

Új módszer az SZBV hajtások labirint tömítéseinek dekontaminálására

Kósa Norbert¹, Baradlai Pál¹, Kurucz András¹, László Zoltán², Nyitrai Károly²,
Oldal Ottó¹, Patek Gábor¹, Szabó Sándor²

¹MVM Paksi Atomerőmű Zrt., ÜVIG VEFO VTO
7031 Paks, Pf. 71., fax: +36 75 508 756

²Hepenix Kft.

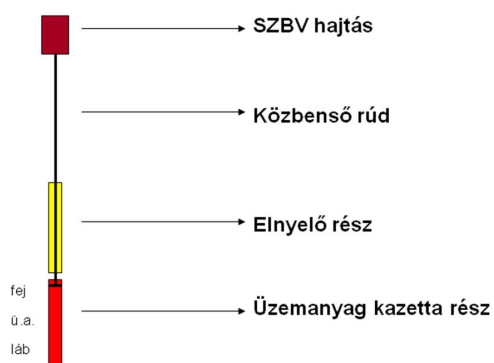
2049 Diósd, Petőfi Sándor utca 39., tel.:+36 23 382 853

2012. év elején a II. kategóriás SZBV hajtás karbantartás során 6 db tartalék modernizált SZBV hajtás labirint ház alsó hornyaiiban reflexiót találtak az ultrahangos anyagvizsgálatok során, ami nem várt meghibásodást jelentett a 25 év üzemidőre tervezett hajtásoknál. A fellépett rendellenesség következtében szükségessé vált az üzemelő és a tartalék modernizált SZBV hajtások karbantartási ciklusidőtől függetlenül, rendkívüli állapotellenőrzése. A dekontaminálási tevékenységgel szemben támasztott feltételeket a rendelkezésre álló dekontaminálási technológiával nem lehetett teljesíteni, ezért új módszert és dekontamináló berendezést kellett alkalmazni [1]. A kifejlesztett eljárás és berendezés a dekontaminálással szemben támasztott követelményeket maradéktalanul teljesítette, így használatával jelentős idő megtakarítást sikerült elérni.

Bevezetés

A reaktor teljesítmény változtatásának egyik eszköze az SZBV rendszer. A teljesítményváltást a szabályozó- és biztonságvédelmi kazetták (SZBV) segítségével végzik, melyek mozgatására az SZBV hajtások szolgálnak. A paksi atomerőműben egy reaktor aktív zónájában 37 db SZBV kazetta van, amelyek hat csoportot alkotnak. A szabályozási funkciót a 6-os csoport (7 db kazetta) látja el, míg a védelmi funkciót, a reaktor gyors leállítását a 37 db kazetta együtt biztosítja [2].

Az SZBV hajtás és a kazetták sematikus felépítése



1. ábra: SZBV kazetta felépítése

- Hajtás (mozgató mechanizmus)
 - Fogaskerék - fogasléc áttétel
 - Villamos motor
 - Helyzetjelző

- Közbenső rúd
- Elnyelő rész (bóracél)
- Üzemanyag rész

Az SZBV hajtások működése

Az SZBV hajtások a kazetták mozgatását egyenáramú villamos motorral fogaskerékes, fogasléces áttételen keresztül végzik 20 mm/s normál üzemi sebességgel és 200-250 mm/s üzemzavari esési sebességgel.

Teljesítményüzem alatt az 1-5-ös csoportba tartozó SZBV kazetták üzemanyag része teljes hosszában az aktív zónában van, a 6-os csoport esetében az elnyelő rész mintegy 25-30 cm-re lóg be a zónába, ami a zóna kiegészítéstől és a reaktor teljesítményszintjétől függően változik.

Az SZBV hajtások érintkeznek a 296 °C-os primerköri hőhordozóval, így hőmérsékletük akár 200 °C fölé is emelkedhet. A hajtás motor részének hőmérséklete azonban nem haladhatja meg a 100 °C-ot, így azt a teret, ahol a motor található (SZBV tok) hűteni kell. Ezt a feladatot egy külön hűtőrendszer végzi, amely fizikailag el van különítve a primerköri hőhordozótól.

Mivel a hűtött tér (SZBV tok) a reaktor zóna fölött helyezkedik el (fönt van a hideg, alul a meleg térrész), így egy természetes cirkuláció igyekszik kialakulni. A hűtött rész primerköri közege folyamatosan keveredne a primerköri hőmérsékletű rész közegével, ezért a két térrész közötti átjárhatóságot nagymértékben le kell csökkenteni. Erre szolgálnak a labirint tömítések.

A labirint palást felülete a primerköri hőmérsékletű reaktor felsőblokki hőhordozó (296 °C) és a labirint szerkezet feletti áramlástól elzárt hőhordozó 80 °C (maximum: 100 °C)

határzónája. A kétféle hőmérsékletű víz keveredési zónája folyamatosan változó szinten helyezkedik el a primerköri hőhordozó pulzálása, nyomásváltozásai miatt. A nagy hőmérséklet-különbséggel jellemzett határzóna folyamatos „vándorlása” a labirint palást járatok környezetének nagyciklusú termikus fáradását, repedések kialakulását és továbbterjedését eredményezheti, ami be is következett.

A paksi atomerőműben a labirint palást vizsgálatokat az első 6 üzemévet követően, majd 3 éves ciklusidővel végzik a II. és III. kategóriás vizsgálatok keretén belül. Ezek a vizsgálatok már tartalmazzák az SZBV hajtás száraz próbapadi mérések és ellenőrzések mellett a vizuális, az ultrahangos és a penetrációs vizsgálatot a labirint fémtiszta felületén.

Az SZBV hajtásokat anyagvizsgálatok és szervizelés előtt a megfelelő felület előkészítése és a dóziscsökkentés miatt a 296 °C-os hőhordozóval érintkező részen dekontaminálni kell. Erre a célra üzemszerű dekontaminálási technológia áll rendelkezésre, amely a hajtás elfektetett állapotában mozgókátódos elektrokémiai dekontaminálást jelent [3]. Az anyagvizsgálatot követően a hajtást próbapadi ellenőrzés után lehet ismételt használatba venni. Ezek a tevékenységek hajtásonként egy műszak alatt elvégezhetőek, ha a többszöri daruzási igény a kívánt időben rendelkezésre áll.

2012. év elején (a főjavításokat megelőzően) a II. kategóriás SZBV hajtás karbantartás során öt darab 6 évet üzemelt és egy darab 5 évet üzemelt tartalék, cseh tervezésű modernizált SZBV hajtás (SZRH-M) labirint ház alsó hornyaiban reflexiót találtak az ultrahangos anyagvizsgálatok során. Ez nem várt meghibásodást jelentett, hiszen megfelelő karbantartás mellett egy ilyen modernizált SZBV hajtás tervezett üzemideje 25 év. Korábban az eredeti, orosz tervezésű SZBV hajtásokon (SZRH) ez a hibajelenség csak elvétve (összesen 7 esetben) fordult elő az eddig eltelt több száz üzemév alatt.

A hibák az SZRH-M hajtások labirint ház cseréjével javíthatóak a megfelelő karbantartási technológia alapján. A fellépett rendellenesség következtében szükségessé vált az üzemelő és a tartalék modernizált SZBV hajtások rendkívüli állapotellenőrzése a karbantartási ciklusidőtől függetlenül.

SZBV hajtások labirint felületének dekontaminálási követelményei

A 4 blokkon jelenleg összesen 130 db modernizált SZBV hajtás üzemel. Ezeket a 2012-es év folyamán vizsgálni kellett. A hajtások nagy száma, a főjavítások szünetében, illetve idején a rendelkezésre álló rövid idő, valamint az egy hajtásállapot ellenőrzésére jutó relatíve hosszú idő a hajtások jelenlegi vizsgálati metodikáját alkalmatlanná teszi a kitűzött feladat végrehajtására. Ezért új állapot-ellenőrzési eljárást kellett kidolgozni. A különböző szervezetek által végzett feladatok során a legtöbb időt azzal lehet megspórolni, ha a dekontaminálást a hajtások álló helyzetében végzik el, mert ekkor a hibátlan hajtások esetében megtakarítható a hajtások elfektetésére, majd újbóli felállítására és próbapadi ellenőrzésére, valamint a többszöri daruzásához szükséges több órányi idő.

Az SZBV hajtások állapotellenőrzési tevékenységének szervezése során meghatározták a dekontaminálási munka kívánalmait, amelyek a következők voltak:

– a dekontaminálás a lehető legrövidebb időt vegye igénybe,

- a dekontaminálás a hajtások álló helyzetében történjen,
- a dekontaminálás ne legyen hatással a hajtás belső szerkezeti elemeire,
- a dekontaminálást elegendő a labirintok tömítő felületén elvégezni, és az anyagvizsgálathoz szükséges fémtiszta felületet kell biztosítani,
- a dekontaminálás és anyagvizsgálati munkák során meg kell oldani a végrehajtó személyzetet érő sugárterhelés minimalizálását.

Az SZBV hajtás labirint felületének dekontaminálási lehetőségei

Az SZBV hajtások jelenlegi dekontaminálási technológiája több lehetőséget kínál:

- Az egyik eljárás a 01-02TU10B001 dekontamináló kádakban megvalósítható vegyszeres dekontaminálás, ami az SZBV hajtás függőleges helyzetében végezhető. Ez azonban egyrészt több műszakot vesz igénybe, másrészt az egész SZBV hajtás kezelésre kerül, holott csak a labirint tömítések mintegy fél-fél méternyi szakasza érintett a vizsgálatban, valamint nem teljesül az a feltétel, hogy a dekontaminálás ne legyen hatással az SZBV hajtás belső szerkezeti elemeire.
- A másik jelenleg alkalmazott módszer a mozgókátódos elektrokémiai dekontaminálás. Ekkor az SZBV hajtást el kell fektetni a reaktorcsarnok közepén található „kikonzerváló” kádba, ahol a dekontaminálás elvégezhető. Ezt a módszert a fektetett állapot miatt kellett elvetni, mert nem teljesül az SZBV hajtások álló helyzetében történő dekontaminálási igény.

A jelenleg rendszerben lévő eljárások tehát nem voltak alkalmazhatóak a kitűzött dekontaminálási feladat elvégzésére, így új módszert kellett kidolgozni.

A dekontaminálási hatássűrűség és az elvárt rövid dekontaminálási idő szempontjából az elektrokémiai elven működő dekontaminálási eljárás látszott járható útnak [4]. Olyan megoldást kellett kidolgozni, amikor csak a labirint tömítéseken történik tisztítási, dekontaminálási tevékenység. Először a már ismert mozgókátódos elektrokémiai eljárás került szóba, de a jelenlegi gyakorlattól eltérően függőleges helyzetű SZBV hajtáson. A jelenleg rendelkezésre álló katód profilok nem biztosítják álló helyzetben a megfelelő hatékonyságot a labirint tömítések hornyaiban, így szóba került a labirint tömítések geometriájának megfelelő profilú katód kialakítása. Ennek bonyolult volta nem bízott biztos megoldással, valamint az idő rövidege nem adott lehetőséget egy esetleges sikertelen kísérlet után újabb módszer keresésére. Így ezt a lehetőséget is elvetettük. A megkívánt hatássűrűség tehát a merítéses módszerrel érhető el, de a jelenleg rendelkezésre álló berendezés alkalmazásával az egész hajtást éri a kezelés, így egy az egyben ez a módszer [5] sem használható.

Megoldást az utóbbi két módszer kombinációja, vagyis álló helyzetű SZBV hajtás adott szakaszán (labirint horony) kialakított elektrolizáló cella jelenthet. A javaslat szerint két fél hengerből az SZBV hajtás köré egyszerűen felszerelhető elektrolizáló cellát kell kialakítani a hajtás labirint tömítés szakaszán, ahol így merítéses elektrokémiai módszerrel történik a dekontaminálás.

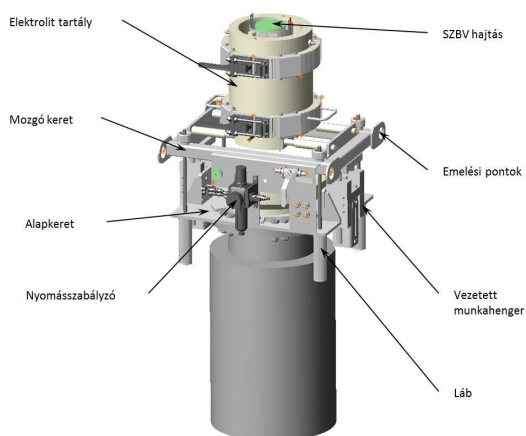
Meg kellett határozni a dekontaminálási tevékenység helyét is, ahol megoldott az esetlegesen elfolyó elektrolit, valamint a mosóvíz elvezetése, az SZBV hajtás árnyékolása a kezelő személyzet tevékenysége, illetve az anyagvizsgálati munkák során, és megoldható az elektrolizáló cellát magába foglaló berendezés elhelyezése, rögzítése. Alapvetően a reaktorcsarnokban lévő dekontamináló kádák jöttek szóba (01-02TU10B001, 01-02TU20B001). A 01-02TU20B001 dekontamináló kádákat a nagy átmérő miatt elvetettük, mert itt nem oldható meg egyszerűen az SZBV labirint dekontamináló berendezés elhelyezése, így a 01-02TU10B001 dekontamináló kádákat választottuk. Az előzőekben ismertetett szempontok és elképzelések alapján a következő megoldást javasoltuk:

- két félhengerből kell egy cellát kialakítani,
- a félhengerekből álló cellát stabilan kell rögzíteni az SZBV hajtáson úgy, hogy biztosított legyen az elektrolizáló cella tömörzése az elektrolit elfolyásának megakadályozására,
- a cellát kiszolgáló egyéb alkatrészeket egy komplett berendezésbe kell integrálni,
- a berendezést a 01-02TU10B001 dekontamináló kádra kell telepíteni,
- az SZBV hajtást a dekontaminálás alatt darun kell függeszteni.

Az SZBV hajtás labirint felületeit dekontamináló berendezés kialakítása

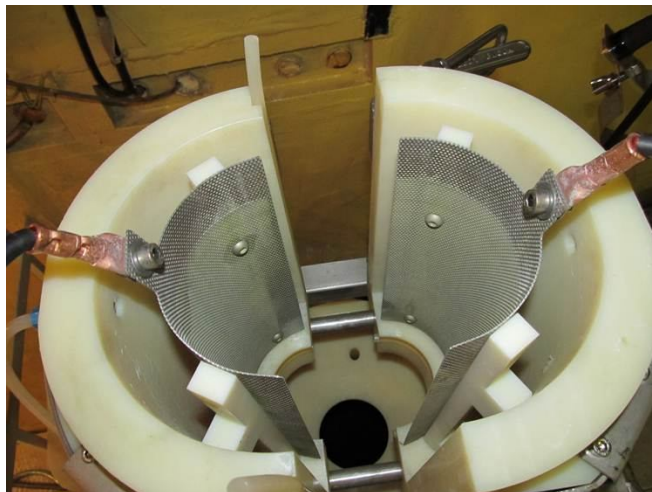
A 2. ábrán a berendezés sematikus rajza látható. A berendezés fő részei az alapkeret, a mozgó keret, az elektrolit-tartály (elektrolizáló cella), az elektromos csatlakozások, valamint az elektrolit-keringtetés (hűtő-rendszer).

Az alapkeret az SZBV hajtás labirint dekontamináló berendezés alapváza, mely egy saválló anyagból készített hordozó szerkezet. Rögzítése a 01-02TU10B001 dekontamináló kádra az alaplapon kialakított furatokon keresztül 2 darab vezetőkívvel és 2 darab M16-os csavarral történik. A mozgó keret hordozza az elektrolit-tartályt és a csatlakozó gépelemeket. A mozgó keret az alapkerethez légrugóként működő munkahengerekkel és magasságállító csavarokkal csatlakozik, így a két keret nem mereven kapcsolódik egymáshoz. A munkahengerek szerepe az elektrolizáló cella zárása utáni véletlenszerű függőleges rúdmozgás hatásának csökkentése. A munkahengerek megfelelő nyomását a manométerrel ellátott nyomásszabályzóval lehet beállítani.



2. ábra: A dekontamináló berendezés sematikus rajza

A két félből álló elektrolizáló cellában (elektrolit-tartály) játszódik le a galvanikus tisztítási folyamat (3. ábra).



3. ábra: Elektrolizáló cella

A két PA6.6 anyagú (metamid), egymáshoz gumitömítéssel csatlakozó alkatrész közé daruzható be a tisztítandó SZBV hajtás, amelyet körülvesz az elektrolit-folyadék. A cellán belül található a két fél részből kialakított katód. Ez perforált kivitelű, ami elősegíti a folyadék áramlását, ezzel az elektrolízis hatásosságát, illetve az elektródák hűtését.

A galvanikus leválasztás folyamatához szükséges 30V feszültségű, 60A áramerősségű egyenáramú tápáramot a FET-FKSZ dekontamináló berendezés mozgókatód elektrolit ellátó egységének elektromos csatlakozásain keresztül lehet biztosítani.

Az elektrolit-keringtetés (hűtő-rendszer) a galvanikus tisztítási folyamat során keletkező hő vizes hőcserélőn (4. ábra) keresztül történő elvezetésére szolgál. Az elektrolit keringtetése a hőcserélő és az elektrolit tartály (elektrolizáló cella) között a mozgókatód elektrolit ellátó egység perisztaltikus szivattyújával történik.

A mindkét kiépítésen használható, 83 kg tömegű SZBV hajtáslabirint dekontamináló berendezés emelése valamelyik reaktorcsarnoki daruval történik.



4. ábra: Vizes hőcserélő

Az SZBV hajtás labirint felületeit dekontamináló berendezés alkalmazásának tapasztalatai

Az elkészült SZBV hajtás labirint tömítés dekontamináló berendezés próbáját 2012. április 27-én végeztük el.

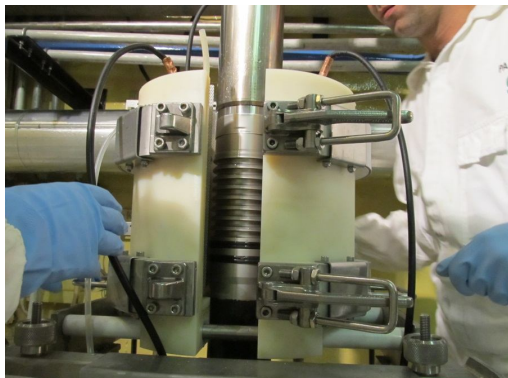
A korábbiakban alkalmazott hasonló eljárások tapasztalatai alapján az elektrolízishez szükséges időt előzetesen mintegy 15 percen határoztuk meg labirint hornyokként. Ez az idő szükséges és elégséges volt az erősen szennyezett hajtások esetében. Ezek teljesen el voltak feketedve. A tapasztalat azt mutatta, hogy a gyengén szennyezett, azaz közel fémszínű SZBV hajtások dekontaminálása során kevesebb idő is elégséges lehet a fémtiszta felület eléréséhez. A gyengébben szennyezett SZBV hajtások esetében az elektrolízisre fordított időt lecsökkenthettük.

A labirint dekontamináló berendezés a tervek szerint működött, a dekontaminálás hatásossága a kívánt mértékű volt. A labirint hornyokban az anyagvizsgálati feladatoknak megfelelő, egyenletesen fémtiszta felület jött létre (5. és 6. ábra).



dekontaminálás előtt dekontaminálás után

5. ábra: A dekontaminálás hatásossága



6. ábra: Az SZBV hajtás labirint hornyja dekontaminálás után

A dekontaminálási tevékenység próbája során (2012. április 27.) az elektrolizáló oldat hőmérséklete számottevően nem emelkedett. Az elektrolízis során keletkezett hő az SZBV hajtásnak az oldat téréfogatáéhoz képest relatíve nagy tömege elvezette. Mivel az oldat mindössze 1-2 °C-ot melegedett, így mellőzni lehetett a hűtőrendszer üzemeltetését, ami leegyszerűsítette a dekontaminálási munkálatokat, ezáltal csökkentette az SZBV hajtás vizsgálatára fordított időt. Természetesen a biztonságos üzemeltetést szem előtt tartva az oldat hőmérsékletének rendszeres ellenőrzését továbbra is folytattuk.

Az év során a terveknek megfelelően, a blokkok leállása után az alábbi ütemezésben végeztük el az SZBV hajtások labirint hornyainak dekontaminálását és anyagvizsgálatát:

- | | | |
|------------|----------------------------|--------------------|
| – 1. blokk | 2012. 05. 4-8. | 37 db SZBV hajtás, |
| – 2. blokk | 2012. 07. 7. és 08. 24-27. | 25 db SZBV hajtás, |
| – 3. blokk | 2012. 09. 28.- 10. 1. | 37 db SZBV hajtás, |
| – 4. blokk | 2012. 06. 15-18. | 31 db SZBV hajtás. |

A tapasztalat azt mutatta, hogy egy blokknyi SZBV hajtáskészlet dekontaminálására és anyagvizsgálatára, optimális daruzási és üzemeltetési feltételek mellett mintegy 4-5 munkanapnyi időre van szükség. Ez nagyságrendileg mintegy negyed része az elfektetett helyzetű SZBV hajtáson végzett dekontaminálást igénylő vizsgálati eljárásához szükséges időnek.

A dekontaminálási és anyagvizsgálati tevékenység nem járt a végrehajtó személyzet különösebb dózisterhelésével (7. ábra). Ez köszönhető volt az SZBV hajtás nagyobb dózisteljesítményű részei árnyékolásának, illetve a relatíve kevés és rövid ideig tartó manuális tevékenységnek. Az SZBV hajtások közelében legtöbbször tartózkodó dolgozók egy-egy 8 órás műszak során mintegy 30-40 μSv külső dózisterhelést kaptak.



7. ábra: Dózismérés a labirint hornyok dekontaminálása közben

Az SZBV hajtás labirint tömítések dekontaminálására kifejlesztett berendezéssel végzett munka nem eredményezett többlet kis és közepes aktivitású szilárd radioaktív hulladék képződést. A dekontaminálási technológia fejlesztése azt is eredményezte, hogy nem keletkezett a korábbi kézi mozgókátodos eljárás során használt filclapokból képződő nagyaktivitású (dózisteljesítmény > 10 mSv/h) radioaktív hulladék. Folyékony radioaktív hulladékból blokkonként mintegy fél m^3 savas kémhatású, kisaktivitású többlet hulladék keletkezett.

Összegzés

A dekontaminálási feladat megoldása során nyert tapasztalatokat és a dekontaminálási tevékenység eredményeit az alábbiakban foglaljuk össze:

- 2012. év elején a II. kategóriás SZBV hajtás karbantartás során az SZBV hajtás labirint ház alsó hornyáiban meghibásodást találtak. A fellépett rendellenesség szükségessé tette nagyszámú SZBV hajtás átvizsgálását, ami egy új SZBV hajtás labirint tömítő felület dekontaminálási technika kifejlesztését igényelte.
- Az új dekontaminálási eljárással szemben egyedi igények merültek fel. A dekontaminálási munkálatokat a lehető

- legrövidebb idő alatt, a hajtások álló helyzetében úgy kellett elvégezni, hogy a tevékenység ne legyen hatással a hajtás belső szerkezeti elemeire, és a labirint tömitéseken fémtiszta felületet biztosítson az anyagvizsgálatok számára.
- A jelenleg alkalmazott SZBV hajtás dekontaminálási módszerek alkalmazását el kellett vetni, mert nem feleltek meg a speciális helyzet követelményeinek. Az újonnan kidolgozott módszer szerint az SZBV hajtás köré két fél hengerből a labirint tömités szakaszán egy elektrolizáló cellát alakítottunk ki, ahol merítéses elektrokémiai módszerrel történik a dekontaminálás.
 - A labirint tömités dekontamináló berendezés a 01-02TU10B001 dekontamináló kádon került elhelyezésre. Ez a megoldás szolgált az elektrokémiai cellát magában foglaló berendezés rögzítésére, az SZBV hajtás szennyezett részei felől jövő sugárzás ámyékolására, illetve a mosóvíz elvezetésére.
 - Az SZBV hajtást az elektrolizáló cella két fél hengere közé daruzták, és a daru folyamatosan tartotta a dekontaminálás és az anyagvizsgálat ideje alatt. Az SZBV hajtásokat nem kellett elfektetni, így megtakaríthatóvá vált a hibátlan tömitő felületű SZBV hajtások elfektetési és visszaállítási, illetve próbapadi beállítási ideje.
 - A dekontaminálási tevékenység során az elektrolit hőmérséklete számottevően nem emelkedett, így a hűtőrendszer használatát a hőmérséklet folyamatos ellenőrzése mellett mellőzni lehetett, ami tovább csökkentette a dekontaminálásra fordított időt.
 - A 4 blokkon elvégzett dekontaminálási tevékenység során mintegy 2 m³ kis aktivitású folyékony radioaktív hulladék többlet keletkezett, de nem képződött az eredeti módszer kézi mozgókátód filclapjaiból származó nagyaktivitású szilárd hulladék.
 - A dekontaminálási és anyagvizsgálati tevékenység nem járt a végrehajtó személyzet számottevő dózisterhelésével, ami személyenként és műszakonként nem haladta meg a 30-40 µSv értéket.
 - A költségmegtakarítást jelen esetben számszerűleg megadni nem lehet. A megtakarított munka humán erőforrás költségén kívül a legfőbb nyereség az, hogy nem növekedett meg a blokkok tervezett karbantartási ideje az SZBV hajtások állapot ellenőrzési munkálatai miatt.
- Összességében megállapítható, hogy az új dekontaminálási módszer bevezetése sikeres volt, az üzembe állított új, egyedi fejlesztésű dekontamináló berendezés kiválóan működött. Az új dekontamináló eljárás alkalmazása negyedére csökkentette az SZBV hajtás labirint tömitések állapotellenőrzésére fordított időt, ezzel lehetővé téve a vizsgálatok elvégzését a blokkok tervezett karbantartási idején belül.

Irodalomjegyzék

- [1] Baradlai Pál, Kósa Norbert, Kurucz András, Oldal Ottó: *Függőleges helyzetű SZBV hajtások labirint tömitéseinek dekontaminálása merítéses elektrokémiai módszerrel*, MVM Paksi Atomerőmű Zrt., Műszaki Alkotói Pályázat, 2012.
- [2] Tolnai Gyula: *Szabályozó és biztonságvédelmi rendszer (SZBVR) villamos berendezései*, 6.3 kötet, Műszaki leírás, Paksi Atomerőmű Vállalat, Paks, 1984.
- [3] Baradlai Pál, Oldal Ottó: *Dekontaminálás gyakorlata és technológiái*, Oktatási jegyzet, Paksi Atomerőmű Zrt., Paks, 2011.
- [4] Baradlai Pál: *Dekontaminálás elméleti ismeretei*, Oktatási jegyzet, Paksi Atomerőmű Zrt., Paks, 2010.
- [5] P. Baradlai, G. Patek, J. Schunk, O. Oldal, A. Kurucz, Z. László, K. Nyitrai, M. Petrik: *Decontamination of Control Rod Drives (CRD) withdrawn from operation to minimize the amount of radioactive metal waste*, Proceedings of KONTEC 2013, Dresden, 2013.