
Ignalinos AE 1-ojo bloko priverstinės cirkuliacijos kontūro radiologinis įvertinimas

**Povilas Poškas,
Rimantas Zujus,
Asta Brazauskaitė,
Jokūbas Kolesnikovas,
Gražvydas Būdytis**

*Lietuvos energetikos institutas,
Branduolinės inžinerijos problemų
laboratorija,
Breslaujos g. 3,
LT-3035 Kaunas*

Straipsnyje pateikiamas preliminarus priverstinės cirkuliacijos kontūro (PCK) įrangos užterštumo įvertinimas reaktoriaus galutinio sustabdymo metu bei užterštumo kitimo laike analizė. Minėtam įvertinimui atlikti surinkta informacija apie PCK elementų charakteristikas, aušinimo skysčio charakteristikas, sistemos darbo sąlygas ir kt. Sistemos elementų užterštumo įvertinimui buvo naudojamas modifikuotas programų paketas LLWAA-DECOM (Belgija). Analizės metu kiekvienam PCK elementui nustatyta nuosėdų nuklidinė sudėtis, nuklidų aktyvumas bei jų skleidžiamos bendros dozės galia. Gauti skaičiavimų duomenys palyginti su dozės galios matavimo rezultatais.

Raktažodžiai: Ignalinos AE, priverstinės cirkuliacijos kontūras, paviršių užterštumas, nuklidinė sudėtis, dozės galia

1. ĮVADAS

Lietuvoje yra tik viena atominė elektrinė – Ignalinos AE. Elektrinėje sumontuoti du po 1500 MW elektrinės, 4800 MW šiluminės galios kanalinio tipo RBMK-1500 reaktoriai. Dabar didžiausia šiluminė galia yra sumažinta iki 4200 MW, o elektrinė galia – iki 1250 MW. Pirmasis elektrinės blokas pradėjo veikti 1983 m. pabaigoje, antrasis – 1987 m. rugpjūtį. Statant elektrinę planuota ją eksploatuoti iki 2010–2015 m. 2002 m. spalį LR Seimas patvirtino Nacionalinės energetikos strategiją, kurioje numatyta Ignalinos AE 1-ojo bloko eksploatavimą baigti iki 2005 m., o 2-ojo bloko – 2009 m., jei bus gautas pakankamas finansavimas iš Europos Komisijos ir kitų šaltinių. 2002 m. lapkričio 26 d. LR Vyriausybė patvirtino Ignalinos AE 1-ojo bloko neuždelsto išmontavimo strategiją.

Atominės elektrinės eksploatavimo nutraukimas yra ilgas ir sudėtingas procesas, reikalaujantis nemažai lėšų. Pasirengimas šiam procesui taip pat trunka ne vienerius metus ir reiškia pasiruošti saugiai išmontuoti elektrinę, sutvarkyti eksploatavimo metu susidariusias radioaktyvias atliekas, saugoti panaudotą branduolinį kurą ir pan. Kad būtų galima planuoti išmontavimo darbus, įdiegti radioaktyviųjų atliekų apdorojimo technologijas, saugyklas ir kapiynus, būtina turėti preliminarus duomenis apie eksploatavimo nutraukimo metu susidarysiančių radioaktyviųjų atliekų kiekį, radioaktyvumo lygį, nuklidinę sudėtį ir kt.

Atominės elektrinės eksploatavimo metu užteršiamas ne tik reaktorius, bet ir kitos sistemos, tokios kaip priverstinės cirkuliacijos kontūras (PCK), aušinimo ir valymo sistema, panaudoto branduolinio kuro išlaikymo baseinai ir kt. Jų užteršimą radioaktyviosiomis dalelėmis sąlygoja aušinimo skysčio (Ignalinos AE atveju vandens) cirkuliacija šiose sistemose. Vanduo yra užteršiamas reaktoriaus zonoje dėl aktyvacijos ir korozijos procesų, kuro apvalkų defektų. Esant priverstinei vandens cirkuliacijai įvairiose sistemose radioaktyviosios dalelės nusėda ant sistemų elementų vidinių sienelių.

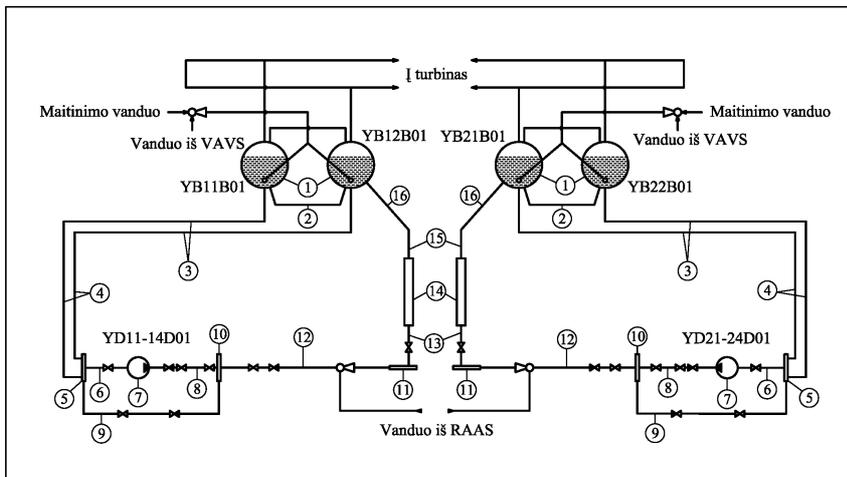
2. PRIVERSTINĖS CIRKULIACIJOS KONTŪRAS

Priverstinės cirkuliacijos kontūro paskirtis yra tiekti vandenį į reaktoriuje esančius kuro kanalus, kuriuose dėl branduolinių reakcijų metu išsiskiriančios šilumos jis virsta vandens ir garo mišiniu, šį mišinį vamzdžiais nukreipti į būgnus – separatorius, kuriuose atskirtas garas garotiekiais tiekiamas į turbinas. Pagrindiniai PCK elementai išvardyti lentelėje, o struktūrinė schema parodyta 1 pav.

PCK susideda iš dviejų kilpų, kurių įrengimai išdėstyti simetriškai reaktoriaus ašies atžvilgiu. Kiekviena minėta kilpa turi du būgnus – separatorius 1, kurių paskirtis yra atskirti garus iš vandens ir garo mišinio. Tarpusavyje vienos kilpos būgnai – separatoriai sujungti dviem vamzdžiais vandeniui užpildytoje dalyje 2. Vanduo, atskirtas nuo garo, dvidešimt keturiais nuleidžiamaisiais vamzdžiais 3, 4 patenka į įsiurbimo ko-

Lentelė. Pagrindiniai PCK elementai			
Nr.	Elemento pavadinimas	Skaičius viename IAE bloke	Žymėjimas
1.	Būgnai-separatoriai*: skysta fazė garų fazė	4	MCC01L, MCC01S
2.	Vamzdžiai tarp būgnų separatorių	4	MCC02
3.	Nuleidžiamieji vamzdžiai (neizoliuoti)	48	MCC03
4.	Nuleidžiamieji vamzdžiai (izoliuoti)	48	MCC04
5.	Įsiurbimo kolektorius	2	MCC05
6.	Įsiurbimo vamzdynas	8	MCC06
7.	Pagrindiniai cirkuliacijos siurbliai	8	MCC07
8.	Slėginis vamzdynas	8	MCC08
9.	Baipasiniai vamzdžiai tarp kolektorių	12	MCC09
10.	Slėginis kolektorius	2	MCC10
11.	Grupinis paskirstymo kolektorius	40	MCC11
12.	Vandens komunikacijų vamzdynas	1661	MCC12
13.	Kuro kanalai virš aktyviosios zonos	1661	MCC13
14.	Kuro kanalai aktyviojoje zonoje	1661	MCC14
15.	Kuro kanalai po aktyviąją zoną	1661	MCC15
16.	Garų ir vandens komunikacijų vamzdynas	1661	MCC16

Pastaba.
* Būgno-separatoriaus apie 77% vidinio paviršiaus liečiasi su skysčiu, kita paviršiaus ploto dalis – apie 22% – liečiasi su garais.



1 pav. PCK struktūrinė schema. RAAS – reaktoriaus avarinio aušinimo sistema, VAVS – vandens valymo ir aušinimo sistema, sistemos elementai išvardyti lentelėje

lektorių 5, iš kurio įsiurbimo vamzdynu 6 nukreipiamas į keturis pagrindinius cirkuliacijos siurblius (PCS) 7. Esant normaliam reaktoriaus darbo režimui veikia trys siurbliai, ketvirtas yra atsarginis. PCS yra vertikalios tipo, išcentriniai, vienos pakopos. Nominalus siurblio našumas – 8500 m³/val., sukuriama slėgis – 1,96 MPa.

Pagrindiniai cirkuliaciniai siurbliai slėginiu vamzdynu 8 tiekia vandenį į slėginį kolektorių 10. Įsiurbimo ir slėginiai kolektoriai tarpusavyje sujungti še-

šiais baipasiniais vamzdžiais 9. Kiekvienas iš jų turi po uždarymo sklendę ir atbulinį vožtuvą. Baipasiniai vamzdžiai užtikrina natūralią šilumnešio cirkuliaciją po avarinio pagrindinių cirkuliacinių siurblių išjungimo.

Iš slėginio kolektoriaus 10 vanduo dvidešimčia vamzdžių patenka į dvidešimt grupinių paskirstymo kolektorių 11. Kiekvienas grupinis paskirstymo kolektorius sujungtas su 40–43 vandens komunikacijos vamzdžiais 13. Debitas kiekviename vandens komunikacijos vamzdyje ir kiekviename kuro kanale 14 nustatomas reguliuojamais vožtuvais. Būgnuose-separatoriuose 1 atskirtas garas garotiekiais tiekiamas į turbinas.

3. UŽTERŠTUMO ĮVERTINIMO METODIKA

Reaktoriaus aušinimo metu cirkuliuojantis šilumnešis yra užteršiamas radioaktyviosiomis dalelėmis (skilimo ir aktyvacijos produktais). Kuro kanalų defektų atveju branduoliniame kure esantys skilimo produktai gali sklisti ir per pažeistas kuro apvaskalų vietas patekti į PCK cirkuliuojantį šilumnešį. Papildomai skilimo produktai yra generuojami skylant „paklydusiam uranui“, kurio dalelės yra už kuro elementų apvaskalų. Jos gali būti nusėdusios ant apvaskalų išorinių sienelių ar cirkuliuoti PCK šilumnešio pagalba. „Paklydusio urano“ dalelėmis paviršiai ir šilumnešis gali būti užteršiami kuro apdirbimo metu ar kuro nutekėjimų per defektus metu [1]. „Paklydusio urano“ skilimo produktų spektras analogiškas skilimo produktų spektrui branduoliniame kure.

Aktyvacijos produktai PCK vandenyje atsiranda dviem būdais [2]. Reaktoriaus eksploatavimo metu daugumos metalinių konstrukcijų paviršių oksiduoja ir formuoja korozinį sluoksnį. Šis sluoksnis, veikiamas didelio slėgio bei temperatūros, eroduoja ir šilumnešio pagalba korozijos produktai yra

pernešami į reaktoriaus aktyviają zoną. Čia jie sudaro nuosėdas ant aktyvioje zonoje esančių elementų (įrangos) paviršių, aktyvuojami veikiant dideliems neutronų srautams ir dėl erozijos jau aktyvuoti korozijos produktai esant vandens cirkuliacijai nusėda ant įrangos, esančios už reaktoriaus aktyviosios zonos, paviršių. Korozijos produktai gali ir nenusėsti ant įrangos sienelių reaktoriaus aktyviojoje zonoje – jie aktyvuojami cirkuliacijos per aktyviają zoną metu ir formuoja nuosėdų sluoksnį ant įrangos, esančios už aktyviosios zonos ribų, sienelių. Kitas aktyvacijos produktų PCK šaltinis yra aktyviojoje zonoje esančios įrangos medžiagos aktyvacija ir dėl erozijos į vandenį patenkantys aktyvacijos produktai. C14 taip pat yra aktyvacijos produktas. Deguonies aktyvacija dažnai yra vyraujanti C14 atsiradimo reakcija PCK vandenyje, dėl kurios C14 nuklidais užteršiamas šilumnešis. Bendras PCK vandens užterštumas yra visų anksčiau minėtų procesų rezultatas.

PCK vandens nuklidinės sudėties kontrolei vykdyti nuolat atliekami nuklidų I134, Cs137 aktyvumo matavimai. Pasinaudojus šių matavimų duomenimis, įvertinamas vandenyje esančio „paklydusio urano“ kiekis bei dėl jo skilimo vandenyje esančio Cs137 aktyvumas. Kitų PCK vandenyje esančių nuklidų aktyvumai nustatomi įvertinus šiuos duomenis bei duomenis apie branduolinio kuro nuklidinę sudėtį, nustatomą naudojant ORIGEN kompiuterinę programą. Nustatant PCK vandens užterštumą aktyvacijos produktais reikia įvertinti aktyviojoje zonoje ir už jos ribų esančios įrangos medžiagas, paviršiaus plotą, įrangos korozijos koeficientą, vandens valymo greitį [3].

Esant radioaktyviosiomis dalelėmis užteršto aušinimo skysčio cirkuliacijai ir/arba jo nutekėjimams ant įrangos vidinių ir išorinių paviršių nusėda aktyvuoti korozijos–erozijos produktai, skilimo produktai ir aktinoidai. Radioaktyviosios dalelės susikaupia paviršiuje ir neišsiskverbia labai giliai (išskyrus betoną). PCK elementų užterštumas yra paviršinio tipo, išskyrus kuro kanalus, esančius reaktoriaus aktyviojoje zonoje, kur jie užteršiami ne tik dėl sąlyčio su vandeniu, bet ir dėl elementus veriančių neutronų srautų sąlygotų aktyvacijos procesų.

Nustatant PCK įrangos paviršiaus užterštumą radioaktyviosiomis dalelėmis reikia įvertinti darbo ciklų skaičių, darbo ciklo trukmę, sraute esančių dalelių tankį, cirkuliuojančio skysčio temperatūrą, vidutinį greitį, cirkuliuojančiame skystyje esančių nuklidų tirpumą šiame skystyje, cirkuliuojančiame skystyje esančių nuklidų savitąjį aktyvumą Bq/m³ (t. y. įvertinti šilumnešio užterštumą dėl anksčiau minėtų procesų), sistemos elementų konstrukcinius parametrus (konstrukcines medžiagas, elemento geometrinius matmenis ir pan.) ir kt.

PCK įrangos užterštumo radioaktyviosiomis dalelėmis įvertinimas buvo atliekamas naudojantis programų paketu LLWAA–DECOM [4].

Nuklidų, esančių ant sistemos elemento sienelės, aktyvumo kitimas įvertinamas pagal (1) lygtį:

$$\frac{dW_i}{dt} = K_d * C_{v_i} * (1 - frspr_i) - W_i * (K_r + \lambda_i); \quad (1)$$

čia W_i – i -ojo nuklido, esančio ant sienelės, paviršinis aktyvumas Bq/m²;

K_d – dalelių nusėdimo greitis m/s;

C_{v_i} – savitasis i -ojo nuklido aktyvumas sraute Bq/m³;

$frspr_i$ – i -ojo nuklido tirpioji dalis cirkuliuojančiame agente (nedimensinis);

K_r – dalelių atpalaidavimo koeficientas s⁻¹;

λ_i – i -ojo nuklido skilimo konstanta s⁻¹;

t – laikas s.

Nusėdimo ir atpalaidavimo koeficientai (K_d , K_r) priklauso nuo srauto charakteristikų (tekėjimo greičio, temperatūros, Reinoldso skaičiaus), sistemos įrangos charakteristikų (geometrijos, vidinių sienelių šiurkštumo, trinties koeficiento), radioaktyviųjų dalelių charakteristikų (dalelių tankio sraute, skersmens).

Nuosėdų ant įrangos sienelių susidarymas priklauso nuo vandens charakteristikų (vandens pH, temperatūros), veikiančių korozijos greitį, bei nuo sistemos darbo charakteristikų (PCK vandens valymo greičio, darbo ciklo trukmės). Susidariusiose nuosėdose esančių nuklidų koncentracija priklauso nuo jų koncentracijos cirkuliuojančiame šilumnešyje, nuklidų tirpumo šilumnešyje.

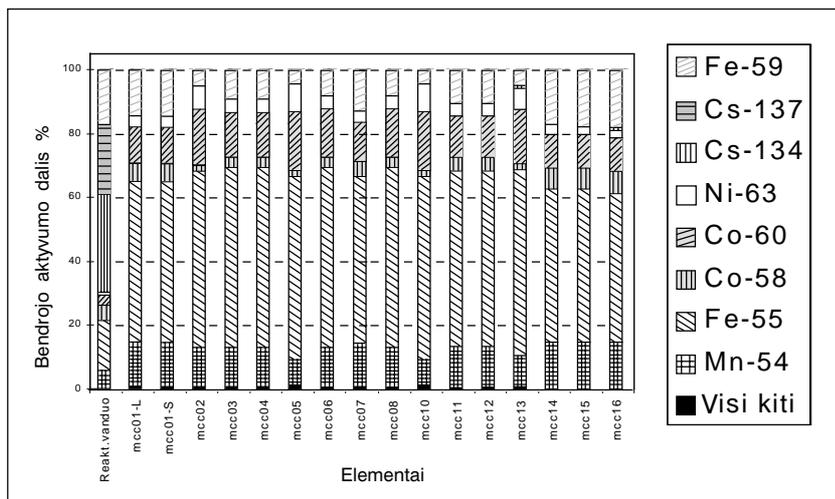
Skaičiavimų metu įvertinama tiek vandenyje, tiek nuosėdose esančių nuklidų skleidžiamos dozės galia. Skaičiavimai rodo, kad PCK cirkuliuojančio vandens skleidžiamos dozės galia yra daug mažesnė nei nuosėdų skleidžiama. Be to, prieš pradėdant išmontavimo darbus, vanduo bus pašalintas iš sistemos. Tačiau tai netrukdo palyginti programos apskaičiuotas ir išmatuotas dozės galios vertes iš sistemos nepašalinus aušinimo skysčio.

4. REZULTATAI

Skaičiavimų rezultatų analizė rodo, kad iš PCK cirkuliuojančio šilumnešio ant PCK elementų vidinių sienelių nusėda daugiausia Fe55, Fe59, Co60, Mn54, Ni63, Co58 nuklidų (2 pav.).

Trumpai panagrinėkime šių nuklidų charakteristikas [2].

- Fe55 yra trumpaamžis nuklidas ($T_{1/2} = 2,73$ metų). Po elektrono pagavimo skyla į Mn55 (emituojama silpna Rentgeno spinduliuotė). Fe55 yra sunkiai matuojamas nuklidas, gali būti koreliuojamas su Co60.



2 pav. PCK vandens ir ant įrangos sienelių susidariusių nuosėdų nuklidinė sudėtis. Visi kiti – tai nuklidai, kurių kiekvieno bendrojo užterštumo dalis nesiekia 1%

- Fe59 yra trumpaamžis nuklidas ($T_{1/2} = 44,5$ paros). Skilimo metu emituoja γ spinduliuotę.

- Co60 yra trumpaamžis nuklidas ($T_{1/2} = 5,27$ metų). Skilimo metu vyksta β^- emisija. Skilimo produktas – sužadintos būsenos Ni60, kuris, pereidamas į nesužadintą būseną, išspinduliuoja γ kvantus (1,17 MeV ir 1,33 MeV energijos). Šis nuklidas paprastai labiausiai sąlygoja aktyviosios zonos elementų skleidžiamą γ dozę per 10–50 metų.

- Mn54 yra trumpaamžis nuklidas ($T_{1/2} = 312$ parų). Skyla dėl elektrono pagavimo emituodamas 835 keV energijos γ kvantus. Dėl savo santykinai trumpos pusėjimo trukmės Mn54 gali turėti žymesnę įtaką dozei tik labai neilgą laiką po reaktoriaus sustabdymo.

- Co58 yra trumpaamžis nuklidas ($T_{1/2} = 70,86$ paros). Skilimo metu emituoja γ kvantus.

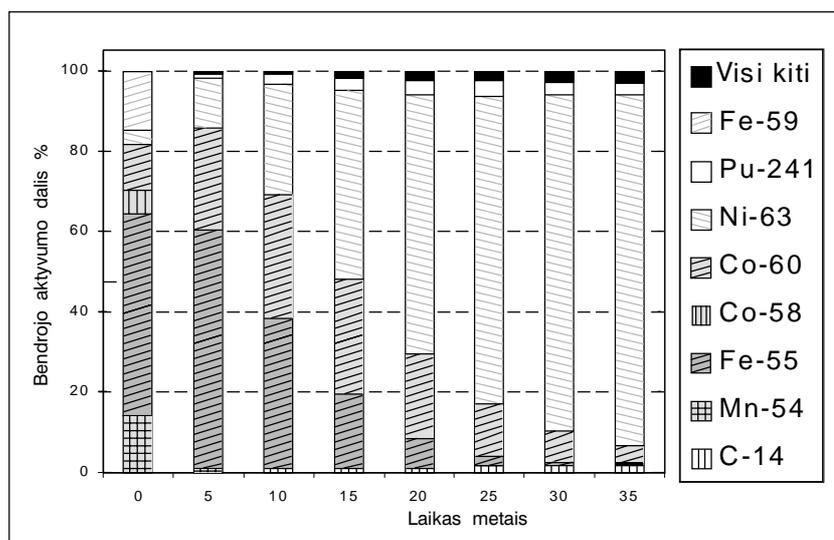
- Ni63 yra ilgaamžis nuklidas ($T_{1/2} = 100,1$ metų). Skyla į nesužadintos būsenos Cu63 emituodamas β^- spinduliuotę. Šis nuklidas yra svarbus laidojant radioaktyviausias atliekas. Ni63 yra sunkiai matuojamas nuklidas ir gali būti koreliuojamas su lengvai matuojamu Co60. Ni63 yra vienas aktyvacijos produktų, kurio kiekis ima vyruoti lengvojo vandens reaktoriuose atidėto išmontavimo atveju. Ni63 yra silpnas β^- emiteris, todėl išmontavimo metu žymesnę pavojų jis gali sukelti, kai patenka į kvėpavimo organus.

Kaip matyti pateiktoje diagramoje (2 pav.), vandens užterštumą daugiausia sąlygoja užteršimas Cs134 ir Cs137 nuklidais (atitinkamai 31,04 ir 22,17%), tuo tarpu nuosėdose vyraujantys nuklidai yra Fe55 (46,61–57,18%), Co60 (10,39–18,69%), Mn54 (8,33–14,46%), Fe59 (4,11–18,56%), nors vandenyje jie sudaro atitinkamai 15,52, 3,32, 5,6, 16,63% bendro užterštumo.

Toks nuklidų pasiskirstymas nuosėdose priklauso nuo nuklidų koncentracijos bei tirpumo vandenyje. Iš vandens į nuosėdas perėti gali tik vandenyje neištirpusi nuklido dalis. Nors Cs134 ir Cs137 koncentracija tūrio vienetu panaši ar net didesnė nei, pavyzdžiui, Mn54 koncentracija, nuosėdose Mn54 koncentracija didesnė nei Cs134 ar Cs137. Taip atsitinka dėl to, kad Cs134, Cs137 nuklidų tirpumas vandenyje didesnis nei Mn54 nuklidų tirpumas.

PCK užterštos įrangos analizė rodo, kad reaktoriaus galutinio sustabdymo metu labiausiai užteršti bus tokie PCK elementai, kaip būgnų-separatorių dalis, nuolat besiliečianti su aušinimo skysčiu, PCS bakai 7, grupinis paskirstymo kolektorius 11, reaktoriaus aktyviojoje zonoje esantys kuro kanalai 14, garo ir vandens komunikacijų vamzdynas 16. Laikui bėgant, dėl savaiminio skilimo, užterštų elementų (t. y. ant paviršiaus esančių nuosėdų) nuklidinė sudėtis kinta. Tai aiškiai matyti 3 paveiksle.

PCK užterštos įrangos analizė rodo, kad reaktoriaus galutinio sustabdymo metu labiausiai užteršti bus tokie PCK elementai, kaip būgnų-separatorių dalis, nuolat besiliečianti su aušinimo skysčiu, PCS bakai 7, grupinis paskirstymo kolektorius 11, reaktoriaus aktyviojoje zonoje esantys kuro kanalai 14, garo ir vandens komunikacijų vamzdynas 16. Laikui bėgant, dėl savaiminio skilimo, užterštų elementų (t. y. ant paviršiaus esančių nuosėdų) nuklidinė sudėtis kinta. Tai aiškiai matyti 3 paveiksle.

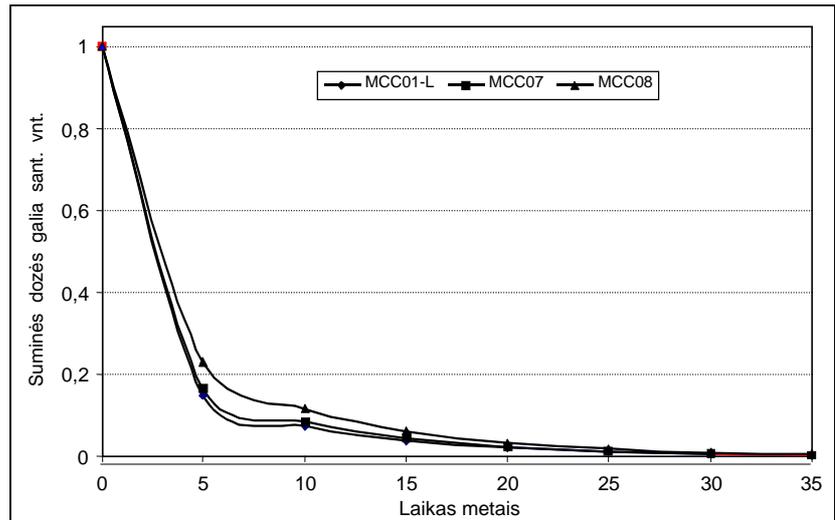


3 pav. Įrangos (būgnai-separatoriai) aktyvumo kitimas laike. Kiti – tai likusieji nuklidai, kurių kiekvieno bendrojo užterštumo dalis ne didesnė nei 0,12%

Išanalizuotame 35 metų laikotarpyje PCK elementų užterštumą labiausiai įtakoja ilgaamžis nuklidai Ni63, nes per trumpą laiką suskyla trumpaamžiai nuklidai (Fe55, Fe59, Co58, Co60, Mn54). Kitų ilgaamžių nuklidų įtaka bendram užterštumui taip pat išauga, nes jų aktyvumai per tokį laiką praktiškai nepakinta. Išimtis yra Am241, kurio aktyvumas išauga dėl Pu241 ($T_{1/2} = 14,35$ metų) skilimo.

4.1. Dozės galia

Kaip minėta, Ni63 yra silpnas β spinduliuotės emiteris ir jo skilimo produktas – nesužadintos būsenos Cu63. Tokiu būdu Ni63 skilimas nelydimas γ spinduliuotės emisijos, taigi ir kontaktinei dozei jis įtakos praktiškai neturi. Radiologiniu požiūriu svarbūs yra nuklidai, sąlygojantys užterštų elementų skleidžiamą γ spinduliuotę, iš jų labai svarbus Co60 (4 pav.). Elementų skleidžiamos dozės galia laikui bėgant kinta, taip pat kinta ir didžiausią įtaką suminei elemento skleidžiamos dozės galiai turinčių nuklidų pasiskirstymas. Užterštų PCK elementų skleidžiamą γ spinduliuotę reaktoriaus sustabdymo metu labiausiai sąlygoja Fe59 ir Mn54, praėjus 5 metams po sustabdymo – Co60. Praėjus kelioms dešimtims metų nuo reaktoriaus eksploatavimo nutraukimo tampa ryški nuklidų Nb94 ir Cs137 įtaka skleidžiamai γ spinduliuotei, o Co60 indėlis į bendrą skleidžiamą γ spinduliuotę laikui bėgant mažėja.



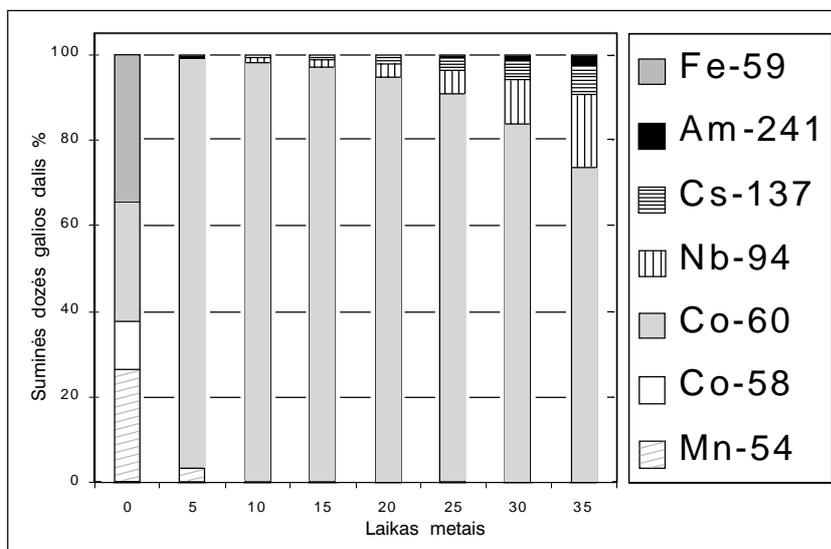
5 pav. Kai kurių PCK elementų suminės skleidžiamos dozės galios kitimas per 35 metus

Paanalizavus sistemos elementų skleidžiamos dozės galios kitimą laike, dozės galia praėjus po reaktoriaus galutinio sustabdymo 5 metams žymiai sumažėja (apie 80%) (5 pav.). Taip atsitinka dėl trumpaamžių nuklidų Fe55, Co58, Mn54 savaiminio skilimo. Toks dozės galios sumažėjimas praėjus 5 metams nuo galutinio 1-ojo bloko sustabdymo naudingas, nes PCK išmontavimo darbai nebus pradėti iškart sustabdyti bloką. Tai susiję su priimta panaudoto branduolinio kuro tvarkymo strategija, pagal kurią dalis branduolinio kuro bus perkeliama į 2-ąjį bloką. Perkėlimas gali trukti keletą metų. Be to, iš baseinų turi būti išvežtas visas panaudotas kuras, jį išlaikius baseinuose ne trumpiau kaip 5 metus.

Apskaičiuotų PCK elementų skleidžiamų dozės galios verčių teisingumui patikrinti buvo atliktas jų palyginimas su išmatuotomis dozės galios vertėmis. Palyginus matyti, kad apskaičiuotos dozės galios vertės neblogai sutampa su išmatuotomis arba viršija didžiausias išmatuotas vertes (ne daugiau kaip 3 kartus). Tai sąlygoja šios prielaidos:

Skaičiavimuose naudota Co60, esančio PCK cirkuliuojančio vandens sudėtyje, tūrinio aktyvumo reikšmė, 2–3 kartus didesnė už dažniausiai išmatuojamą aktyvumo reikšmę;

Skaičiavimuose naudoti vandens tekėjimo sistemos elementuose greičiai atitinka didžiausią, 48000 m³/h, debitą PCK (tai atitinka didžiausią, 1,25 GW, elektrinę galią), tuo tarpu vidutiniš-



4 pav. Kiekvieno nuklido įtaka suminei dozės galiai būgne-separatoriuje

kai elektrinės elektrinė galia yra ne didesnė nei 70% minėtos vertės.

5. IŠVADOS

Atlikus PCK įrangos užterštumo radiologinį įvertinimą bei užterštumo kitimo laikui bėgant analizę galima daryti šias išvadas.

1. Ant PCK įrangos sienelių dėl sąlyčio su šilumnešiu susidariusių nuosėdų nuklidinė sudėtis labai skiriasi nuo cirkuliuojančio šilumnešio nuklidinės sudėties.

2. Per 35 metus po reaktoriaus galutinio sustabdymo PCK elementų užterštumą labiausiai sąlygoja ilgaamžis nuklidas Ni63, nes per trumpą laiką suskyla trumpaamžiai nuklidai (Fe55, Fe59, Co58, Co60, Mn54).

3. Užterštų PCK elementų skleidžiamą γ spinduliuotę reaktoriaus sustabdymo metu labiausiai sąlygoja Fe59 ir Mn54, praėjus 5 metams – Co60. Praėjus kelioms dešimtims metų nuo reaktoriaus eksploatavimo nutraukimo tampa ryški nuklidų Nb94 ir Cs137 įtaka skleidžiamai γ spinduliuotei.

4. Kiekvieno PCK elemento skleidžiamos suminės dozės galia praėjus nuo reaktoriaus sustabdymo 5 metams gerokai sumažėja, todėl tikslinga sistemos išmontavimo darbus pradėti ne anksčiau kaip praėjus minėtam laikotarpiui.

Gauta
2003 04 01

Literatūra

1. Lewis B. J., Husain A. Modelling the activity of I129 in the primary coolant of a CANDU reactor // Journal of Nuclear Materials. 2003. Vol. 312. P. 81–96.
2. Radiological Characterization of Shut Down Nuclear Reactors for Decommissioning Purposes. Technical Reports Series No. 389. IAEA, Vienna, 1998. 184 p.
3. Lemens B. B., Centner P., Beguin K. Mannaerts. Determination and declaration of critical nuclide inventories in Belgian NPP radwaste streams // Proceed. of WM'99 Conference, February 28–March 4, 1999.
4. Manule de conception du programme de calcul de l'active dans depots des equipments des centrals de Doel et Tihange. CNT-KCD/4NT/8317/000/01 Ed.990121.

Povilas Poškas, Rimantas Zujus, Asta Brazauskaitė, Jokūbas Kolesnikovas, Gražvydas Būdvytis

RADIOLOGICAL CHARACTERIZATION OF THE MAIN CIRCULATION CIRCUIT OF THE 1ST UNIT AT IGNALINA NPP

Summary

A preliminary assessment of the main circulation circuit (MCC) equipment contamination at the reactor final shut-down and analysis of the contamination variation with time are presented. In order to perform this assessment, data on MCC element characteristics, the coolant characteristics, the system operational conditions, etc. were collected. The modified computer code LLWAA-DECOM (Belgium) was used to determine contamination of the system elements. As a result, nuclide vectors and surface dose rates of deposits for every MCC element were determined. The modeling results were compared to the measurement results of the dose rates.

Key words: Ignalina NPP, main circulation circuit, surface contamination, nuclide vector, dose rate

Повилас Пошкас, Римантас Зујус, Аста Бразаускайте, Йокубас Колесниковас, Гражвидас Будвитис

РАДИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КОНТУРА МНОГОКРАТНОЙ ПРИНУДИТЕЛЬНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ 1-ОГО БЛОКА ИГНАЛИНСКОЙ АЭС

Резюме

В настоящей статье представлены оценка загрязнений контура многократной принудительной циркуляции (КМПЦ) на Игналинской АЭС в момент окончательного закрытия реактора и анализ изменения уровня загрязнения со временем.

Чтобы провести эту оценку, были собраны данные о характеристиках элементов КМПЦ, характеристиках теплоносителя, эксплуатационные условия системы КМПЦ и др. Модифицированный компьютерный код LLWAA-DECOM (Бельгия) использовался для определения загрязнения каждого элемента системы. В результате были определены состав нуклидов, их активность и мощность дозы осадков на поверхности каждого элемента системы. Результаты моделирования сравнены с результатами измерений мощности дозы.

Ключевые слова: Игналинская АЭС, контур многократной принудительной циркуляции, поверхностное загрязнение, состав нуклидов, мощность дозы