

Ա.Ա. ԳԵՎՈՐԿՅԱՆ, Ա.Գ. ԽԱՇԱՏՐՅԱՆ

**ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СУХОГО ХРАНИЛИЩА
ОТРАБОТАННОГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА**

Сделана попытка оценить время выдержки отработанного ядерного топлива в бассейне выдержки, в результате чего остаточное тепловыделение примет такое значение, что становятся возможными перевозка отработанного ядерного топлива в сухое хранилище и осуществление надежного теплоотвода с поверхности канистры путем естественной конвекции воздуха.

Ключевые слова: отработанное ядерное топливо, сухое хранилище, остаточное тепловыделение, теплогидравлический расчет.

Ա.Ա. ԳԵՎՈՐԿՅԱՆ, Ա.Գ. ԽԱՇԱՏՐՅԱՆ

**THERMOHYDRAULIC CALCULATION OF THE SPENT FUEL
DRY STORAGE**

An attempt to estimate the spent fuel cooling time in the spent fuel pool is made. As a result, this residual heat release will accept the value to make it possible to transfer the spent fuel to the dry storage and to carry out safe heat release by natural air convection from the surface of the canister with the spent fuel assemblies transferred to the dry storage.

Keywords: spent fuel, dry storage, residual heat release, thermohydraulic calculation.

ՀՏԴ 621.039.58:621.039.534.37

Ա.Դ. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ

**ՋՐԱԾՆԻ ՊԱՍՍԻՎ ԱՎՏՈԿԱՏԱԼԻՏԻԿ ՌԵԿՈՄԲԻՆԱՏՈՐՆԵՐԻ
ԱՇԽԱՏԱՆՔԱՅԻՆ ԱՌԱՆՁՆԱՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒՄԸ
ԾԱՆՐ ՎԹԱՐԻ ԴԵՊՔՈՒՄ**

Մաթեմատիկական մոդելավորման միջոցով ուսումնասիրվել է ջրածնի պասսիվ ավտոկատալիտիկ ռեկոմբինատորների (ՋՊԱՌ) ներդրման արդյունավետությունը միջուկային էներգաբլոկներում որպես հնարավոր ծանր վթարների դեպքում ջրածնային վտանգի մեղմման ռազմավարություն: Ցույց է տրվել, որ նույնիսկ առավել վատատեսական հաշվարկային սցենարի պարագայում ՋՊԱՌ-ի համակարգը կարող է օգտագործվել որպես ծանր վթարի դեպքում ջրածնային վտանգի մեղմման արդյունավետ ռազմավարություն:

Առանցքային բաներ. ծանր վթար, ջրածին, ԱԷԿ, ռեկոմբինատոր, ջրածնային վտանգ, ջրածնային վտանգի մեղմում, ծանր վթարի կառավարում:

Միջուկային էներգաբլոկներում, հնարավոր ծանր վթարի դեպքում, ջրածնի կառավարման խնդիրը շարունակում է պահպանել իր արդիականությունը և հատկապես ընդգծվեց Ֆուկուշիմայի վթարից հետո: Զրոյից հովաքվող ռեակտոր-

ների պարագայում ջրածնի առաջացումը հիպոթետիկ ծանր վթարներին ուղեկցող անխուսափելի պրոցեսներից մեկն է և լուրջ սպառնալիք է հանդիսանում հերմետիկ շինության ամբողջականության պահպանման հարցում [1]: Որպեսզի հնարավոր լինի ապահովել հերմետիկ շինության և անվտանգության այլ համակարգերի պաշտպանությունը ծանր վթարի ընթացքում առաջացող ջրածնի հնարավոր բռնկումից, հարկավոր է ջրածնային վտանգի մեղմման նախապես հիմնավորված ռազմավարության իրականացում: Այդպիսի ռազմավարության իրագործումը կարող է ուղղակիորեն պայմանավորված լինել այնպիսի անվտանգության համակարգի ներդրմամբ, ինչպիսին է ջրածնի պասսիվ ավտոկատալիտիկ ռեկոմբինատորների (ՋՊԱՌ) համակարգը, որը հաջողությամբ ներդրված է Եվրոպական, Ասիական և Ռուսական ավելի քան 100 միջուկային էներգաբլոկներում որպես ծանր վթարի դեպքում ջրածնային վտանգի մեղմման պասսիվ համակարգ:

Արտանախագծային վթարների դեպքում (այդ թվում՝ ծանր վթարների դեպքում) ԱԷԿ-ի հերմետիկ շինությունում ջրածնային անվտանգության ապահովման համար պետք է բացառել ջրածին պարունակող գազային խառնուրդի դետոնացիոն այրման հնարավորությունը վթարի ողջ ընթացքում, կամ ջրածնի այրման հնարավորության դեպքում հարկավոր է հիմնավորել անվտանգության համար կարևոր համակարգերի վնասումների բացակայությունը:

ՋՊԱՌ-ի համակարգի աշխատանքի իրական ազդեցությունը ծանր վթարի ընթացքում ջրածնային վտանգի մեղմման տեսանկյունից գնահատելու համար ընտրվել է հետազոտության անալիտիկ եղանակը: Այդ նպատակով (Ֆրանսիական SWING EDITOR ծրագրի օգտագործմամբ) մշակվել է մաթեմատիկական մոդել, որում կիրառված հիմնական կախվածությունները ներկայացված են ստորև: Ներկայացված են միայն մոդելում կիրառված այն հիմնական մաթեմատիկական կախվածությունները, որոնք կապված են դիտարկվող ծավալի միջավայրում ռեկոմբինացիայի հետևանքով գազային խառնուրդի կազմի և հիմնական թերմոդինամիկական պարամետրերի փոփոխության հետ: Մոդելը գտնվում է զարգացման փուլում: Ջրածնային վտանգի մեղմման տարբեր մեթոդների անալիտիկ ուսումնասիրման և համալիր մեթոդիկայի մշակման նպատակով մոդելում նախատեսվում է ներդնել նաև ֆիլտրվող արտանետման և ազոտի սրսկման համակարգի առանձին մոդելները: Մոդելի վերջնական տարբերակը կներկայացվի մեկ այլ հոդվածի շրջանակներում:

Դիտարկվող հաշվարկային ծավալի միջավայրում գազային կոմպոնենտների զանգվածային մասնաբաժինները մոդելում որոշվել են համաձայն հետևյալ առնչության.

$$g_i = m_i / m_{\text{խառ.}}$$

որտեղ m_i -ն գազային խառնուրդում առանձին գազային կոմպոնենտի զանգվածն է, $m_{\text{խառ.}}$ -ը՝ գազային խառնուրդի զանգվածը:

Գազային կոմպոնենտների ծավալային մասնաբաժինները որոշվել են համաձայն հետևյալ առնչության.

$$\varphi_i = g_i \cdot R_i / R_{\text{խառ.}}$$

որտեղ R_i -ն առանձին կոմպոնենտների գազային հաստատունն է (համաձայն տեղեկատուների), $R_{\text{խառ.}} = \sum g_i \cdot R_i$ -ը՝ խառնուրդի գազային հաստատունը:

Գազային միջավայրի առանձին կոմպոնենտների ընթացիկ զանգվածները որոշվել են համաձայն հետևյալ առնչության.

$$m_i^k = m_i^{k-1} + dm_i,$$

որտեղ m_i^{k-1} -ը առանձին գազային կոմպոնենտի զանգվածն է հաշվարկային քայլից առաջ, m_i^k -ը՝ առանձին գազային կոմպոնենտի զանգվածը հաշվարկային քայլ հետո:

Մոդելում գազային միջավայրի առանձին կոմպոնենտների զանգվածային փոփոխությունները որոշվել են հետևյալ առնչություններից ելնելով.

$$dm_{H_2} = dm_{q\text{են.}}^{H_2} - dm_{\text{փակ.}}^{H_2} - dm_{\text{արտ.}}^{H_2} - dm_{n\text{եկ.}}^{H_2} - dm_{\text{ֆիլտ.արտ.}}^{H_2} \pm dm_{\text{հար.ծավ.}}^{H_2},$$

$$dm_{O_2} = -dm_{\text{փակ.}}^{O_2} - dm_{\text{արտ.}}^{O_2} - dm_{n\text{եկ.}}^{O_2} - dm_{\text{ֆիլտ.արտ.}}^{O_2} \pm dm_{\text{հար.ծավ.}}^{O_2},$$

$$dm_{N_2} = -dm_{\text{փակ.}}^{N_2} - dm_{\text{արտ.}}^{N_2} + dm_{\text{սրսկ.}}^{N_2} - dm_{\text{ֆիլտ.արտ.}}^{N_2} \pm dm_{\text{հար.ծավ.}}^{N_2},$$

$$dm_{H_2O} = dm_{q\text{են.}}^{H_2O} - dm_{\text{փակ.}}^{H_2O} - dm_{\text{արտ.}}^{H_2O} + dm_{n\text{եկ.}}^{H_2O} - dm_{\text{կոնդ.}}^{H_2O} - dm_{\text{ֆիլտ.արտ.}}^{H_2O} \pm dm_{\text{հար.ծավ.}}^{H_2O}:$$

Դիտարկվող ծավալներում միջավայրի հիմնական թերմոդինամիկական պարամետրերի փոփոխությունները մոդելում որոշված են ըստ հետևյալ կախվածությունների.

$$P_{\text{խառ.}} = m_{\text{խառ.}} \cdot R_{\text{խառ.}} \cdot T_{\text{խառ.}} / V_{\text{ազ.}},$$

$$T_{\text{խառ.}} = Q_{\text{խառ.}} / m_{\text{խառ.}} \cdot c_{p\text{խառ.}} + T_0,$$

$$c_{p\text{խառ.}} = \sum g_i \cdot c_{pi},$$

որտեղ $V_{\text{ազ.}}$ -ը դիտարկվող ծավալի չափն է, $[m^3]$, $T_{\text{խառ.}}$ -ը՝ դիտարկվող ծավալում գազային խառնուրդի միջին բացարձակ ջերմաստիճանը, $[K]$, T_0 -ն՝ դիտարկվող ծավալներում շեմային ջերմաստիճանը (հաշվարկներում ընդունվել է 300 K), $P_{\text{խառ.}}$ -ը՝ գազային խառնուրդի միջին ճնշումը, $[Pa]$, $c_{p\text{խառ.}}$ -ն՝ գազային խառնուրդի

միջին իզոբար ջերմունակությունը $[Y_{\text{Ջ}}/Y_{\text{գ}} \cdot Y]$, c_{pi} -ն՝ գազային կոմպոնենտների միջին իզոբար ջերմունակությունը $[Y_{\text{Ջ}}/Y_{\text{գ}} \cdot Y]$, $Q_{\text{խառ.}}$ -ը՝ համապատասխան ծավալում գազային խառնուրդի գումարային ներքին էներգիան $[Y_{\text{Ջ}}]$:

$$Q_{\text{խառ.}}^k = Q_{\text{խառ.}}^{k-1} + dQ_{\text{նեկ.}} + dQ_{\text{գեներ.}} - dQ_{\text{կոնդ.}} - dQ_{\text{արտանետում}} - dQ_{\text{պատ.}} - dQ_{\text{ֆիլտ.արտ.}} + dQ_{\text{սրսկ.}}^{\text{N}_2} \pm \pm dQ_{\text{հար.ծավ.}} [Y_{\text{Ջ}}],$$

որտեղ $Q_{\text{խառ.}}^{k-1}$ -ը գազային խառնուրդի ներքին էներգիան է դիտարկվող ծավալում մինչև հաշվարկային քայլը, $Q_{\text{խառ.}}$ -ը՝ գազային խառնուրդի ներքին էներգիան դիտարկվող ծավալում հաշվարկային քայլից հետո, $dQ_{\text{նեկ.}}$ -ը՝ գումարային էներգիան, որը անջատվում է ջրածնի ռեկոմբինացիայի արդյունքում, $dQ_{\text{գեներ.}}$ -ն՝ դիտարկվող ծավալ բերվող էներգիան ռեակտորում գեներացվող գազերով ($\text{H}_2, \text{H}_2\text{O}$), $dQ_{\text{կոնդ.}}$ -ը՝ գազային խառնուրդից ջրային գոլորշու կոնդենսացման հետևանքով հեռացվող էներգիան, $dQ_{\text{արտանետ.}}$ -ը՝ դիտարկվող ծավալից արտանետումներով պայմանավորված հեռացվող էներգիան (արտանետման փականներով և անկիպություններով), $dQ_{\text{պատ.}}$ -ը՝ դիտարկվող ծավալում ջերմային կորուստները՝ պայմանավորված պատերի առկայությամբ, $dQ_{\text{ֆիլտ.արտ.}}$ -ը՝ ֆիլտրվող արտանետման փականների հնարավոր աշխատանքով պայմանավորված (եթե առկա են) միջավայրի ներքին էներգիայի փոփոխությունները, $dQ_{\text{սրսկ.}}^{\text{N}_2}$ -ը՝ դիտարկվող ծավալում ազոտի հնարավոր սրսկման հետևանքով առաջացող միջավայրի ներքին էներգիայի փոփոխությունը, $dQ_{\text{հար.ծավ.}}$ -ը՝ դիտարկվող և հարակից ծավալների միջև հոսքերով պայմանավորված էներգիայի փոփոխությունները համապատասխան նշանով:

Մոդելում դիտարկվել են գերմանական « AREVA » ընկերության կողմից մշակված FR1-1500T և FR1-750T մակնիշի ռեկոմբինատորներ:

Ռեկոմբինատորների աշխատանքի ինտենսիվությունը մոդելում նկարագրվել է հետևյալ բանաձևով [2].

$$dm_{\text{նեկ.}}^{\text{H}_2} = N \cdot \eta \cdot \min(\varphi_{\text{H}_2}, 2 \cdot \varphi_{\text{O}_2}, 8) \cdot (A \cdot p + B) \cdot \tanh(\varphi_{\text{H}_2} - 0,5) \cdot 10^{-3} [Y_{\text{գ}}/Y],$$

որտեղ $dm_{\text{նեկ.}}^{\text{H}_2}$ $[Y_{\text{գ}}/Y]$ -ը ջրածնի ռեկոմբինացիայի զանգվածային ինտենսիվությունն է, N $[/]$ -ը՝ ռեկոմբինատորների քանակը տվյալ ծավալում, η $[/]$ -ը՝ ռեկոմբինատորի արդյունավետությունը տվյալ պայմաններում, φ_{H_2} $[\%]$ -ը՝ ջրածնի ծավալային կոնցենտրացիան տվյալ ծավալում, φ_{O_2} $[\%]$ -ը՝ թթվածնի ծավալային կոնցենտրացիան տվյալ ծավալում, P $[բար]$ -ը՝ ճնշումը հերմետիկ շինության ծավալում, A և B -ն՝ փորձնականորեն ստացված հաստատուններ, որոնց արժեքները բերված են ստորև ներկայացված աղյուսակում:

Աղյուսակ

Ռեկոմբինատորի մակնիշը	A [գ/(վ·բար)]	B [գ/վ]
FR1-1500T	0,137	0,157
FR1-750T	0,051	0,074

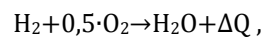
Ռեկոմբինատորների արդյունավետությունը պայմանավորված է ջրածնի և թթվածնի հարաբերակցությամբ, որի թվային արժեքը մոդելում որոշվել է՝ համաձայն հետևյալ տրամաբանության.

$$\eta = \begin{cases} 1 \text{ եթե } X_{H_2}/X_{O_2} \leq 1, \\ 0,5 \text{ եթե } X_{H_2}/X_{O_2} > 1: \end{cases}$$

Ռեկոմբինացիայի պրոցեսին մասնակցող միջավայրի կոմպոնենտների զանգվածների փոփոխության մոդելավորման համար (թթվածնի և ջրածնի զանգվածների նվազումը և գոլորշու զանգվածի ավելացումը) օգտագործվել է հետևյալ արտահայտությունը, որը ստացվում է ջրածնի ռեկոմբինացիայի քիմիական հավասարման նյութական հաշվեկշիռից.

$$\begin{cases} dm_{nեկ}^{O_2} = 8 \cdot dm_{nեկ}^{H_2}, \\ dm_{nեկ}^{H_2O} = 9 \cdot dm_{nեկ}^{H_2}: \end{cases}$$

Մոդելում ջրածնի էկզոթերմիկ ռեկոմբինացիան կատալիտիկ թիթեղների վրա նկարագրվում է հետևյալ քիմիական ռեակցիայով.



որտեղ $\Delta Q = 120900$ կՎտ, յուրաքանչյուր 1 կգ ջրածնի լրիվ ռեկոմբինացիայի արդյունքում անջատված ջերմության քանակությունն է 1 վայրկյանում, իսկ մոդելում ռեկոմբինացիայից անջատված ջերմային հզորությունը նկարագրված է հետևյալ բանաձևով.

$$dQ_{nեկ} = dm_{nեկ}^{H_2} \cdot 120900 \text{ [կՎտ]}:$$

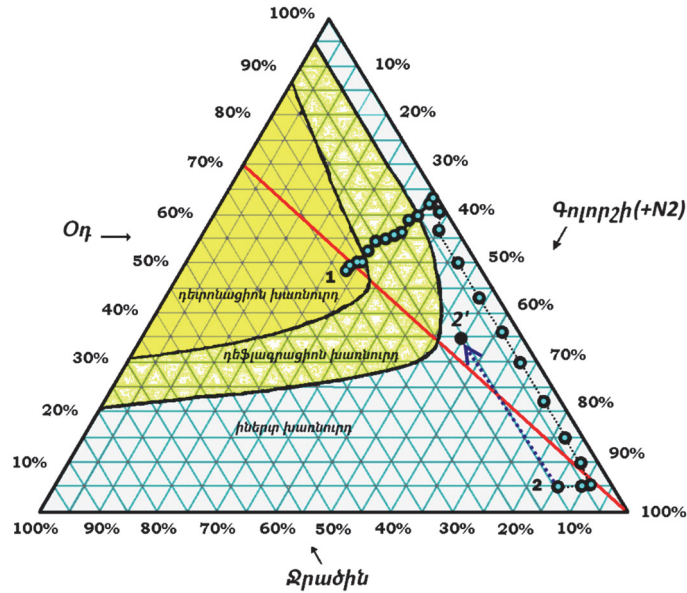
Մոդելում ջրածնի ռեկոմբինացիայի պրոցեսը մեկնարկում է, եթե $X_{O_2} \geq 3\%$ և $X_{H_2} \geq 2\%$, և դադարում է, եթե $X_{O_2} \leq 1\%$ կամ $X_{H_2} \leq 0,5\%$:

Հաշվարկները կատարվել են՝ ելնելով կոնսերվատիվ մոտեցման սկզբունքից, որպեսզի հնարավոր լինի ստանալ այնպիսի արդյունքներ, որոնք բնութագրական կլինեն առավել վատատեսական սցենարների պարագայում: Այդ նպատակով հաշվարկային սցենարը դիտարկվել է թթվածնի կուտակման տեսանկյունից առավել ռիսկային համարվող ծավալի դեպքում: Այդ նպատակով միջա-

վայրի սկզբնական կազմը ընտրվել է թթվածնի բարձր և գոլորշու ցածր պարունակությամբ, իսկ ջերմային կորուստների առկայությունը չի անտեսվել:

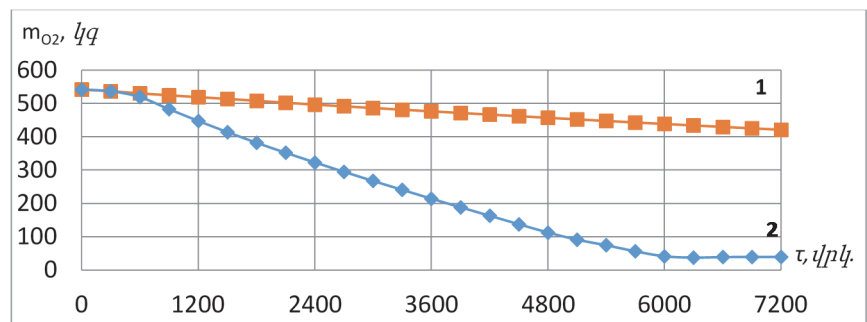
Միևնույն պայմանների դեպքում կատարվել է 2 հաշվարկ՝ համապատասխանաբար ռեկոմբինատորների բացակայության և դրանց առկայության պարագայում: Նկ. 2-ում ներկայացված է դիտարկված ծավալում միջավայրի կազմի փոփոխությունը Շապիրո-Մոֆետտիի եռակոմպոնենտ դիագրամի միջոցով, որը սահմանում է ինչպես ջրածնի սպասվող այրման ռեժիմները, այնպես էլ գազային խառնուրդի իներտ կազմը: Առաջին սցենարի դեպքում շուրջ 30 *րոպե* հետո միջավայրի կազմը մոտ է գտնվել դեֆլագրացիոն այրման սահմանին, իսկ արդեն 1 *ժամ* 20 *րոպե* անց՝ դետոնացիոն այրման սահմանին և շարունակել է գտնվել դետոնացիոն այրման տիրույթում մինչև հաշվարկային սցենարի ավարտը: Դետոնացիոն այրման դեպքում դիտարկվող ծավալի ֆիզիկական ամբողջականության կորուստը միանշանակ է:

Հաշվարկը կատարվել է 2 ժամանոց (7200 *վրկ.*) տևողությամբ տիրույթի համար, որի ընթացքում դիտարկվող ծավալում (մոդելավորված է Հայկական ԱԷԿ-ի գործող էներգաբլոկի գլխավոր շրջանառության պոմպերի և գլխավոր փակող փականների էլեկտրահաղորդակների սպասարկման սրահի օրինակով, որի ազատ ծավալը ընդունված է 2268 *մ³*) ջրածնի գեներացիայի ինտենսիվությունը ընդունվել է 0,01 *կգ/վրկ.*: Գրաֆիկներում կետերը վերցվել են յուրաքանչյուր 10 *րոպե* մեկ: Մոդելում 5 հատ *FR1-1500T* և 10 հատ *FR1-750T* տիպի ռեկոմբինատորների դիտարկման պարագայում միջավայրի կազմի փոփոխության կորը հաշվարկային սցենարի ողջ ընթացքում գտնվել է իներտ տիրույթում: Այստեղից միանշանակ կարելի է պնդել, որ ջրածնի պասսիվ ավտոկատալիտիկ ռեկոմբինատորների՝ որպես ծանր վթարի դեպքում ջրածնային վտանգի մեղմման պասսիվ համակարգի ներդրումը կարող է առավել վատատեսական վթարային սցենարի դեպքում կանխել միջավայրում ջրածնի դետոնացիոն և դեֆլագրացիոն այրման վտանգը: Դիագրամում (նկ.1) 2-2՝ պրոցեսը համապատասխանում է գոլորշու ամբողջ քանակության ինտենսիվ կոնդենսացմանը (մոդելում ռեկոմբինատորների 2 *ժամ* աշխատելուց հետո միջավայրում եղած ողջ գոլորշին արհեստական կերպով կոնդենսացվել է): Նմանատիպ պրոցես կարող է սպասվել սպրինկլերային համակարգի աշխատանքի դեպքում: Դիագրամից (նկ.1) ակնհայտ է դառնում, որ գոլորշու ինտենսիվ կոնդենսացման պարագայում ռեկոմբինատորների աշխատանքի հետևանքով միջավայրում հաստատված խիստ իներտ կազմը արագ մոտենում է դեֆլագրացիոն այրման սահմանին, ինչը նշանակում է, որ սպրինկլերային համակարգի աշխատանքի պայմաններում, անկախ ռեկոմբինատորների առկայությունից, միջավայրի իներտության պաշարը կտրուկ նվազում է, իսկ ջրածնի բռնկման վտանգը մեծանում:

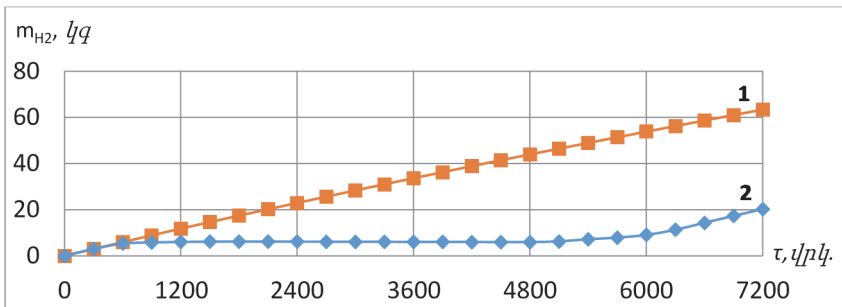


Նկ. 1. Դիփարկված ծավալում ջրածնի այրման սպասվող ռեժիմի գնահատումը Շապիրո-Մոֆեյտրիի եռակուսանկյան դիագրամի միջոցով՝ 1. առանց ռեկոմբինատորների, 2. ռեկոմբինատորների առկայությամբ

Հաջորդ գրաֆիկներում (նկ.2,3) ներկայացված են ռեկոմբինատորների աշխատանքի հետևանքով դիտարկվող ծավալում թթվածնի և ջրածնի զանգվածների փոփոխության կորերը: Համաձայն այդ նույն գրաֆիկների՝ ռեկոմբինատորների առկայությունը հանգեցնում է ջրածնի և թթվածնի ընթացիկ քանակությունների զգալի նվազմանը: Դիտարկվող ծավալում 5 հատ *FR1-1500T* և 10 հատ *FR1-750T* տիպի ռեկոմբինատորների աշխատանքը 2 ժամում ապահովել է շուրջ 50 կգ ջրածնի (նկ.2) և 400 կգ (նկ.3) թթվածնի ռեկոմբինացիա:

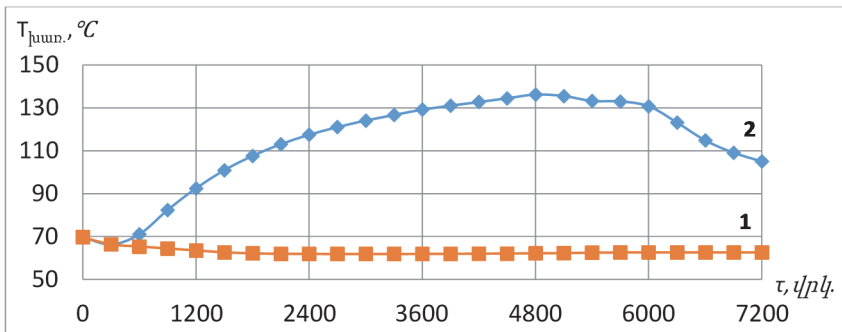


Նկ. 2. Դիփարկված ծավալում թթվածնի ընթացիկ զանգվածի փոփոխությունը 1. առանց ռեկոմբինատորների, 2. ռեկոմբինատորների առկայությամբ



Նկ. 3. Դիֆուզիայի ժամկետում ջրածնի ընթացիկ զանգվածի փոփոխությունը՝ 1. առանց ռեկոմբինատորների, 2. ռեկոմբինատորների առկայությամբ

Հաջորդ գրաֆիկում (Նկ.4) ներկայացված է ռեկոմբինատորների աշխատանքի հետևանքով դիտարկվող ծավալում միջին ջերմաստիճանի փոփոխությունը: Նկ.4-ից երևում է, որ ռեկոմբինատորների աշխատանքը դիտարկվող ծավալում առաջին 1,5 ժամվա ընթացքում հանգեցնում է միջավայրի ջերմաստիճանի ինտենսիվ աճի, հասցնելով այն մոտ 140°C (մոդելում ջերմային կորուստները անտեսված չեն): Ջերմաստիճանի նմանատիպ բարձրացումը կնպաստի դիտարկվող ծավալից միջավայրի ավելի ինտենսիվ հեռացմանը և չի խափանի ջրածնի մոնիտորինգի համակարգի սենսորների աշխատանքը (եթե դրանք առկա են): Մինչև 200 °C ջերմաստիճանը ջրածնի մոնիտորինգի համակարգի սենսորների աշխատանքը ժամանակակից սահմանափակումներ չունի:



Նկ. 4. Դիֆուզիայի ժամկետում միջին ջերմաստիճանի փոփոխությունը՝ 1. առանց ռեկոմբինատորների, 2. ռեկոմբինատորների առկայությամբ

Հիմնվելով կատարված վատատեսական հաշվարկային սցենարների արդյունքների վրա՝ կարելի է կատարել հետևյալ եզրակացությունները.

1. ջրածնի պասսիվ ավտոկատալիտիկ ռեկոմբինատորների աշխատանքի անալիտիկ ուսումնասիրությունը առավել վատատեսական պայմաններում ցույց տվեց, որ հնարավոր ծանր վթարի դեպքում դրանք լիովին կարող են օգտագործ-

վել որպես ջրածնային վտանգի մեղմման արդյունավետ ռազմավարություն և կանխել ջրածին պարունակող միջավայրի դեֆլագրացիոն և նույնիսկ դետոնացիոն այրման վտանգը,

2. ռեկոմբինատորների աշխատանքը նպաստում է միջավայրում ջրածնի և հատկապես թթվածնի զանգվածների զգալի նվազմանը, որը իր հերթին նվազեցնում է վերջիններիս տեղային կուտակման վտանգը,

3. ռեկոմբինատորների աշխատանքի հետևանքով դիտարկվել է միջավայրի միջին ջերմաստիճանի զգալի բարձրացում, որը սակայն վտանգավոր չէ ջրածնի մոնիտորինգի համակարգի սենսորների աշխատանքի տեսանյունից,

4. ցույց է տրվել, որ միջավայրում ջրային գոլորշու ինտենսիվ կոնդենսացման պայմաններում ռեկոմբինատորները չեն կարող փոխհատուցել ջրածնի և թթվածնի հարաբերական կոնցենտրացիայի աճը:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Պետրոսյան Վ.Գ., Եղոյան Է.Ա., Գրիգորյան Ա.Դ.** Ջրածնային վտանգը ՋԶԷՌ-440 ռեակտորով էներգաբլոկներում ծանր վթարի դեպքում //ՀԱՊՀ ԼՐԱԲԵՐ.-2016.- №.2.-էջ 547-554:
2. **Stephan Kelm, Wilfried Jahn, Ernst-Arndt Reinecke.** OPERATIONAL BEHAVIOUR OF CATALYTIC RECOMBINERS–EXPERIMENTAL RESULTS AND MODELLING APPROACHES. - October 2010 –P.8.

А.Д. ГРИГОРЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПАССИВНЫХ АВТОКАТАЛИТИЧЕСКИХ РЕКОМБИНАТОРОВ ВОДОРОДА ПРИ ТЯЖЕЛОЙ АВАРИИ

С помощью математического моделирования исследована эффективность внедрения пассивных автокаталитических рекомбинаторов водорода (ПАРВ) в ядерных энергоблоках в случае тяжелых аварий в качестве возможной стратегии по снижению водородного риска. Показано, что даже при наиболее консервативном расчетном сценарии система ПАРВ может быть использована в качестве эффективной стратегии по снижению водородного риска в случае тяжелых аварий.

Ключевые слова: тяжелая авария, водород, АЭС, рекомбинатор, водородный риск, смягчение водородного риска, управление тяжелыми авариями.

A.D. GRIGORYAN

INVESTIGATING THE WORKING FEATURES OF THE HYDROGEN PASSIVE AUTOCATALITIC RECOMBINERS AT A SEVERE ACCIDENT

With the help of mathematical modeling, the efficiency of implementing passive autocatalytic hydrogen recombiners (PARH) in nuclear power units, in the case of severe accidents as a possible strategy to reduce the risk of hydrogen is investigated. It is shown that even in the most conservative calculation scenarios, the system of the PARH can be used as an effective strategy for reducing the risk of hydrogen in case of severe accidents.

Keywords: severe accident, hydrogen, NPP, recombiner, hydrogen risk, hydrogen risk mitigation, severe accident management.

ՀՏԴ 621.182.233

Ա.Ե. ՄՈՎՍԻՍՅԱՆ

ԲՆԱԿԱՆ ԳԱՋՈՎ ԱՇԽԱՏՈՂ ՏՈՒՐՔՈՂԵՏԱՆԴԵՐԻ ԿԻՐԱՌՄԱՆ ՆՊԱՏԱԿԱՀԱՐՄԱՐՈՒԹՅՈՒՆԸ “ՀՐԱՋԴԱՆ-5” ՇՈՔԵԳԱԶԱՅԻՆ ԶԷԿ-ՈՒՄ

Ներկայացված է շոգեգազային էներգաբլոկի գազամատակարարման սկզբունքային սխեման: Առաջարկված է ՋԷԿ-ի գազի կարգավորիչ կետը կահավորել տուրբոդետանդեր-գեներատորային տեղակայմամբ, որը ցածրէջքային շոգեգեներատոր մատուցվող վառելիքային գազի ճնշման նվազեցումն իրականացնում է դրա ադիաբատ ընդարձակման ու համարժեք էլեկտրական էներգիայի արտադրմամբ՝ ի տարբերություն ներկայումս կիրառվող գազի կարգավորիչ փականների, որոնցում գազի ճնշման նվազեցումն իրականացվում է դրոսելացման միջոցով: Դետանդեր տրվող գազի նախնական տաքացումը նախատեսվում է իրականացնել մասամբ գազակոմպրեսորային տեղակայանքից անջատվող և մասամբ էլ ցանցային ջրի ջերմության հաշվին: Ուսումնասիրությունը կատարվել է նաև էներգաբլոկի փոփոխական ռեժիմների պայմաններում:

Առանցքային բաներ. շոգեգազային էներգաբլոկ, գազի կարգավորիչ կետ, դրոսելում, տուրբոդետանդեր:

Հրազդանի ՋԷԿ-ի 300 ՄՎտ հզորությամբ 5-րդ էներգաբլոկի կառուցումը սկսվել է դեռևս նախորդ դարի 80-ական թվականներին, բայց ընթացել է ընդհատումներով՝ պայմանավորված ԽՍՀՄ փլուզմամբ և շրջափակմամբ: Այնուհետև, 2006թ.-ին, Հրազդանի ՋԷԿ-ի կիսակառույց 5-րդ էներգաբլոկի գույքային համալիրը, ՀՀ կառավարության և Գազպրոմ ընկերության միջև կնքված համաձայնագրով, շինարարության ավարտի և արդիականացման պարտավորությամբ հանձնվեց “ՀայՌուսգազարո” ՓԲԸ-ին: Արդիականացման նախագծի համաձայն՝ կիսակառույց 300 ՄՎտ հզորությամբ շոգեուժային էներգաբլոկը վերնակառուց-