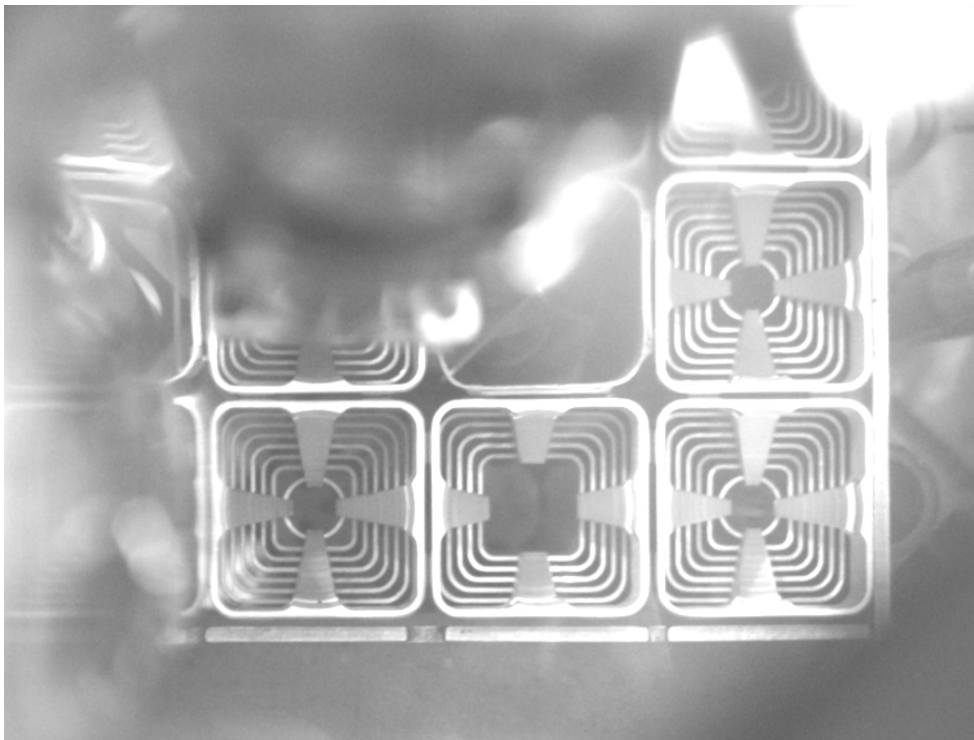


Záměna vysoce obohaceného paliva na školním reaktoru VR-1 Vrabec

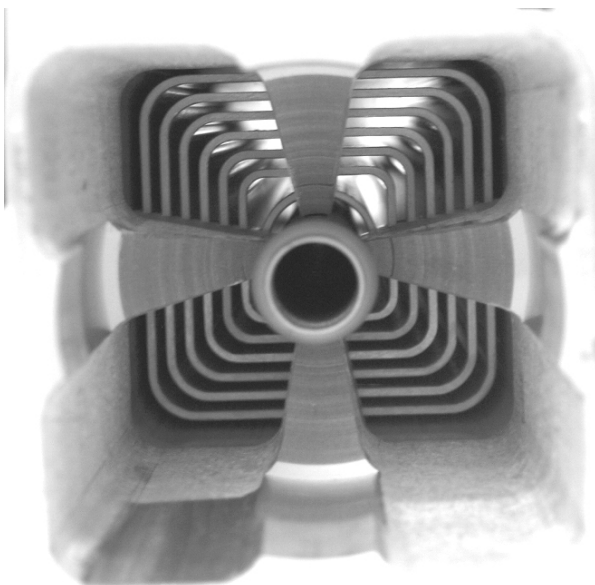
Karel Matějka*, Antonín Kolros*, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, ČVUT v Praze



Obr. 1 Aktivní zóna C1 reaktoru VR-1 VRABEC s palivem IRT-4M

MEZINÁRODNÍ PROGRAM RERTR

Na přelomu září a října roku 2005 došlo na školním reaktoru k záměně paliva. Palivo s obohacením 36 % ^{235}U , kategorizované jako vysoce obohacené (HEU) bylo zaměněno palivem s obohacením pod 20 % ^{235}U , kategorizovaným jako nízko obohacené (LEU). Záměna je v plném souladu s mezinárodním programem RERTR (Reduced Enrichment for Research and Test Reactors – snížení obohacení pro výzkumné a zkušební reaktory) a uskutečnila se ve spolupráci s U.S. Department of Energy (DoE), IAEA, společností SOSNY, Korporací TVEL a jejím výrobním závodem NZCHK v Novosibirsku, společností ALTA a.s., ÚJV Řež, a.s., SÚJB a Fakultou jadernou a fyzikálně inženýrskou ČVUT v Praze.



Obr. 2 Palivo IR-4M

* karel.matejka@fjfi.cvut.cz, antonin.kolros@fjfi.cvut.cz

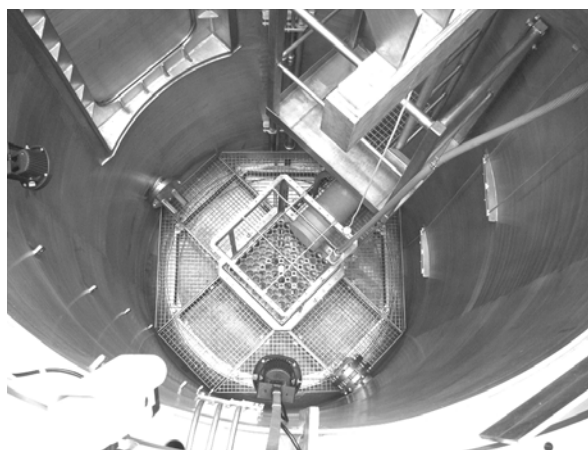
Projekt RERTR dosud byl úspěšně aplikován na více než 40 výzkumných reaktorech ve světě. **Reaktor VR-1 VRABEC je první reaktor s ruským palivem typu IRT, u kterého byla výměna za palivo s nižším obohacením provedena.** Celkové náklady na výměnu paliva přesáhly 2 mil. US\$ a plně byly hrazeny U.S. DoE. V celkových souvislostech se jedná o mimořádně významnou a odbornou veřejností pečlivě sledovanou událost.

CO JE ŠKOLNÍ REAKTOR VR-1 VRABEC

Školní reaktor VR-1, familiárně pojmenovaný VRABEC, je výzkumné jaderné zařízení, určené především pro výuku posluchačů našich vysokých škol. Jedná se o lehkovodní jaderný reaktor bazénového typu, kde aktivní zóna reaktoru je umístěna a provozována v nerezové nádobě – bazénu – a který vyžaduje k provozu jako palivo obohacený uran. Moderátorem neutronů i chladivem je vysoce čistá tzv. demineralizovaná voda (H_2O). Výkon reaktoru VRABEC je velmi malý – 1 kW, krátkodobě lze zvýšit do 5 kW, Roční „spotřeba“ uranu je méně než 0,1 g ^{235}U . Reaktor VRABEC byl uveden do provozu 3. 12. 1990, jeho životnost je plánovaná minimálně do roku 2020.



Obr. 3 Výroba nového paliva IRT-4M pro reaktor VR-1 v Novosibirsku

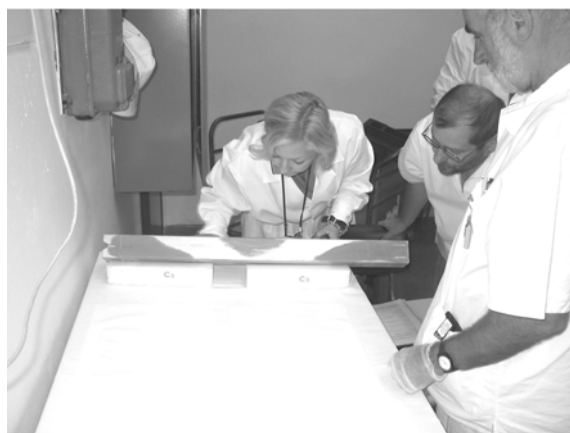


Obr. 4 Reaktor VR-1 v očekávání nového paliva



Obr. 5 Přípravenost personálu reaktoru VR-1 k balení

Původní palivo typu IRT-2M (SSSR) s obohacením 36 % ^{235}U bylo v roce 1997 zaměněno palivem typu IRT-3M (Rusko) se stejným obohacením.



Obr. 6 a 7 Měření paliva IRT-3M s 36% ^{235}U inspektory IAEA před jeho transportem



Obr. 8 Balení starého paliva IRT-3M na reaktoru VR-1



Obr. 9 Inspektory IAEA při pečetění transportních kontejnerů se starým palivem IRT-3M



Obr. 10 Transport nového paliva do haly reaktoru



Obr. 11 Dozimetrická kontrola transportního kontejneru

Reaktor VR-1 VRABEC je široce a efektivně využíván pro výuku posluchačů technických univerzit z České republiky i ze zahraničí, pro přípravu odborníků pro český jaderný program, zahraniční spolupráci v oblasti jaderného inženýrství, v informačních programech o zásadách bezpečného využívání jaderné energie a při šíření „jaderné“ gramotnosti.



Obr. 12 a 13 Pečlivá přejímka nového paliva IRT-4M na reaktoru VR-1



Obr. 14 Kontrola paliva IRT-4M kalibrem



Obr. 15 Zakládání detektorů neutronů PMV pro měření výkonu

O CO ŠLO A JAK TO PROBĚHLO

Záměna vysoce obohaceného paliva (HEU) nízko obohaceným palivem LEU (hranicí je 20 % obsahu ^{235}U) se uskutečnila po pečlivé přípravě a souhlasu všech zainteresovaných stran. Termíny odvozu stávajícího paliva typu IRT-3M do Ruské federace a dovoz nového paliva z výrobního závodu v Novosibirsku (opět Ruská federace) podléhaly z bezpečnostních důvodů přísnému utajení.

Palivo HEU bylo odvezeno 27. září 2005, nové palivo bylo dopraveno na naše pracoviště 10. října 2005 a převzato 12. října 2005. Transport paliva se uskutečnil v souladu s platnými předpisy pro přepravu včetně policejní ochrany.



Obr. 17 Sestavování aktivní zóny reaktoru



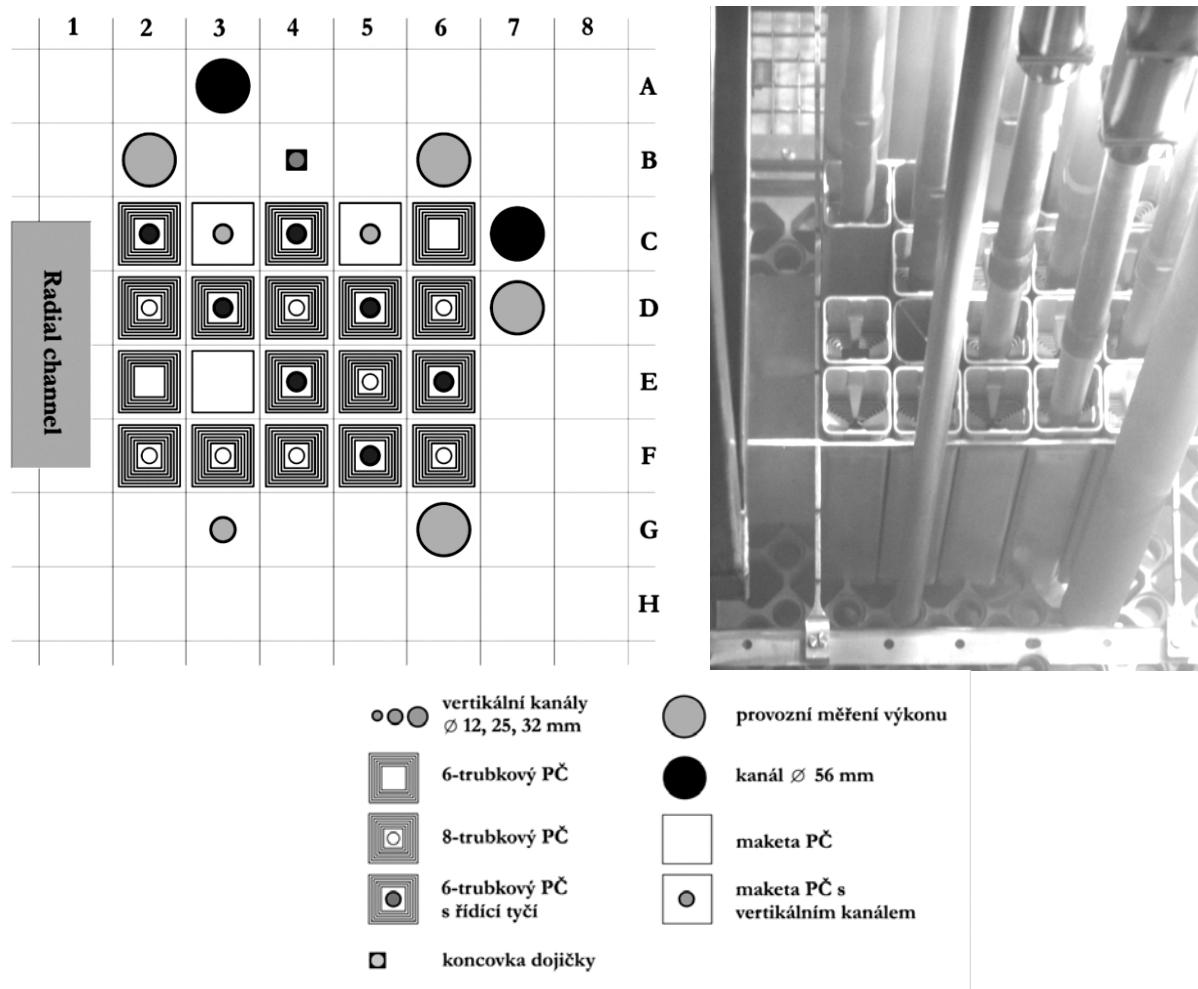
Obr. 16 Zakládání palivového článku IRT-4M do aktivní zóny



Obr. 18 Měření a výpočty

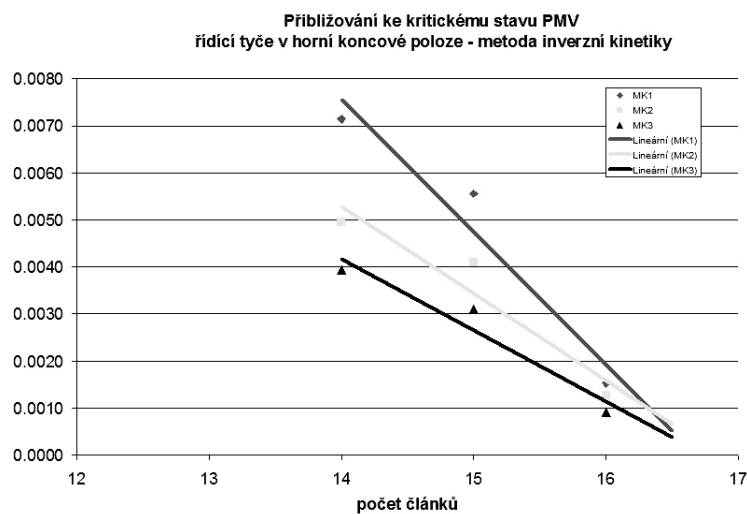
JAK SE S TÍM VYPOŘÁDÁ PROVOZ REAKTORU

Než jsme se do záměny paliva pustili, provedli jsme všechny potřebné výpočty. Jednalo se především o neutronově fyzikální, termohydraulické, bezpečnostní analýzy. Byl připraven program základního kritického experimentu s konfigurací aktivní zóny označenou C1. To vše bylo nutno provést předem, aby byl řádně oceněn vliv změny paliva na provoz reaktoru a určena optimální a zároveň i bezpečná konfigurace. Nezávislé výpočty se paralelně uskutečnily i v ANL (Argonne National Laboratory) v USA a shoda výsledků byla pozoruhodná.



Obr. 19 Konečná konfigurace aktivní zóny C1 – a opravdu chybí založit jen ten poslední 17. článek

Na základě souhlasu SÚJB jsme 14. října 2005 zahájili tzv. základní kritický experiment. Zvolená konfigurace aktivní zóny C1 reaktoru VR-1 a postupné přibližování ke kritickému stavu jsou na dolním obrázku.



Obr. 20 Přibližování ke kritickému stavu – experiment potvrzuje výpočty

Kritický stav byl dosažen 18. října 2005 v 16.10.



Obr. 21 *Studenti KJR při vyhodnocování experimentálních dat*



Obr. 22 *Velín reaktoru v průběhu základního kritického experimentu*

Experimentálně se potvrdila dobrá shoda s výpočty – v reaktoru VR-1 se tak dnes nachází 17 palivových článků IRT-4M. Rozhodně se tedy nepotvrdily škarohlídkové představy, že reaktor VR-1 VRABEC nebude s nízkou obohaceným palivem schopen provozu.



Obr. 23 *Napětí ve velínu reaktoru těsně před dosažením 1. kritického stavu s palivem IRT-4M*

PODĚKOVÁNÍ

Chceme upřímně poděkovat všem zainteresovaným organizacím a jejich pracovníkům, kteří se na záměně paliva podíleli. Společně si přejeme, aby náš školní reaktor VR-1 VRABEC byl i nadále bezpečně a spolehlivě provozován.

Katedra jaderných reaktorů sponzoruje chov lenochodů v pražské ZOO. Lenochodí aktivita stěží vyvažuje naši do zdravého průměru.

