

# Kritický súbor SUR-100 na Slovenskej technickej univerzite

Rozvoj jadrovej fyziky a techniky, ako aj jadrovej energetiky je úzko spojený s existenciou a využívaním školských a experimentálnych jadrovo-fyzikálnych zariadení. Jadrová energetika, ktorá je ťažiskom energetiky Slovenska, nevyhnutne potrebuje k bezpečnej a spoľahlivej prevádzke kvalitné vysokoškolsky vzdelané kádre. Táto skutočnosť je známa a zodpovedá zvýšeným požiadavkám na bezpečnosť jadrových elektrární.

Po neúspechu s realizáciou školského jadrového reaktora VR-1B v areáli Mlynskej doliny v Bratislave sa nám podarilo nadviazať spoluprácu s Technickou univerzitou Mníchov. Jej výsledkom je bezplatný prevod zariadenia SUR-100 na Slovenskú technickú univerzitu v Bratislave, ktorý sa realizuje v súčasnosti. Toto jadrovo-fyzikálne zariadenie pracovalo v Mníchove od r. 1962 a r. 1981 ho odstavili pre zmenu odborného zamerania Katedry reaktorovej dynamiky a bezpečnosti reaktorov. V Spolkovej republike Nemecko a Západnom Berlíne uviedli v rokoch 1962—1973 do prevádzky 12 takýchto kritických súborov, pričom 10 z nich stále slúži svojmu pôvodnému účelu. Aj napriek dlhej prevádzke sú aj odstavené kritické súbory typu SUR-100 v plnom rozsahu schopné svojej funkcie.

## Technická charakteristika

Kritický súbor firmy Siemens SUR-100 je jadrovo-fyzikálne zariadenie s pevnou homogénnou aktívnou zónou s výkonom 100 mW. Vonkajšia nádoba kritického súboru tvorí biologickú ochranu v radiálnom smere a obslužný pult. V nádobe sa nachádza aktívna zóna s reflektorom, kontrolné a riadiace jednotky, experimentálne zariadenia a tieniace materiály. Obslužný pult obsahuje väčšiu časť jeho elektrického vybavenia, ako aj riadiace a bezpečnostné spínače.

Rozmiestnenie jednotlivých komponentov zariadenia znázorňuje obr. 1 a 2. Aktívna zóna (1) je spolu s vnútorným grafitovým tieniacim umiestnená vo vnútornej nádobe kritického súboru (3). Aktívnu zónu (1) a reflektor obklopuje približne 10 cm hrubé olovené tienenie. V radiálnom smere slúži ako vonkajšie tienenie nádoba reaktora (6) naplnená vodným roztokom kyseliny boritej (koncentrácia 5 %), vo vertikálnom smere nahor tieniaci kryt, pozostávajúci zo zmesi bórkarbidu a polyetylénu. Základová doska (15) nesie

olovené tienenie (4), vonkajší reflektor (2), vnútornú reaktorovú nádobu (3) s vnútorným reflektorom a aktívnou zónou (1), ako aj tepelnú kolónu (14). Na základovej doske sú upevnené aj kontrolné zariadenia so svojimi pohonmi (vnútorné zdvihové zariadenie (17), ako aj oba pohony regulačných platní (7a) s regulačnými platňami vedenými obalmi (7)).

Neutrónové detektory (detekčné trubice a ionizačné komory) (8) sa nachádzajú vo výške aktívnej zóny vnútri vonkajšej nádoby kritického súboru (6). Predzosilňovač patriaci k detekčnej trubici a vysoko-napäťový filter ionizačnej komory sú uložené na stene montážneho priestoru. Prístup k údržbe kontrolných zariadení (7, 7a, 16, 16a, 17, 17a), ako aj neutrónových detektorov a ich predzosilňovačov, resp. vysoko-napäťových filtrov v montážnom priestore je cez tieniace dvere.

Na experimenty sú k dispozícii okrem tepelnej kolóny (14) aj experimentálne kanály.

Aktívnu zónu tvorí zmes jadrového paliva a moderátora. Ako palivo je použitý obohatený urán, ktorý obsahuje 20 % štíepneho izotopu  $^{235}\text{U}$  vo forme práškového  $\text{U}_3\text{O}_8$ , ako moderátor slúži polyetylén. Granulácia uránového prášku je natoľko jemná, že zmiešanie s moderátorom vyzerá homogénne. Zmes, ktorá má hustotu  $1250 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  a obsahuje  $60 \text{ mg } ^{235}\text{U}\cdot\text{cm}^{-3}$ , je zlisovaná v cylindrických platniach s priemerom 240 mm. Hrúbky platní sú rozdielne, aby sme ich kombináciou mohli meniť výšku aktívnej zóny v rozmedzí 227 mm — 275 mm s možným posunom 1 mm. Presnú výšku aktívnej zóny možno stanoviť kritickým experimentom.

## Umiestnenie SUR-100

Kritický súbor SUR-100 patrí k univerzálnym jadrovo-fyzikálnym zariadeniam, ktoré nemusia byť vo zvláštne upravených priestoroch. Môže to byť miestnosť s plošnou výmerou  $45 \text{ m}^2$  a svetelnou výškou 4,5 m, vybavená vzduchotechnikou, bežnou v laboratóriách pre prácu s rádioizotopmi. Jeho umiestnenie v rádioizotopovom laboratóriu Katedry jadrovej fyziky a techniky Elektrotechnickej fakulty Slovenskej technickej univerzity v Mlynskej doline nevyžaduje podstatnejšie stavebné úpravy. Inštalácia bezpečnostného systému je potrebná na fyzickú ochranu jadrových materiálov.

## Možné účinky na okolité prostredie

Normálna prevádzka kritického súboru SUR-100 pri nominálnom výkone 100 mW nemôže spôsobiť uvoľnenie produktov štiepenia do okolitého prostredia. Štiepne produkty sú viazané v homogénnej zmesi  $U_3O_8$  a polyetylénu a navyše aktívna zóna je umiestnená v hermetickom hliníkovom obale, ktorého tesnosť sa permanentne kontroluje. V okolí zariadenia sa vytvorí radiačné pole s nasledovnou intenzitou:

— na povrchu tienenia v radiálnom smere na úrovni stredu aktívnej zóny je príkon dávkového ekvivalentu neutrónového žiarenia  $7 \mu Sv \cdot h^{-1}$ , dávkový príkon fotónov  $\gamma$   $18 \mu Gy \cdot h^{-1}$ ;

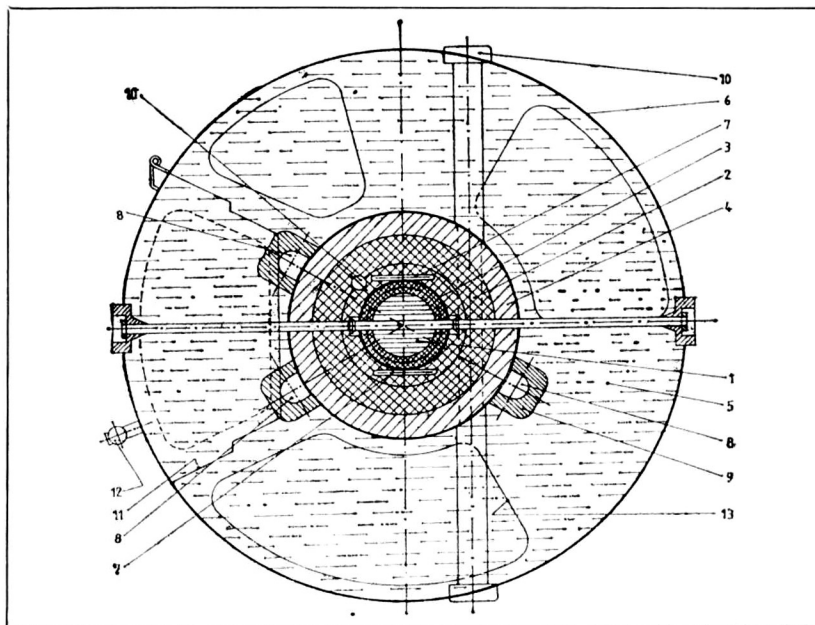
— na povrchu grafitovej kolóny v axiálnom smere je príkon dávkového ekvivalentu neutrónového žiarenia približne  $100 \mu Sv \cdot h^{-1}$ , dávkový príkon fotónov  $\gamma$  vyše  $20 \mu Gy \cdot h^{-1}$ .

Počas prevádzky zariadenia sa na jeho plošine nesmie trvale nachádzať obslužný personál, vstup na hornú plošinu je blokovaný. V prípade porušenia zákazu sa zariadenie automaticky odstavi.

Zvýšená úroveň dávkového príkonu je v okolí ústia centrálného horizontálneho ožarovacieho kanálu, keď nie je uzatvorený zátkou (počas experimentu).

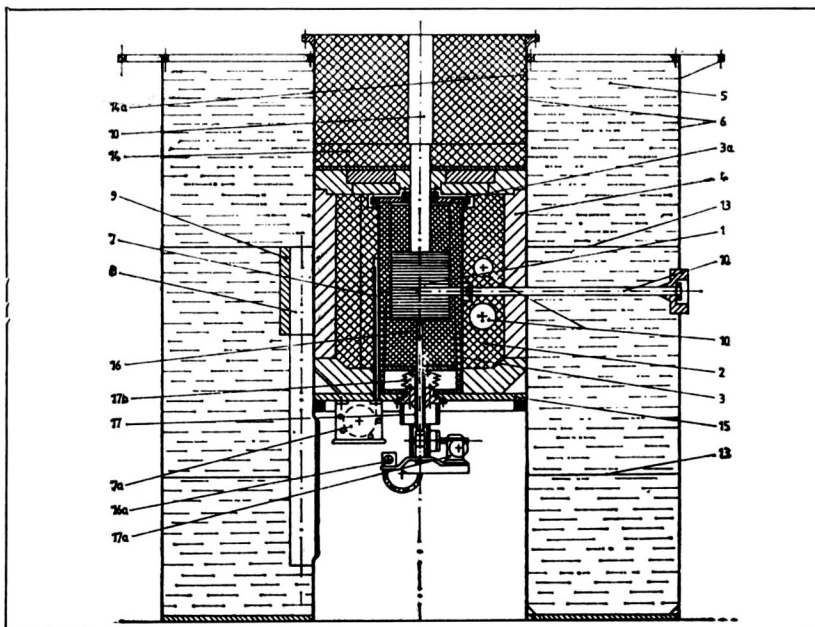
Hodnotenie radiačnej situácie na okraji kontrolovanej oblasti na základe prevádzkových skúseností zo zariadení rovnakého typu dokazuje, že ani v prípade 40 hodinovej týždennej prevádzky neprekročia hodnoty ročného príkonu dávkového ekvivalentu  $1,5 mSv$ .

Podľa platnej legislatívy, ktorou je v tomto prípade výnos ČSKAE č. 9 zo 16. 5. 1985, musí mať každé jadrové zariadenie schválenú bezpečnostnú dokumentáciu. Bezpečnostná dokumentácia obsahuje analýzu havarijných stavov, ktoré by mohli nastať v dôsledku úmyselnej alebo neúmyselnej činnosti.



1. Pričný rez kritickým súborom SUR-100: 1 — aktívna zóna, 2 — reflektor (grafit), 3 — vnútorná nádoba kritického súboru, 4 — vnútorné tienenie (olovo), 5 — vonkajšie tienenie (boritá voda), 6 — kruhová nádoba kritického súboru, 7 — regulačná platnička, 7a — pohon regulačnej platne, 8 — meracie miesto neutrónov, 9 — reflektor meracích miest, 10 — experimentálny kanál, 11 — dvere na kruhovej nádobe kritického súboru, 12 — úchop dvier s ukazovateľom hladiny vody, 13 — výstužný plech s dutinami, 14 — tepelná kolóna (grafit), 14a — nádoba tepelnej kolóny, 15 — oceľová platňa, 16 — zdroj neutrónov, 16a — pohon zdroja neutrónov, 17 — vnútorné pohybové zariadenie, 17a — pohon vnútorného pohybového zariadenia, 17b — tesniaca membrána na vnútornej nádobe kritického súboru (vnútri).

2. Pozdĺžny rez kritickým súborom SUR-100.



V prípade kritického súboru SUR-100 nepokladáme za maximálnu havarijnú udalosť funkčné poruchy riadiaceho systému, ani mechanickú deštrukciu spôsobenú rozrušením budovy pádom telesa alebo výbušninou. Maximálna havarijná udalosť môže nastať len zámernou kvalifikovanou diverznou činnosťou. Ani vedome vyvolaná skoková zmena reaktivity nespôsobí uvoľnenie produktov štiepenia do životného prostredia.

Inherentný bezpečnostný systém samočinne utlmí štiepnu reakciu vo všetkých prípadoch zvýšenia teploty aktívnej zóny.

Bezpečnostné analýzy teda potvrdzujú, že zariadenie SUR-100 je radiačne bezpečné pre široký rozsah akýchkoľvek manipulácií a tým zároveň spĺňa požiadavky kladené na školské experimentálne zariadenia.

\* \* \*

Inštalovanie kritického súboru SUR-100 v podmienkach rádioizotopového laboratória Katedry jadrovej fyziky a techniky EF STU na nezaobíde bez problé-

mov. Ťažiskovým bude rekonštrukcia riadiaceho systému. Hoci bolo zariadenie vyradené z prevádzky ako funkčné, niektoré úpravy v prístrojovom vybavení sú nevyhnutné.

Jeho hlavný prínos vidíme v oblasti pedagogiky a výchovy obslužného personálu pre jadrovo-fyzikálne, ako aj jadrovo-energetické zariadenia. Z hľadiska možných negatívnych radiačných dopadov na životné prostredie nepredstavuje v žiadnom z prípustných (ale aj možných) režimov hrozbu pre svoje okolie.

#### Literatúra :

Sicherheitsbericht SUR 100, Technische Universität Darmstadt 1973.

Haščík, J. a kol., 1987: Predbýená bezpečnostná správa školského jadrového reaktora VR-1B. EF SVŠT Bratislava 1987.

Technische Beschreibung des SUR-100. Technische Universität München, Garching, 1962.

Výnos Československé komise pro atomovou energii č. 9 ze dne 16. 5. 1985 o zajištění jaderné bezpečnosti výskumných jaderných zařízení.

Hildebrand, G., Höhne, P., 1962: SUR-100 und seine Verwendung im Rahmen kerntechnischer Praktika. Kerntechnik april 1962 s. 141—147.

