

| | |
|---|----|
| 1. <u>Světový energetický problém</u> | 3 |
| 1.1 Energetika a energetický problém | 3 |
| 1.2 Časové členění energetického problému | 7 |
| 1.2.1 Prvá etapa řešení energetického problému | 7 |
| 1.2.2 Střednědobé řešení energetického problému (do roku 2000) ... | 8 |
| 1.2.3 Pozdní období (do roku 2030) | |
| 1.3 Světová spotřeba primární energie | 9 |
| 1.3.1 Dosavadní vývoj spotřeby primární energie | 9 |
| 1.3.2 Prognózy dalšího vývoje světové spotřeby primární energie .. | 11 |
| 1.4 Světové zdroje primární energie | 13 |
| 1.4.1 Konvenční zásoby a zdroje fosilních paliv | 16 |
| 1.4.2 Nekonvenční zdroje ropy a zemního plynu | 19 |
| 1.4.3 Jaderné zdroje | 20 |
| 1.4.4 Obnovitelné zdroje primární energie | 21 |
| 2. <u>Energetická situace v ČSFR</u> | 23 |
| 2.1 Vývoj spotřeby primární energie v ČSFR | 23 |
| 2.1.1 Struktura spotřeby primární energie v ČSFR | 24 |
| 2.1.2 Energetická náročnost československého průmyslu | 25 |
| 2.1.3 Další rozvoj zdrojů primární energie v ČSFR | 26 |
| 2.2 Úloha tuhých fosilních paliv | 28 |
| 2.2.1 Hnědé uhlí a lignity | 28 |
| 2.2.2 Černé uhlí | 28 |
| 2.3 Úloha jaderné energetiky v ČSFR | 29 |
| 2.4 Rozvoj československé elektroenergetiky | 31 |
| 3. <u>Řešení energetického problému dnes: štěpné jaderné reaktory</u> | 33 |
| 3.1 Jaderný energetický reaktor a jeho funkce | 33 |
| 3.1.1 Štěpná řetězová reakce | 33 |
| 3.1.2 Jaderný energetický reaktor a jeho části | 34 |
| 3.1.3 Palivové články | 35 |
| 3.1.4 Aktivní zóna | 36 |
| 3.1.5 Systém řízení reaktoru | 37 |
| 3.1.6 Systém odvodu tepla | 37 |
| 3.1.7 Ochranná obálka (kontejnment) | 38 |
| 3.1.8 Jaderná elektrárna | 39 |
| 3.2 Základní typy jaderných energetických reaktorů | 40 |
| 3.2.1 Dosavadní vývoj jaderných reaktorů | 41 |
| 3.2.2 Současný stav vývoje energetických reaktorů | 44 |
| 3.3 Perspektivy jaderné energetiky do roku 2000 | 46 |
| 4. <u>Tlakovodní reaktory</u> | 47 |
| 4.1 Základní koncepce tlakovodních reaktorů | 47 |
| 4.2 Výstavba JE s tlakovodními reaktory západní koncepce | 50 |
| 4.3 Tlakovodní reaktory KWU - Biblis | 52 |
| 4.3.1 Harmonogram výstavby | 52 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 4.3.2 | Uspořádání jaderné elektrárny | 53 |
| 4.3.3 | Ochranná obálka | 54 |
| 4.3.4 | Reaktor elektrárny Biblis | 55 |
| 4.3.5 | Pohony regulačních tyčí | 56 |
| 4.3.6 | Parní generátory | 57 |
| 4.3.7 | Hlavní oběhové čerpadlo | 58 |
| 4.3.8 | Nouzové (havarijní) dochlazování reaktoru | 58 |
| 4.4 | Vývojové tendence tlakovodních reaktorů | 59 |
| 4.4.1 | Jednotkový výkon reaktoru | 60 |
| 4.4.2 | Zvýšení pohotovosti elektrárny | 60 |
| 4.4.3 | Snížení profesionální radiační expozice | 61 |
| 4.4.4 | Zvyšování bezpečnosti | 61 |
| 4.5 | Současný stav vývoje tlakovodních reaktorů | 62 |
| 4.5.1 | Tlakovodní reaktory firmy Westinghouse | 62 |
| 4.5.2 | Tlakovodní reaktory Babcock & Wilcox | 64 |
| 4.5.3 | Tlakovodní reaktory FRAMATOM | 66 |
| 4.5.4 | Tlakovodní reaktory společnosti KWU | 67 |
| 4.6 | Tlakovodní reaktory s vysokou konverzí paliva | 68 |
| 5. | <u>Tlakovodní reaktory VVER</u> | 71 |
| 5.1 | Reaktory VVER-440 | 71 |
| 5.1.1 | Palivová tyč | 71 |
| 5.1.2 | Palivový článěk | 73 |
| 5.1.3 | Regulační článěk | 73 |
| 5.1.4 | Aktivní zóna | 76 |
| 5.1.5 | Koš aktivní zóny | 76 |
| 5.1.6 | Blok ochranných trubek | 77 |
| 5.1.7 | Nosný válec aktivní zóny (šachta) | 78 |
| 5.1.8 | Reaktorová nádoba | 80 |
| 5.1.9 | Uspořádání reaktoru VVER-440 | 82 |
| 5.1.10 | Tepelné schéma jaderné elektrárny s reaktorem VVER-440 ... | 82 |
| 5.1.11 | Parní generátor | 83 |
| 5.1.12 | Hlavní oběhové čerpadlo | 85 |
| 5.1.13 | Kompenzátor objemu | 87 |
| 5.1.14 | Hlavní uzavírací šoupátko | 89 |
| 5.1.15 | Hlavní oběhová potrubí | 90 |
| 5.1.16 | Bezpečnostní systémy reaktorů VVER-440 | 90 |
| 5.1.17 | Závěrečné poznámky k bloku VVER-440 | 93 |
| 5.2 | Reaktory VVER-1000 | 94 |
| 5.2.1 | Palivový článěk | 94 |
| 5.2.2 | Vnitřní části reaktoru | 95 |
| 5.2.3 | Reaktorová nádoba | 95 |
| 5.2.4 | Reaktor | 96 |
| 5.2.5 | Primární okruh a ochranná obálka | 97 |
| 5.3 | Vývojové tendence reaktorů VVER | 97 |
| 5.3.1 | Dosavadní vývoj reaktorů VVER | 97 |
| 5.3.2 | Zvláštnosti vývoje sovětských tlakovodních reaktorů VVER .. | 101 |
| 6. | <u>Rychlé množivé reaktory</u> | 103 |
| 6.1 | Základní koncepce rychlých reaktorů | 103 |

| | | |
|--------|--|-----|
| 6.1.1 | Množivé charakteristiky rychlých reaktorů | 104 |
| 6.1.2 | Uspořádání rychlého reaktoru | 105 |
| 6.1.3 | Sodík jako chladivo rychlých reaktorů | 105 |
| 6.1.4 | Palivové články rychlých reaktorů | 107 |
| 6.1.5 | Regulační tyče rychlých reaktorů | 108 |
| 6.1.6 | Aktivní zóna | 109 |
| 6.1.7 | Množivá zóna | 109 |
| 6.1.8 | Integrální a smyčkové řešení primárního okruhu | 110 |
| 6.1.9 | Tříokruhové uspořádání jaderné elektrárny s rychlým reaktorem | 110 |
| 6.1.10 | Parní generátory | 110 |
| 6.2 | Průmyslové prototypy rychlých reaktorů | 111 |
| 6.2.1 | Francouzský rychlý reaktor Super Phenix-1 | 113 |
| 6.2.2 | Další projekty elektráren s rychlými reaktory | 115 |
| 6.3 | Palivový cyklus rychlých reaktorů | 115 |
| 6.4 | Bezpečnost rychlých reaktorů | 117 |
| 6.5 | Ekonomické problémy výstavby rychlých reaktorů | 118 |
| 7. | <u>Vysokoteplotní reaktory</u> | 119 |
| 7.1 | Základní koncepce HTGR | 120 |
| 7.1.1 | Palivo vysokoteplotních reaktorů | 120 |
| 7.1.2 | Aktivní zóna | 122 |
| 7.1.3 | Reaktorová nádoba | 122 |
| 7.1.4 | Integrální a smyčkové uspořádání | 123 |
| 7.1.5 | Bezpečnost vysokoteplotních reaktorů | 123 |
| 7.2 | Demonstrační JE s HTGR | 123 |
| 7.3 | Další vývoj vysokoteplotních reaktorů | 125 |
| 7.3.1 | Západoněmecký projekt HTR-500 | 125 |
| 7.3.2 | Modulová koncepce HTGR | 125 |
| 7.4 | Perspektivy vysokoteplotních reaktorů | 127 |
| 8. | <u>Štěpné jaderné reaktory druhé jaderné éry</u> | 128 |
| 8.1 | Bezpečnost štěpných jaderných systémů | 128 |
| 8.1.1 | Současné požadavky na bezpečnost jaderných elektráren | 129 |
| 8.1.2 | Inherentní bezpečnost jaderných reaktorů | 130 |
| 8.2 | Tlakovodní reaktory nové generace | 131 |
| 8.2.1 | Bezpečnostní systémy tlakovodních reaktorů | 131 |
| 8.2.2 | Další vývoj bezpečnostních systémů tlakovodních reaktorů .. | 132 |
| 8.3 | Projekty inherentně bezpečných reaktorů | 132 |
| 8.3.1 | Projekty založené na koncepci PIUS | 133 |
| 8.3.2 | Projekty modulových vysokoteplotních reaktorů | 135 |
| 8.3.3 | Modulové reaktory chlazené sodíkem | 136 |
| 8.3.4 | Projekty s použitím netradičních chladiv | 138 |
| 9. | <u>Vodíková energetika</u> | 140 |
| 9.1 | Historický vývoj "vodíkové energetiky" | 141 |
| 9.2 | Vodík jako sekundární palivo | 141 |
| 9.3 | Výroba vodíku | 143 |
| 9.3.1 | Přímý tepelný rozklad vody | 143 |
| 9.3.2 | Elektrolýza vody nebo páry | 143 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 9.3.3 | Štěpení vody v uzavřeném termochemickém cyklu | 144 |
| 9.3.4 | Štěpení uhlovodíků v otevřeném termochemickém cyklu | 145 |
| 9.4 | Dálkový přenos jaderné energie (systém EVA-ADAM) | 145 |
| 9.5 | Využití vysokoteplotních reaktorů v technologických procesech ... | 146 |
| 9.5.1 | Zplyňování uhlí | 147 |
| 9.5.2 | Projekt vysokoteplotního technologického reaktoru | 149 |
| 9.6 | Perspektivy vodíkové energetiky | 150 |
| 10. | <u>Ekologické problémy energetiky</u> | 152 |
| 10.1 | Rizika energetických technologií | 153 |
| 10.1.1 | Odhad, hodnocení a kontrola rizika | 155 |
| 10.1.2 | Kvantifikace zdravotního rizika energetických systémů | 155 |
| 10.2 | Vliv fosilní energetiky na životní prostředí | 157 |
| 10.2.1 | Uhlí | 157 |
| 10.2.2 | Ropa a její deriváty | 160 |
| 10.2.3 | Zemní plyn | 162 |
| 10.2.4 | Odpadní teplo | 162 |
| 10.2.5 | Trasy vysokého napětí a jejich působení na životní prostředí | 164 |
| 10.2.6 | Účinky znečišťujících výpustí na celosvětové klima | 165 |
| 10.3 | Vliv obnovitelných zdrojů energie na životní prostředí | 166 |
| 10.3.1 | Geotermální energie | 167 |
| 10.3.2 | Přímé využití sluneční energie | 167 |
| 10.3.3 | Vliv využívání energie větru | 167 |
| 10.3.4 | Důsledky využívání energie vodních toků | 168 |
| 10.3.5 | Důsledky využívání živé hmoty | 168 |
| 10.4 | Jaderná energie a životní prostředí | 169 |
| 10.4.1 | Biologické účinky ionizujícího záření | 170 |
| 10.4.2 | Normální provoz jaderných elektráren | 172 |
| 10.4.3 | Havárie jaderné elektrárny s únikem radioaktivních látek .. | 173 |
| 10.4.4 | Vnější palivový cyklus | 175 |
| | Použitá a doporučená literatura | 179 |
| | Obsah | 182 |