

Obsah

1. ÚVOD	9
1.1 Jaderná energetika v České republice.....	9
1.2 Jaderná energetika ve světě	10
2. FYZIKÁLNÍ ZÁKLADY JADERNÝCH ZAŘÍZENÍ	11
2.1 Stavba atomu.....	11
2.1.1 Elektronový obal	11
2.1.2 Atomové jádro.....	12
2.1.3 Modely atomových jader.....	13
<input type="checkbox"/> 2.1.3.1 Kapkový model jádra	13
<input type="checkbox"/> 2.1.3.2 Slupkový model jádra.....	14
2.2 Radioaktivní rozpad nestabilních jader	14
2.2.1 Záření alfa.....	14
2.2.2 Záření beta.....	15
<input type="checkbox"/> 2.2.2.1 Záření beta negativní β^-	15
<input type="checkbox"/> 2.2.2.2 Záření beta pozitivní β^+	15
2.2.3 K – záchyt.....	15
2.2.4 Záření gama	15
<input type="checkbox"/> 2.2.4.1 Fotoelektrický jev.....	16
<input type="checkbox"/> 2.2.4.2 Comptonův rozptyl.....	16
<input type="checkbox"/> 2.2.4.3 Tvorba párů elektron – pozitron	16
2.2.5 Záření neutronů	16
<input type="checkbox"/> 2.2.5.1 Pružný rozptyl	16
<input type="checkbox"/> 2.2.5.2 Nepružný rozptyl.....	17
<input type="checkbox"/> 2.2.5.3 Radiační záchyt	17
2.3 Jaderné reakce	17
2.4 Štěpení jader atomů neutrony	18
2.4.1 Řetězová reakce štěpení jader uranu	19
2.4.2 Bilance neutronů.....	20
2.4.3 Difúze neutronů.....	21
2.4.4 Zpomalování neutronů	21
<input type="checkbox"/> 2.4.4.1 Kritéria pro výběr moderátoru.....	21
2.4.5 Neutronový tok v aktivní zóně	22
2.5 Syntéza lehkých jader.....	22
3. JADERNÝ REAKTOR	25
3.1 Klasifikace reaktorů podle neutronového spektra	26
3.2 Klasifikace reaktorů podle konstrukčního uspořádání	26
3.3 Klasifikace podle použitých materiálů	27
3.4 Požadavky na provoz jaderných reaktorů.....	32
3.4.1 Provozní cyklus reaktoru.....	32
3.4.2 Uvolňování tepelné energie.....	33
3.4.3 Výměna paliva.....	34
<input type="checkbox"/> 3.4.3.1 Kampaňový způsob výměny paliva.....	35
<input type="checkbox"/> 3.4.3.2 Kontinuální způsob výměny paliva	35
3.4.4 Otrava a zastruskování reaktoru	35
3.5 Palivové články	36
3.5.1 Jaderné palivo.....	37
3.5.2 Konstrukční a povlakové materiály	37
3.6 Chladiwa	39
3.6.1 Plynná chladiwa	40
<input type="checkbox"/> 3.6.1.1 Oxid uhličitý.....	40

<input type="checkbox"/> 3.6.1.2 Helium	40
3.6.2 Kapalná chladiva	41
<input type="checkbox"/> 3.6.2.1 Voda	41
<input type="checkbox"/> 3.6.2.2 Rztavené soli	41
3.6.3 Tekuté kovy	41
<input type="checkbox"/> 3.6.3.1 Sodík	42
3.7 Moderátory a reflektory	43
3.7.1 Lehká voda	43
3.7.2 Těžká voda	43
3.7.3 Grafit	44
3.7.4 Berylium	45
3.8 Absorpční materiály	45
3.8.1 Materiály s obsahem boru	46
<input type="checkbox"/> 3.8.1.1 Oceli	46
<input type="checkbox"/> 3.8.1.2 Disperzní materiály	46
<input type="checkbox"/> 3.8.1.3 Práškové materiály	46
3.8.2 Hafnium	46
3.8.3 Kadmium	47
3.8.4 Lanthanoidy	47
3.8.5 Konstrukce regulačních tyčí	47
3.9 Další součásti	48
3.9.1 Tlakové reaktorové nádoby	48
3.9.2 Stínění reaktoru	48
4. JADERNÁ PALIVA	50
4.1 Uran	51
4.1.1 Kovový uran	51
<input type="checkbox"/> 4.1.1.1 Výskyt a rudy uranu	51
<input type="checkbox"/> 4.1.1.2 Výroba uranu	52
4.1.2 Fyzikální a mechanické vlastnosti uranu	60
4.1.3 Prášková metalurgie uranu	62
4.1.4 Slitiny uranu	63
<input type="checkbox"/> 4.1.4.1 Alfa slitiny uranu	64
<input type="checkbox"/> 4.1.4.2 Gama slitiny uranu	66
4.1.5 Příprava uranových slitin	68
<input type="checkbox"/> 4.1.5.1 Příprava slitin uranu tavením	68
<input type="checkbox"/> 4.1.5.2 Příprava slitin práškovou metalurgií	69
4.1.6 Vlastnosti uranových slitin	69
4.1.7 Sloučeniny uranu – keramická paliva	70
<input type="checkbox"/> 4.1.7.1 Oxidy uranu	71
4.2 Plutonium	75
4.2.1 Zdroje plutonia	75
<input type="checkbox"/> 4.2.1.1 Tepelné reaktory	75
<input type="checkbox"/> 4.2.1.2 Rychlé reaktory	76
4.2.2 Výroba plutonia	77
<input type="checkbox"/> 4.2.2.1 Základní způsoby přepracování ozářeného paliva	77
<input type="checkbox"/> 4.2.2.2 Výroba kovového plutonia	78
<input type="checkbox"/> 4.2.2.3 Vlastnosti plutonia	79
<input type="checkbox"/> 4.2.2.4 Zpracování plutonia a jeho slitin	80
<input type="checkbox"/> 4.2.2.5 Slitiny plutonia	80
<input type="checkbox"/> 4.2.2.6 Sloučeniny plutonia	81
<input type="checkbox"/> 4.2.2.7 Bezpečnost práce	82
4.3 Thorium	82
4.3.1 Výskyt, rudy a jejich obohacování	82

4.3.2	Výroba thoria.....	83
<input type="checkbox"/>	4.3.2.1 Příprava čistých sloučenin thoria.....	86
<input type="checkbox"/>	4.3.2.2 Příprava kovového thoria	87
4.3.3	Vlastnosti thoria	88
4.3.4	Zpracování thoria	88
4.3.5	Slitiny thoria	90
4.3.6	Sloučeniny thoria.....	92
4.4	Disperzní jaderná paliva	93
4.4.1	Kovová disperzní paliva	93
4.4.2	Nekovová disperzní paliva	94
5.	POVLAKOVÉ A KONSTRUKČNÍ MATERIÁLY.....	95
5.1	Hliník a jeho slitiny	98
5.1.1	Výroba hliníku.....	98
<input type="checkbox"/>	5.1.1.1 Výroba oxidu hlinitého.....	99
<input type="checkbox"/>	5.1.1.2 Elektrolytická výroba hliníku	99
5.1.2	Zpracování hliníku	99
5.1.3	Vlastnosti hliníku	100
5.1.4	Slitiny hliníku	100
5.1.5	Koroze hliníku.....	100
<input type="checkbox"/>	5.1.5.1 Korozní odolnost ve vodě do 100°C	100
<input type="checkbox"/>	5.1.5.2 Korozní odolnost ve vodě nad 100°C.....	101
<input type="checkbox"/>	5.1.5.3 Koroze materiálu SAP ve vodě	102
<input type="checkbox"/>	5.1.5.4 Koroze ve vodní páře.....	102
<input type="checkbox"/>	5.1.5.5 Koroze v plynech.....	102
<input type="checkbox"/>	5.1.5.6 Koroze v taveninách kovů	102
5.1.6	Kompatibilita.....	102
5.2	Hořčík a jeho slitiny	103
5.2.1	Výroba hořčíku.....	103
<input type="checkbox"/>	5.2.1.1 Elektrotermická výroba hořčíku	103
<input type="checkbox"/>	5.2.1.2 Rafinace hořčíku.....	103
<input type="checkbox"/>	5.2.1.3 Termické metody výroby hořčíku	103
5.2.2	Zpracování hořčíku a jeho slitin	104
5.2.3	Vlastnosti hořčíku.....	104
5.2.4	Slitiny hořčíku	105
<input type="checkbox"/>	5.2.4.1 Slitiny Mg - Be	105
<input type="checkbox"/>	5.2.4.2 Slitiny Mg – Zr	106
5.2.5	Koroze hořčíku a jeho slitin	106
5.2.6	Kompatibilita hořčíku a jeho slitin	107
5.3	Zirkonium a jeho slitiny	108
5.3.1	Výroba zirkonia.....	108
<input type="checkbox"/>	5.3.1.1 Metody zpracování zirkonových koncentrátů	108
<input type="checkbox"/>	5.3.1.2 Výroba chloridu zirkoničitého.....	109
<input type="checkbox"/>	5.3.1.3 Oddělování hafnia od zirkonia (dehafnizace).....	110
<input type="checkbox"/>	5.3.1.4 Výroba kovového zirkonia metalotermickým způsobem	111
5.3.2	Rafinace zirkonia.....	113
5.3.3	Tavení a odlévání zirkonia a jeho slitin.....	114
5.3.4	Fyzikální a mechanické a korozní vlastnosti zirkonia.....	114
5.3.5	Zirkoniové slitiny	115
<input type="checkbox"/>	5.3.5.1 Slitiny Zr – Nb.....	115
<input type="checkbox"/>	5.3.5.2 Slitiny Zr – Sn	115
5.3.6	Koroze zirkonia a jeho slitin.....	117
<input type="checkbox"/>	5.3.6.1 Voda	117
<input type="checkbox"/>	5.3.6.2 Plyny, tekuté kovy	118

5.3.7 Kompatibilita zirkoniového povlaku se štěpnými a konstrukčními materiály	119
5.4 Berylium a jeho slitiny	120
5.4.1 Výroba berylia	120
□ 5.4.1.1 Příprava sloučenin pro výrobu berylia	120
□ 5.4.1.2 Výroba kovového berylia	121
5.4.2 Zpracování berylia	122
5.4.3 Vlastnosti berylia	122
5.4.4 Koroze berylia	123
5.4.5 Kompatibilita berylia	123
5.5 Oceli a niklové slitiny	124
5.5.1 Korozní odolnost	124
5.5.2 Kompatibilita se štěpnými materiály	125
5.6 Niob	126
5.6.1 Výroba niobu	126
□ 5.6.1.1 Příprava čistých sloučenin niobu	127
□ 5.6.1.2 Dělení niobu a tantalu	127
□ 5.6.1.3 Výroba kovového niobu	127
5.6.2 Zpracování niobu	128
5.6.3 Mechanické vlastnosti niobu	128
5.6.4 Koroze niobu	128
5.6.5 Kompatibilita niobu	129
5.7 Vanad	130
5.7.1 Výroba vanadu	130
5.7.2 Zpracování vanadu	131
5.7.3 Fyzikální a mechanické vlastnosti	132
5.7.4 Koroze vanadu	132
5.7.5 Kompatibilita vanadu	132
5.8 Ytrium	133
5.8.1 Výroba ytria	133
5.8.2 Zpracování ytria	133
5.8.3 Fyzikální a mechanické vlastnosti ytria	133
5.8.4 Koroze ytria	133
5.9 Betony a plastické hmoty	134
6. VLIV ZÁŘENÍ NA VLASTNOSTI MATERIÁLŮ JADERNÝCH	
REAKTORŮ	134
6.1 Srážkové pochody vyvolané zářením	135
6.2 Zóna poškození v ozářených pevných látkách	137
6.2.1 Mechanismus fokusačních srážek	138
6.3 Vliv záření na vlastnosti kovového uranu, jeho slitin a sloučenin	138
6.3.1 Radiační růst	139
6.3.2 Swelling	140
6.3.3 Vliv záření na mechanické vlastnosti kovového uranu	140
6.3.4 Vliv neutronového záření na mechanické vlastnosti UO_2	141
□ 6.3.4.1 Swelling oxidu uraničitého	141
6.4 Vliv záření na vlastnosti plutonia	141
6.5 Vliv záření na vlastnosti thoria	142
6.6 Vliv záření na povlakové a konstrukční materiály	143
6.6.1 Hliník	143
6.6.2 Zirkonium	144
6.6.3 Hořčík	145
6.6.4 Berylium	145
6.6.5 Ostatní povlakové a konstrukční materiály	145