

1. ÚVOD . . . . .	3
1.1. Aspekty rozvoje jaderné energetiky . . . . .	3
1.2 Apologetika energetiky jaderné . . . . .	5
2. OBECNÁ TECHNOLOGIE JADERNÉ ENERGETIKY . . . . .	7
2.1 Jaderná reakce jaderných paliv . . . . .	7
2.2 Zařízení k uvolňování vazebné energie . . . . .	10
2.3 Jaderná paliva . . . . .	12
2.3.1 Výroba uranu . . . . .	12
2.3.2 Obohacování uranu . . . . .	15
2.3.3 Přepřacování jaderného paliva, výroba plutonia . . . . .	17
2.4 Cyklus jaderného paliva (palivový systém) . . . . .	19
2.4.1 "Spalování" U 238 v systémech s tepelnými neutrony . . . . .	19
2.4.2 "Spalování" U 235 v systémech s tepelnými neutrony . . . . .	21
2.4.3 "Spalování" přírodního uranu v systémech s tepelnými neutrony . . . . .	21
2.4.4 Spalování" U 238 v systémech s rychlými neutrony . . . . .	22
2.5. Hospodářství radioaktivních odpadů . . . . .	22
3. CHARAKTERISTIKY A RESUDIA ŠTĚPENÍ A PLOZENÍ JADERNÉHO PALIVA . . . . .	25
3.1 Geneze neutronů . . . . .	25
3.1.1 Počet sekundárních neutronů . . . . .	26
3.1.2 Zpožděné neutrony . . . . .	27
3.2 Pohlcování a rozptyl neutronů . . . . .	28
3.3 Energetická výtěžnost jaderných reakcí jaderného paliva . . . . .	31
3.4 Charakter štěpných produktů . . . . .	32
3.5 Kritická velikost neutrony reprodukcující soustavy . . . . .	33
4. KLASIFIKACE, TYPY A STAVBA JADERNÝCH REAKTORŮ . . . . .	34
4.1 Klasifikace jaderných reaktorů . . . . .	36
4.1.1 Klasifikace reaktorů podle složek aktivní zóny . . . . .	36
4.1.2 Klasifikace reaktorů podle uspořádání aktivní zóny . . . . .	36
4.1.3 Klasifikace reaktorů podle uspořádání primárního okruhu . . . . .	37
4.1.4 Klasifikace reaktorů podle účelu . . . . .	38
4.2 Typy jaderných reaktorů . . . . .	40
4.2.1 Reaktory chlazené vodou . . . . .	40
4.2.1.1 Tlakovodní reaktory . . . . .	40
4.2.1.2 Varné reaktory . . . . .	50
4.2.2 Plynem chlazené reaktory . . . . .	54
4.2.3 Rychlé (množivé) reaktory chlazené tekutými kovy (LMFBR) . . . . .	59
5. ZÁKLADY TEORIE A VÝPOČTU JADERNÉHO REAKTORU . . . . .	61
5.1 Difuse neutronů v aktivní zóně reaktoru . . . . .	62
5.1.1 Analýza skladby transportní rovnice . . . . .	62
5.1.1.1 Interakce neutronů s jádry atomů aktivní zóny (člen A) . . . . .	62
5.1.1.2 Zdroj neutronů (člen V) v objemové jednotce aktivní zóny . . . . .	63
5.1.1.3 Únik při transportu neutronů elementem aktivní zóny (člen U). . . . .	64
5.1.2 Rovnice difuse neutronů . . . . .	65
5.1.3 Zpětný odraz neboli reflexe neutronů . . . . .	67
5.2 Moderace neutronů v aktivní zóně . . . . .	68
5.2.1 Moderace neutronů v neutrony neabsorbující a nekonečně velikém prostředí . . . . .	70



5.2.2	Moderace neutronů v neutrony absorbujícím a nekonečně velikém prostředí . . . . .	71
5.3	Rozložení polyenergetických neutronů v prostoru aktivní zóny reaktoru . . . . .	71
5.4	Výpočet kritické velikosti a kritického složení reaktoru . . . . .	74
5.4.1	Kritická rovnice homogenního reaktoru . . . . .	75
5.4.2	Kritická rovnice heterogenního reaktoru . . . . .	78
5.5	Tepelný a hydraulický výpočet reaktoru . . . . .	82
5.5.1	Hydraulické poměry reaktoru typu PWR . . . . .	84
5.5.2	Přenos tepla v aktivní zóně reaktoru . . . . .	88
5.6	Některé zvláštnosti pevnostního výpočtu reaktoru . . . . .	92
5.7	Základní aspekty výpočtu dynamických jevů reaktoru . . . . .	93
5.7.1	Krátkodobé jevy časového chodu reaktoru . . . . .	93
5.7.2	Dlouhodobé jevy časového chodu reaktoru . . . . .	96
6.	REGULACE, MĚŘENÍ A STÍNĚNÍ JADERNÉHO REAKTORU . . . . .	97
6.1	Regulace jaderného reaktoru . . . . .	97
6.2	Měřicí systém jaderného reaktoru . . . . .	99
6.3	Stínění jaderných reaktorů . . . . .	102
7.	JADERNÉ ELEKTRÁRNY . . . . .	103
7.1	Tepelná a technologická schémata jaderných centrál . . . . .	109
7.1.1	Tepelná a technologická schémata jaderných elektráren s vodovodními reaktory . . . . .	111
7.1.2	Tepelné a technologické schéma jaderné elektrárny s varným reaktorem . . . . .	112
7.1.3	Tepelné a technologické schéma jaderné elektrárny s rychlým reaktorem . . . . .	112
7.2	Technologická schémata pomocných systémů napojených na hlavní systém chlazení jaderného reaktoru . . . . .	116
7.2.1	Systém doplňování chladiva do primárního okruhu vodo-vodního reaktoru . . . . .	116
7.2.2	Systém čištění primární vody . . . . .	117
7.2.3	Systém čištění odpadních radioaktivních plynů . . . . .	117
7.2.4	Ventilační systémy jaderné elektrárny . . . . .	118
7.2.5	Systém zásobování jaderné centrály technickou vodou . . . . .	118
7.2.6	Systém kompenzace tepelného objemového rozšíření chladiva reaktoru . . . . .	118
7.2.7	Systém havarijního chlazení aktivní zóny reaktoru . . . . .	120
7.3	Územní a dispoziční řešení jaderné centrály . . . . .	121
7.4	Bezpečnost jaderných elektráren . . . . .	127
7.4.1	Ochrana jaderné elektrárny proti vnějším vlivům . . . . .	128
7.4.2	Zabezpečení jaderné elektrárny proti vnitřním havarijním vlivům (maximální projektová havarie) . . . . .	129
7.5	Tepelný cyklus jaderné elektrárny . . . . .	133
7.5.1	Tepelná účinnost jaderné centrály (dvouokruhové) . . . . .	135
7.5.2	Spotřeba jaderného paliva jadernou centrálou . . . . .	136
8.	HOSPODÁŘSTVÍ VYHOŘELÉHO PALIVA NA JADERNÉ ELEKTRÁRNĚ . . . . .	138
8.1	Manipulace s ozářeným palivem . . . . .	138
8.2	Skladovací bazény čerstvě vyhořelých palivových souborů . . . . .	140



	str.
8.3 Mezisklady vyhořelého paliva . . . . .	141
9. STROJNÍ ENERGETICKÁ ZAŘÍZENÍ JADERNÝCH CENTRÁL . . . . .	144
9.1 Potrubí na jaderné elektrárně . . . . .	144
9.1.1 Tvarovky . . . . .	146
9.1.2 Spojování potrubí . . . . .	146
9.1.3 Uložení a upevnění potrubí . . . . .	147
9.1.4 Kompensace tepelné roztažnosti potrubí . . . . .	150
9.1.5 Zařízení pomocná na potrubních systémech jaderné elektrárny .	152
9.1.6 Tepelná izolace potrubí . . . . .	154
9.2 Armatury jaderněenergetických zařízení . . . . .	155
9.3 Reaktorová čerpadla . . . . .	158
9.3.1 Hlavní oběhová odstředivá čerpadla . . . . .	159
9.3.2 Čerpadla okruhů čištění a doplňování reaktoru . . . . .	164
9.3.3 Elektromagnetická čerpadla . . . . .	165
9.4 Výměníky tepla na jaderné elektrárně . . . . .	166
9.4.1 Výpočet teplosměnné plochy výměníku tepla . . . . .	169
9.5 Parní generátory jaderných elektráren . . . . .	173
9.5.1 Parní generátory tlakovodních reaktorů . . . . .	175
9.5.2 Parní generátory jaderných elektráren s LMFBR . . . . .	180
9.5.3 Zásady pro návrh a realizaci optimální koncepce s konstrukce parního generátoru . . . . .	185
9.6 Turbíny na admisní sytou páru . . . . .	187
9.6.1 Parní turbína ŠKODA 1000 MW na admisní sytou páru . . . . .	188
9.6.2 Přihříváky - separátory páry turbín na admisní sytou páru . .	193
9.6.3 Vnější těsnost turbíny napojené na varný reaktor . . . . .	194
10. ZÁVĚR . . . . .	195
LITERATURA . . . . .	201
OBSAH . . . . .	207