
4.2.9 Oddziaływania neutronów z jądrami	86
4.2.10 Proces rozszczepienia	87
4.2.11 Warunki utrzymywania się reakcji łańcuchowej	88
4.2.12 Współczynnik mnożenia	89
4.2.13 Ogólne zasady działania reaktorów jądrowych	90
4.3 Paliwa jądrowe i cykle paliwowe	92
4.4 Reaktory jądrowe rozszczepienia	93
4.4.1 Reaktory termiczne lekkowodne	94
4.4.2 Reaktor termiczny ciężkowodny	95
4.4.3 Reaktor termiczny grafitowy	97
4.4.4 Reaktory wysokotemperaturowe	97

4.4.5 Reaktory prędkie powielające	99
4.4.6 Reaktory na uranie U-233	100
4.4.7 Reaktory nowej generacji o pasywnym układzie samozabezpieczenia się	101
4.4.8 Efekty ekonomiczne.....	102
4.4.9 Wpływ na środowisko.....	102
4.4.10 Znaczenie	103
4.5 Energia jądrowa syntezy	103
4.5.1 Uwagi wstępne	103
4.5.2 Reakcje przebiegające we wnętrzu gwiazd	104
4.6 Synteza D - T.....	105
4.6.1 Reakcje syntezy D-T.....	105
4.6.2 Warunki zajścia reakcji syntezy	106
4.6.3 Koncepcje reaktorów syntezy termojądrowej	107
4.6.4 Stan rozwoju reaktorów syntezy termojądrowej	109
4.6.5 Znaczenie syntezy jądrowej	109
4.6.6 Wpływ na środowisko.....	110
4.7 Mionowo-katalityczna synteza D-T.....	110
4.7.1 Cząstki elementarne.....	110
4.7.2 Zasada działania mionowo-katalitycznej syntezy D-T	111
4.7.3 Stan rozwoju	114
4.7.4 Znaczenie	114
4.8 Synteza "radioaktywnie czysta" typu proton - bor	115
4.9 Układy hybrydowe produkcji paliw jądrowych	117
4.10 Akceleratory powielające	118
4.10.1 Stan rozwoju	119
4.10.2 Efekty ekonomiczne.....	119
4.10.3 Znaczenie	119
4.11 Reaktory hybrydowe syntezy D-T	120
4.11.1 Stan rozwoju	120
4.11.2 Znaczenie	120
4.11.3 Wpływ na środowisko.....	121
4.12 Reaktory hybrydowe mionowo-katalitycznej syntezy D-T.....	121
4.13 Układ hybrydowy energia syntezy - energia rozszczepienia	121
4.14 Możliwe warianty rozwoju systemów jądrowych	122
4.14.1 Uwagi wstępne	122
4.14.2 Możliwe zagrożenia wybranych scenariuszy rozwoju systemów jądrowych.....	124
4.15 Uwagi końcowe	125
Literatura	126
Rozdział 5.....	129
Technologie odnawialnych źródeł energii	129
5.1 Uwagi wstępne.....	129
5.2 Technologie energii słonecznej	129
5.3 Systemy pasywne wykorzystywania energii słonecznej.....	130
5.4 Technologie przetwarzania promieniowania słonecznego.....	131
5.4.1 Promieniowanie ciepłe.....	131
5.4.2 Kolektory słoneczne.....	132
5.4.3 Kolektory płaskie	135
5.4.4 Kolektory soczewkowe paraboliczne i kuliste.....	141
5.4.5 Heliostaty.....	141
5.4.6 Kolektory paraboliczne.....	141

5.4.7	Efekty ekonomiczne.....	141
5.5	Technologie przetwarzania światła słonecznego.....	143
5.5.1	Reaktorów fazyzyczne budowy fotoogniw.....	143
5.5.2	Reaktorów.....	151
5.5.3	Stan rozwoju generatorów fotowoltaicznych.....	153
5.5.4	Efekty ekonomiczne.....	154
5.5.5	Technologia sztucznej fotosyntezy.....	155
5.5.6	Uwagi końcowe.....	155
5.6	Technologie energii kinetycznej wiatrów.....	156
5.6.1	Uwagi wstępne.....	156
5.6.2	Kategorie silników wiatrowych.....	157
5.6.3	Stan rozwoju.....	157
5.6.4	Efekty ekonomiczne.....	158
5.6.5	Znaczenie.....	159
5.6.6	Wpływ na środowisko.....	160
5.7	Technologie biomasy.....	160
5.7.1	Uwagi wstępne.....	160
5.7.2	Technologie chemicznego przetwarzania biomasy.....	160
5.7.3	Technologie biologicznego przetwarzania biomasy.....	162
5.7.4	Fermentacja biomasy.....	162
5.7.5	Beztlenowe biologiczne zgazowywanie biomasy.....	164
5.7.6	Technologie wytwarzania energii elektrycznej i ciepła.....	165
5.8	Uwagi końcowe.....	165
	Literatura.....	166
Rozdział 6	173
Technologie paliw kopalnych.....		173
6.1	Uwagi wstępne.....	173
6.2	Technologie produkcji energii elektrycznej i ciepła.....	173
6.3	Elektrownie konwencjonalne.....	174
6.4	Elektrownie ze spalaniem fluidalnym.....	176
6.5	Układ spalania bezpośredniego węgla, generatora MHD i turbiny parowej.....	177
6.6	Niskokaloryczne zgazowywanie węgla w połączeniu z układem turbiny gazowej i parowej.....	178
6.6.1	Zgazowywanie niskokaloryczne węgla.....	178
6.6.2	Technologie oczyszczania.....	181
6.6.3	Zgazowywanie średniokaloryczne węgla.....	181
6.6.4	Układ mieszany turbiny gazowej i parowej.....	182
6.7	Elektrociepłownie.....	183
6.8	Ogniwa paliwowe.....	184
6.9	Technologie produkcji syntetycznych paliw gazowych i ciekłych.....	190
6.9.1	Katalityczne zgazowywanie węgla.....	191
6.9.2	Zgazowanie węgla przy udziale ciepła jądrowego.....	193
6.9.3	Uwodornianie węgla.....	195
6.9.4	Uwagi do technologii produkcji paliw gazowych.....	195
6.9.5	Rafinacja ropy.....	196
6.9.6	Metody pośrednie upłynniania węgla.....	196
6.9.7	Metody bezpośredniego upłynniania węgla.....	198
6.9.8	Piroliza.....	198
6.10	Uwagi końcowe.....	199
	Literatura.....	199
Rozdział 7	203
Wodór.....		203

7.1 Uwagi wstępne.....	203
7.2 Technologie produkcji wodoru.....	204
7.2.1 Rozkład elektrolityczny	204
7.2.2 Rozkład termochemiczny.....	208
7.2.3 Rozkład termochemiczno-elektrolityczny	209
7.2.4 Rozkład radiolityczny	209
7.2.5 Rozkład termochemiczno-radiolityczny	210
7.2.6 Rozkład radiolityczno-elektrolityczny.....	210
7.2.7 Uwagi końcowe do punktu 7.2.....	212
7.3 Wybrane scenariusze wykorzystywania energii słonecznej do produkcji wodoru na dużą skalę	213
7.3.1 Wodór jako nośnik energii	213
7.3.2 Projekty badawcze prowadzone w RFN.....	214
7.3.3 Wybrane scenariusze wykorzystywania energii słonecznej na dużą skalę	214
7.4 Uwagi	221
Literatura	222
Rozdział 8	223
Ekonomia energii	223
8.1 Uwagi wstępne.....	223
8.2 Problemy planowania systemów energii	225
8.2.1 Uwagi wstępne	225
8.2.2 Planowanie rozwoju.....	225
8.2.3 Planowanie długoterminowe.....	226
8.2.4 Planowanie średnioterminowe	226
8.2.5 Planowanie krótkoterminowe.....	226
8.2.6 Eksploatacja.....	227
8.3 Możliwe rodzaje zagadnień optymalizacji występujące w systemach energii.....	227
8.3.1 Uwagi wstępne	227
8.3.2 Zagadnienie analizy wielokryterialnej w systemach energii.....	228
8.3.3 Zagadnienie układów o parametrach rozłożonych w systemach energii	229
8.3.4 Zagadnienia optymalizacji dynamicznej	231
8.3.4.1 Metody podstawowe bezpośrednie.....	232
8.3.4.2 Metody podstawowe pośrednie	233
8.3.4.3 Metoda funkcjonałów Lagrange'a	234
8.3.5 Zagadnienia programowania liniowego	235
8.3.5.1 Uwagi wstępne	235
8.4 Wybrane przykłady zastosowania metod optymalizacji w zagadnieniach eksploatacji, planowania krótkoterminowego i średnioterminowego	238
8.4.1 Sekwencyjny rozruch i optymalne wyłączanie reaktora	238
8.4.2 Optymalne wypalanie paliwa w rdzeniu reaktora.....	238
8.5 Wybrane przykłady zastosowania metod optymalizacji w zagadnieniach planowania długoterminowego - lokalizacji.....	239
8.5.1 Lokalizacja elektrowni o minimalnych kosztach.....	239
8.5.2 Lokalizacja o możliwie maksymalnym lub minimalnym zasięgu.....	241
8.5.3 Lokalizacja o minimalnym oddziaływaniu	242
8.6 Wybrane przykłady zastosowania metod optymalizacji w zagadnieniach planowania rozwojowego - strategii rozwoju.....	242
8.6.1 Zagadnienie strategii rozwoju systemu jądrowego	242
8.6.2 Zagadnienie współzawodnictwa technologii.....	247
8.6.3 Zagadnienie optymalnego rozwoju przedsiębiorstw.....	248

8.7 Oceny opłacalności przedsięwzięć rozwoju	251
8.7.1 Uwagi wstępne	251
8.7.2 Uczestnicy w procesie zarządzania finansami przedsiębiorstwa i źródła pozyskania kapitału	252
8.7.3 Bilans.....	253
8.7.4 Rachunek wyników.....	254
8.7.5 Przepływy pieniężne.....	255
8.7.6 Analiza wskaźnikowa kondycji finansowej przedsiębiorstwa	256
8.7.7 Wskaźniki zyskowności	256
8.7.8 Wskaźniki bieżącej płynności finansowej.....	257
8.7.9 Wskaźniki zdolności do obsługi zadłużenia	257
8.7.10 Wskaźniki rynku kapitałowego	257
8.7.11 Ryzyko w decyzjach rozwojowych.....	257
8.8 Polityka energetyczna państwa.....	258
8.8.1 Uwagi wstępne	258
8.8.2. Niektóre uwarunkowania rozwoju kraju	258
8.8.3 Sugestie dotyczące polityki energetycznej państwa	264
Literatura	266

IBS

43297

ISBN 83-85847-06-5

W celu uzyskania bliższych informacji i zakupu dodatkowych egzemplarzy
prosimy o kontakt z Instytutem Badań Systemowych PAN
ul. Newelska 6, 01-447 Warszawa
tel. 36-19-01 w. 241 e-mail: kotuszew@ibspan.waw.pl