

V.Z. MARUKHYAN, A.S. ARAKELYAN

**COMPARATIVE ANALYSIS OF SURFACE CONDENSERS FROM THE
STANDPOINT OF THEIR EFFICIENCY**

A comparative analysis of the parameters of surface condensers of TPPs with condensing steam turbine units is carried out. In particular, the issues on optimizing the design and operation characteristics of condensers, the change in the cooling water flow in the condenser and electric power to the circulation pumps are considered in terms of the possible increase of their efficiency.

Keywords: thermal power plant, steam turbine unit, surface condenser, technical water supply system, energy efficiency, economy.

ՀՏԴ 621.039.586

**Վ.Գ. ՊԵՏՐՈՍՅԱՆ, Ա.Դ. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ, Է.Ա. ԵՂՈՅԱՆ, Ա.Պ. ՊԵՏՐՈՍՅԱՆ,
Մ.Ռ. ՄՈՎՍԻՍՅԱՆ**

**ԾԱՆՐ ՎԹԱՐԻ ԴԵՊՔՈՒՄ ԶՋԷՌ-440 ՌԵԱԿՏՈՐՈՎ ԷՆԵՐԳԱԲԼՈՎՆԵՐՈՒՄ
ՋՐԱԾՆԱՅԻՆ ՎՏԱՆԳԻ ՄԵՂՄՄԱՆ ԱՅԼԸՆՏՐԱՆՔԱՅԻՆ
ՄԵԹՈԴԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ**

Որոշվել են հնարավոր ծանր վթարի դեպքում ՋՋԷՌ-440 ռեակտորով էներգաբլուկում թթվածնի կուտակման և ջրածնի վտանգավոր այրման տեսանկյունից առավել հավանական ծավալները: Առավել վտանգավոր ծավալի համար առաջարկվել է ջրածնային վտանգի մեղմման այլընտրանքային մեթոդիկա՝ հիմնված միջավայրի կանխամտածված արտանետման և ազոտի սրսկման եղանակով թթվածնի քանակության նվազեցման վրա:

Առանցքային բաներ. ՋՋԷՌ-440, ծանր վթար, ջրածնային վտանգ, ազոտի սրսկման համակարգ, ֆիլտրացված օդափոխման համակարգ, սպրինկլերային համակարգ:

Ներկայումս աշխարհում միջուկային էներգաբլուկ շահագործող կազմակերպությունների համար ծանր վթարների ուսումնասիրությունը և դրանց կառավարման ռազմավարությունների մշակումը հանդիսանում է հրատապ լուծումներ պահանջող խնդիրներից մեկը: Միջուկային էներգաբլուկում հնարավոր ծանր վթարի դեպքում շահագործող անձնակազմի հիմնական խնդիրներից է հերմետիկ շինության ամբողջականության պահպանումը, որը դեպի շրջակա միջավայր ռադիոակտիվ արտանետումների ճանապարհին վերջին խոչընդոտն է: Ծանր վթարի ընթացքում գեներացված ջրածնի հնարավոր բռնկումը կարելի է համարել հերմետիկ շինության և ներքին կոնստրուկցիաների ֆիզիկական ամբողջականությանը սպառնացող ամենալուրջ վտանգը: Ասվածի լավագույն օրինակն է 2011թ. Ճապոնական Ֆուկուշիմա ԱԷԿ-ում տեղի ունեցած վթարը, որը

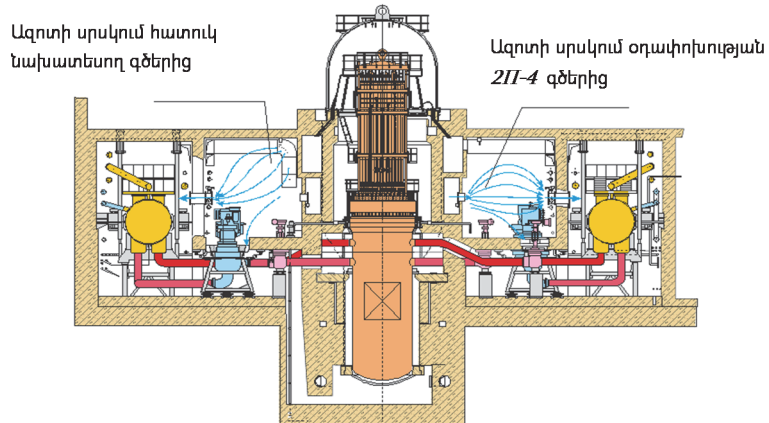
ուղեկցվեց ջրածնային հզոր պայթյուններով և որպես հետևանք՝ ռադիոակտիվ անկառավարելի արտանետումներով դեպի շրջակա միջավայր:

ՋՋԷՌ-440 ռեակտորով միջուկային էներգաբլոկների մեծ մասում դեռևս գոյություն չունեն ծանր վթարների կառավարման և ջրածնային վտանգի մեղմման վերջնական ռազմավարություններ: Այդ հանգամանքը արդարացվում է դրանց նախագծային շահագործման ժամկետի ավարտով, իսկ որոշ դեպքերում էլ նախագծային այնպիսի առանձնահատկությունների առկայությամբ (ծանր վթարի դեպքում առաջացող ջրածնի մեծ քանակություն, հերմետիկ շինության փոքր ծավալ և այլն [1]), որոնք խիստ բարդացնում են արևմտյան կայանների դեպքում մշակված մոտեցումների իրականացումը և ունեն լուրջ վերանայման կարիք: Խնդիրը հատկապես արդիական է ՀԱԷԿ-ի գործող էներգաբլոկի դեպքում, որի նախագծային շահագործման ժամկետը երկարաձգվելու է 10 տարով, և չեն բացառվում լրացուցիչ երկարաձգման այլ սցենարներ: Նշված ժամանակահատվածում շահագործող անձնակազմը պետք է պատրաստ լինի անցանկալի զարգացումների, այդ թվում՝ ծանր վթարային սցենարի: Ծանր վթարի դեպքում ջրածնային վտանգի արդյունավետ մեղմման համար պետք է ներդրված լինեն այնպիսի համակարգեր, որոնք թույլ կտան խուսափել ջրածնի դետոնացիայի առաջացման վտանգից: ՀԱԷԿ-ի գործող էներգաբլոկի դեպքում կատարված վերլուծությունների համաձայն՝ ջրածնային վտանգի մեղմման ռազմավարությունները պետք է առավելապես հիմնված լինեն թթվածնի կոնցենտրացիայի նվազեցման վրա, ինչը խիստ կնվազեցնի կամ կբացառի ջրածնի բռնկման հնարավորությունը, ինչպես սպրինկլերային համակարգի աշխատանքի դեպքում, այնպես էլ գոլորշու չկանխատեսված կոնդենսացման պայմաններում (անկախ ծանր վթարի զարգացման փուլից) [2]: Դիտարկվող էներգաբլոկի օրինակով ցույց էր տրվել, որ գոլորշու ինտենսիվ կոնդենսացման պայմաններում ջրածնի պասսիվ ավտոկատալիտիկ ռեկոմբինատորների (ՋՊԱՌ) համակարգը չի կարող արդյունավետ լինել ջրածնային վտանգի մեղմման տեսանկյունից [3], ուստի նմանատիպ էներգաբլոկների պարագայում պետք է մշակվեն այլընտրանքային փոխլրացնող մեթոդներ ևս, ինչն էլ հանդիսանում է սույն աշխատանքի հիմնական նպատակը:

Ծանր վթարի զարգացման ընթացքում հերմետիկ շինության ներսում ջրածնի բռնկման կանխմանը կարելի է հասնել իներտ գազերի՝ ազոտի և ածխածնի մոնօքսիդի սրսկման ճանապարհով [4]: Նմանատիպ պրակտիկա առաջին անգամ կիրառվել է Ճապոնական Ֆուկուշիմա ԱԷԿ-ի վթարված էներգաբլոկների համար՝ ջրածնի հետագա բռնկումներից խուսափելու նպատակով [5]: Այս հայեցակարգի հիմնական թերությունը ՋՊԱՌ-ի համակարգի համեմատ պայմանավորված է այն հանգամանքով, որ պահանջում է շահագործող անձնակազմի միջա-

մտություն, իսկ առավելությունը հարաբերականորեն ցածր արժեքն է [6]: Ֆուկուշիմայի վթարից հետո որոշ կայաններ հրաժարվեցին ներդնել ՋՊԱՌ՝ պատճառաբանելով, որ ջրածնի բարձր կոնցենտրացիաների դեպքում ՋՊԱՌ-ը կարող է հանդիսանալ ջրածնի անկանխատեսելի բռնկումների և նույնիսկ դետոնացիայի առաջացման հնարավոր աղբյուր [7]:

Խիստ կարևոր է հաշվի առնել այն հանգամանքը, որ կապված ՋՋԷՌ-440 ռեակտորի ռեակտորային շինության հարմարադասավորման հետ. տարբեր սրահներ կարող են դառնալ թթվածնի վտանգավոր կուտակման աղբյուր, ինչը հնարավոր ծանր վթարի զարգացման պարագայում (ճնշման անկման հետևանքով) անսպասելի կերպով կարող է արտանետվել շոգեգեներատորների և գլխավոր շրջանառության պոմպերի (ՇԳ-ԳՇՊ) սրահ (նկ.1) և այդպիսով նպաստել միջավայրի իներտության կորստին: Այդ առումով հատկապես վտանգավոր կարող է լինել գլխավոր շրջանառության պոմպերի և գլխավոր փակող փականների էլեկտրահաղորդակների (ԳՇՊ-ԳՓՓ) սպասարկման սրահը, որը կահավորված է թվով 9 հատ, 780 մմ տրամագծով միակողմանի ավելցուկային ճնշման փականներով, ինչն էլ նպաստում է միջավայրի կուտակմանը (նկ.1):



Նկ. 1. ԳՇՊ- ԳՓՓ սպասարկման սրահից ազոտի սրկման գծերը ՋՋԷՌ-440 ռեակտորով էներգաբլոկում

Ծանր վթարի զարգացման սկզբնական փուլում հերմետիկ շինությունում ճնշման բաժրացման հետևանքով ավելցուկային ճնշման փականները փակվում են, և տեղի է ունենում միջավայրի ներհոսք ՇԳ-ԳՇՊ սրահից դեպի ԳՇՊ-ԳՓՓ սպասարկման սրահ (գոյություն ունեցող անկիպությունների կամ սրահների միջև 0,04 ՄՊա ճնշման անկման դեպքում ռետինե ներդիրների պատռման հետևանքով): Մեծ է նաև գոլորշու կոնդենսացման ինտենսիվությունը ԳՇՊ-ԳՓՓ սպա-

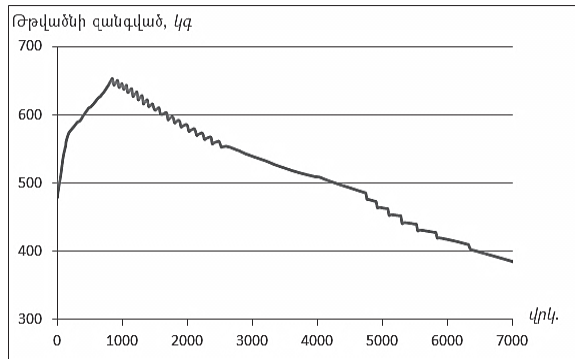
սարկման սրահում (կապված ներքին կոնստրուկցիաների համեմատաբար ցածր ջերմաստիճանների հետ և անցուղիներում ներհոսող գոլորշու կոնդենսացման հետ), ինչը մեծացնում է թթվածնի և ջրածնի զգալի կուտակման էֆեկտը և խիստ բարդացնում ջրածնային վտանգի մեղմման խնդիրը: Այս հանգամանքը թույլ է տալիս եզրակացնել, որ ջրածնային վտանգի մեղմման միևնույն ռազմավարությունը (օրինակ՝ ՋՊԱՌ-ի համակարգը ներդրումը) չի կարող արդյունավետ լինել ՋՋԷՌ-440 ռեակտորով էներգաբլոկի (ինչպես նաև մյուս նմանատիպ էներգաբլոկների) հերմետիկ շինության բոլոր սրահների դեպքում:

Թթվածնի կուտակման կոնսերվատիվ գնահատման համար խիստ կարևոր է դիտարկել «փոքր» արտահոսքով վթարային սցենարները, քանի որ «միջին» և «մեծ» արտահոսքով վթարների դեպքում գլխավոր շրջանառության պոմպերի և գլխավոր փակող փականների ռետինե ներդիրների պատռման հավանականությունը չափազանց մեծ է (այդ դեպքում ԳՇՊ-ԳՓՓ սպասարկման սրահը այլևս չի հանդիսանա թթվածնի վտանգավոր կուտակման աղբյուր):

Նկ.2-ում ներկայացված է դիտարկվող սրահում թթվածնի զանգվածի փոփոխության կորը (32 մմ.պայմ.տրամագիծ արտահոսքով վթարային սցենար առաջին կոնտուրից, վթարային լրասնուցման համակարգի խափանմամբ և առանց սպրինկլերային համակարգի աշխատանքի): Ներկայացված հաշվարկները կատարվել են **MELCOR 1.8.5** հաշվարկային կոդով՝ ՀԱԷԿ-ի գործող էներգաբլոկում ջրածնային վտանգի մեղմման և ծանր վթարի կառավարման օպտիմալ ռազմավարության ընտրության նախագծի շրջանակներում: Հաշվարկում ընդունվել է ԳՇՊ-ԳՓՓ ռետինե ներդիրների անկիպությունների ոչ բարձր արժեք (առանց պատռման), ինչը այս դեպքում համարվում է կոնսերվատիվ մոտեցում (թթվածնի զանգվածի դանդաղ նվազում՝ առավելագույն արժեքին հասնելուց հետո): Նկ. 2-ից հետևում է, որ դիտարկված վթարային սցենարի սկզբնական փուլում թթվածնի կուտակումը դիտարկվող սրահում կարող է հասնել 600-650 կգ, իսկ ավելի ուշ, երբ սպասվում է ռեակտորում ջրածնի ինտենսիվ գեներացիա (սկսած 3920 վայրկյանից) և ներհոսք դեպի հերմետիկ շինության ներսը, թթվածնի կուտակված զանգվածը գտնվում է 400-500 կգ տիրույթում, որի զգալի մասը կարող է ցանկացած պահի արտանետվել ՇԳ-ԳՇՊ սրահ: Նշենք, որ յուրաքանչյուր 100 կգ թթվածնի արտահոսքը դեպի ՇԳ-ԳՇՊ սրահ կարող է նպաստել թթվածնի միջին կոնցենտրացիայի 0,7-1,2% աճին, իսկ թթվածնի տեղային կուտակումը կարող է զգալիորեն գերազանցել նշված տիրույթը:

Ասվածից կարելի է եզրակացնել, որ ԳՇՊ -ԳՓՓ սպասարկման սրահի և ՇԳ-ԳՇՊ սրահների միջև ինտենսիվ հոսքի առկայության դեպքում հնարավոր են թթվածնի կոնցենտրացիայի անկանխատեսելի աճ և միջավայրի իներտու-

թյան կորուստ, ուստի ԳՇՊ-ԳՓՓ սպասարկման սրահում թթվածնի հնարավոր կուտակումը պետք է հաշվի առնվի դիտարկվող էներգաբլոկում հնարավոր ծանր վթարի դեպքում ջրածնային վտանգի մեղմման ռազմավարության մշակման, ինչպես նաև ջրածնային վտանգի մեղմման համապատասխան համակարգերի ներդրման դեպքում:

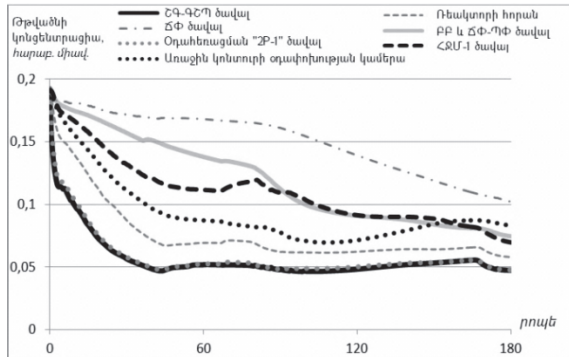


Նկ. 2. Թթվածնի զանգվածի փոփոխությունը ԳՇՊ-ԳՓՓ սպասարկման սրահում

Ջրածնային վտանգի մեղմման խնդիրը էլ ավելի է բարդանում, եթե հաշվի առնենք, որ թթվածնի կուտակման երևույթը կարող է դիտարկվել հետևյալ հանգույցներում ևս. առաջին կոնտուրի օդափոխության կամերա, հատուկ ջրամաքրման համակարգ-1 (ՀՋՄ-1), օդափոխության կամերա, ՀՋՄ-1 ջերմափոխանակիչների և ֆիլտրերի շինություն, ճնշման փոխհատուցիչի (ՃՓ), բարբոտաժային բակի (ԲԲ), ՃՓ-ի պաշտպանիչ փականների (ՊՓ) սրահներ, ռեակտորի հորան, ճնշման փոխատուցման համակարգի օդափոխության կամերա:

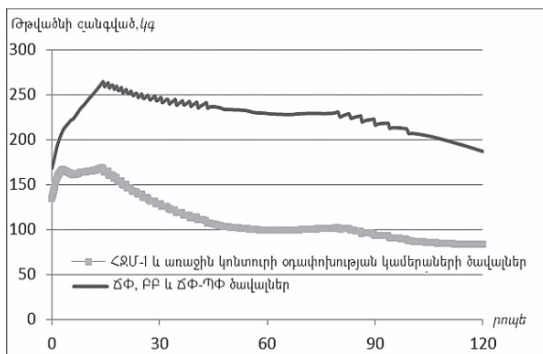
Պետք է հաշվի առնել նաև, որ ՋՋԷՌ-440 ռեակտորով էներգաբլոկի կարևոր առանձնահատկությունը, այն է՝ որ սպրինկլերային համակարգի աշխատանքի պարագայում գոլորշու կոնդենսացումը հիմնականում տեղի է ունենում ՇԳ - ԳՇՊ սրահում, որի հետևանքով սպասվում է հարակից սրահներում կուտակված միջավայրի (ներառյալ թթվածնի) ներհոսք դեպի վերոնշյալ սրահ:

Նկ.3-ում ներկայացված են վերոնշյալ վթարային սցենարի դեպքում համապատասխան սրահներում թթվածնի կոնցենտրացիայի նվազման միտումը բնութագրող համեմատական հաշվարկի գրաֆիկական արդյունքները:



Նկ. 3. Թթվածնի կոնցենտրացիայի փոփոխությունը հերմետիկ շինության համապատասխան սրահներում

Ելնելով նկ.3-ում բերված արդյունքներից՝ նկ.4-ում ներկայացված է թթվածնի զանգվածի փոփոխությունը ՇԳ-ԳՇՊ սրահին հարակից այն սրահներում, որոնցում թթվածնի կուտակումը առավել զգալի է:



Նկ. 4. Հերմետիկ շինության համապատասխան սրահներում թթվածնի զանգվածի փոփոխությունը

Արդյունքներից ակնհայտ է դառնում, որ ՇԳ-ԳՇՊ սրահից թթվածնի մի մասի՝ դեպի դիտարկվող սրահներ արտանետման հետևանքով տեղի է ունենում թթվածնի զանգվածի ժամանակավոր սկզբնական աճ, այնուհետև արտանետման փականների անընդհատ աշխատանքի հետևանքով դիտվում է կուտակված թթվածնի զանգվածի որոշակի նվազում: Խիստ կարևոր է, որ հերմետիկ շինությունում թթվածնի զանգվածի նվազեցման ռազմավարության դեպքում հաշվի առնվի վթարի զարգացման համեմատաբար ուշ փուլում կուտակված թթվածնի զանգվածը, երբ սպասվում է ռեակտորում գեներացված ջրածնի ելք:

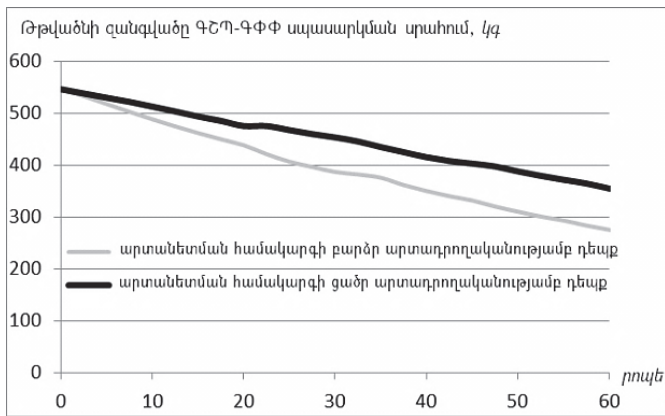
Վթարի զարգացման սկզբից մոտ 1 ժամ հետո թթվածնի գումարային զանգվածը (հաշվի առնելով դրա հետագա նվազման միտումը) ՇԳ-ԳՇՊ սրահի

հարևան շինություններում (անտեսելով ԳՇՊ-ԳՓՓ սպասարկման սրահը) որոշակի պաշարով կարելի է ընդունել 350 կգ (նկ.4):

Կուտակված թթվածնի նվազեցմանը կարելի է հասնել դեպի միջավայր դրա կանխամտածված արտանետման եղանակով: Այդպիսի ռազմավարության հիմնական նպատակը պետք է հանդիսանա հերմետիկ շինությունում թթվածնի գումարային զանգվածի նվազեցումը մինչև այնպիսի արժեքը, որի դեպքում խիստ կնվազի կամ կբացառվի ջրածնի դետոնացիայի առաջացման վտանգը: Ռազմավարության իրագործման տեսանկյունից հարկավոր է հաշվի առնել ստորև ներկայացված դրույթները.

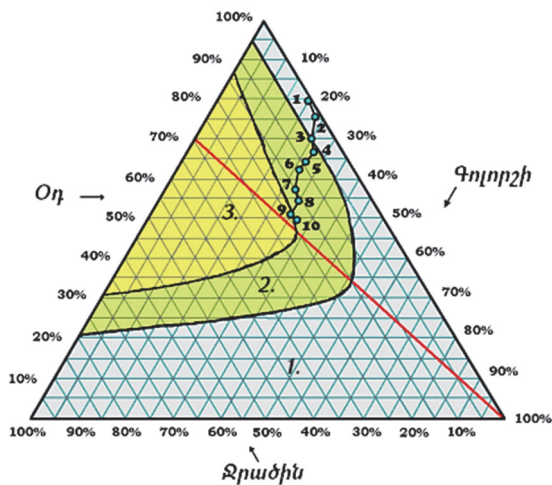
- Կոնսերվատիվ գնահատումների համաձայն՝ հերմետիկ շինության դեպքում վտանգավոր կարող է լինել 80-85 կգ ջրածնի այրումը դեֆլագրացիոն ռեժիմով [1], ինչի համար կպահանջվի առնվազն 640-680 կգ թթվածին (ոչ բավարար թթվածնի առկայության դեպքում դեֆլագրացիոն ռեժիմից անցում դետոնացիոն ռեժիմի քիչ հավանական է):
- Կուտակվող թթվածնի քանակությունը հերմետիկ շինության հարակից սրահներում կոնսերվատիվ մոտեցմամբ պետք է ընդունվի 350 կգ, իսկ թթվածնի մնացորդային քանակությունը ՇԳ-ԳՇՊ և ԳՇՊ-ԳՓՓ սպասարկման սրահներում չպետք է գերազանցի 330 կգ արժեքը:

Նախնական վերլուծությունները ցույց են տվել, որ ԳՇՊ-ԳՓՓ սպասարկման սրահից թթվածնի հեռացման ինտենսիվությունը դեպի ՇԳ-ԳՇՊ սրահ պայմանավորված է արտանետման համակարգի արտադրողականությամբ: Ելնելով վերոնշյալ հանգամանքից, առավել բնութագրական արդյունքների ստացման համար հաշվարկներում կանխամտածված արտանետման համակարգի ցածր և բարձր արտադրողականությունները ընտրված են այնպես, որ առաջին դեպքում միջավայրի կանխամտածված արտանետումն ապահովում է արտանետման պաշտպանիչ փականների չաշխատելը, իսկ երկրորդ՝ դեպքում նաև ճնշման դանդաղ նվազումը (նկ.5): Հաշվարկներում միջավայրի արտանետումը ընդունվել է վթարի մեկնարկից 45 րոպե հետո (ռեակտորում ջրածնի առաջացումից 20 րոպե առաջ): Նկ.5-ում բերված արդյունքներից ակնհայտ է, որ ԳՇՊ-ԳՓՓ սպասարկման սրահից թթվածնի հեռացման ինտենսիվությունը բավարար չէ, քանի որ ռեակտորում ջրածնի առաջացումից 20 րոպե առաջ թթվածնի քանակությունը դիտարկվող սրահում բավականին բարձր է (400 կգ) և հետևաբար՝ անհրաժեշտ է այդ պրոցեսի ինտենսիվացում: Պայմանավորված թթվածնի զգալի կուտակմամբ՝ չափազանց մեծ է այրվող խառնուրդի ձևավորման վտանգը:



Նկ. 5. Թթվածնի զանգվածը՝ ԳՀՊ-ԳՓՓ սպասարկման սրահում, կգ
արտանետման համակարգի ցածր և բարձր արտադրողականության դեպքում

Նկ.6-ում ներկայացված է ԳՀՊ-ԳՓՓ-ների սպասարկման սրահում դիտարկվող վթարային սցենարի դեպքում (սպրինկլերային համակարգի աշխատանքի պայմաններում) միջավայրի կազմի փոփոխությունը Շապիրո-Մոֆետիի եռակոմպոնենտ դիագրամով:



Նկ. 6. ԳՀՊ-ԳՓՓ սպասարկման սրահում միջավայրի կազմի փոփոխությունը դիտարկվող վթարային սցենարի դեպքում. 1-ին երկր խառնուրդ, 2 -դեֆլագրացիոն խառնուրդ, 3-դեպոնացիոն խառնուրդ

Միջավայրի կոնցենտրացիոն կազմը նշող կետերը վերցված են ջրածնի գեներացիայի պահից՝ յուրաքանչյուր 20 րոպե պարբերականությամբ: Դիագրամից պարզ երևում է, որ դիտարկվող սրահում գոլորշու կոնցենտրացիան

պայմաններում այրվող կազմով խառնուրդի ձևավորման վտանգը չափազանց մեծ է (պետք չէ բացառել նաև դետոնացիայի առաջացման վտանգը): Դիտարկվող սրահում ջրածնի դեֆլագրացիոն այրումը կարող է վնասել ներքին կոնստրուկցիաները և նույնիսկ հանգեցնել բետոնե պաշտպանիչ հանգույցների ֆիզիկական ամբողջականության կորստին: Նշված խնդրից ելնելով՝ թթվածնի կուտակման տեսանկյունից առավել վտանգավոր համարվող ԳՇՊ-ԳՓՓ սպասարկման սրահի դեպքում պետք է կիրառել ջրածնային վտանգի մեղմման այլընտրանքային մեթոդներ, որոնք կապահովեն ջրածնի այրման կանխումը նույնիսկ գոլորշու ինտենսիվ կոնդենսացման պայմաններում:

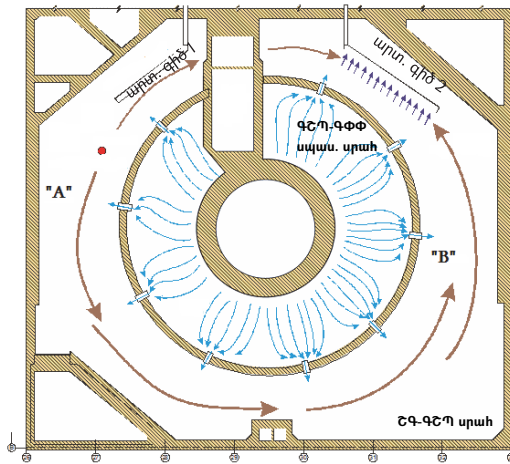
ԳՇՊ-ԳՓՓ-ների սպասարկման սրահից թթվածնի հեռացման և ջրածնի հնարավոր ներհոսքի նվազեցման համար, որպես կանխամտածված արտանետման համակարգին, ինչպես նաև ԶՊԱՌ-ի համակարգին փոխլրացնող այլընտրանքային մեթոդիկա, կարելի է դիտարկել ազոտի սրսկման եղանակով միջավայրից թթվածնի արտամղման տարբերակը: Նշված ռազմավարության ներդրումը ՀԱԷԿ-ի գործող էներգաբլոկի ԳՇՊ-ԳՓՓ սպասարկման սրահում իրատեսական է, քանի որ վերջինս համալրված է ազոտի արտադրման հատուկ տեղակայանքով:

Հաշվի առնելով, որ ջերմատարի արտահոսքի տեղը և միջավայրի հեռացման տեղը հերմետիկ շինությունում կարող են էապես ազդել թթվածնի հեռացման ռազմավարության արդյունավետության վրա, անհրաժեշտ է դիտարկել հերմետիկ շինությունից միջավայրի հեռացման տարբեր գծերի տարբերակը: Միջավայրի հեռացման համակարգը պետք է ներառի հերմետիկ շինության հիմնական սրահից (ՇԳ-ԳՇՊ սրահ) միջավայրի հեռացման առնվազն երկու գիծ, որոնք պետք է տեղադրված լինեն միջուկային վառելիքի պահպանման ավազանի հակառակ կողմերում (նկ.7): Դրանք պետք է հնարավոր լինի թողարկել ինչպես առանձին, այնպես էլ միաժամանակ, կախված վթարի զարգացման ընթացքից և ջերմատարի արտահոսքի տեղից: Այս համակարգը ցանկալի կլինի ներդնել հերմետիկ գոտու ֆիլտրացված օդափոխման համակարգի (Filtered Containment Venting System) հետ միասին, ինչը համարվում է դեպի շրջակա միջավայր ռադիակտիվ արտանետումների սահմանափակման և ծանր վթարի կառավարման տեսանկյունից խիստ անհրաժեշտ համակարգ: Նմանատիպ համակարգեր տեղադրված են աշխարհի ավելի քան 50 միջուկային էներգաբլոկներում և կարող են ապահովել ծանր վթարի դեպքում մինչև 99,5-99,99 % ռադիոակտիվ աերոզոլների և յոդի որսում [8]: Ատոմային էներգիայի միջազգային գործակալության (ԱԷՄԳ) կողմից առաջարկվել է նմանատիպ համակարգեր տեղադրել նաև ԶԶԷՌ-ռեակտորներով կահավորված ԱԷԿ-ներում:

Սույն աշխատանքի շրջանակներում, դիտարկվող էներգաբլոկի հերմետիկ շինության հարմարադասավորման առանձնահատկությունների և ծանր վթարային սցենարների հաշվարկային տվյալների խոր վերլուծության արդյունքում, մշակված է հնարավոր ծանր վթարի դեպքում թթվածնի կուտակման տեսանկյունից առավել վտանգավոր սրահից (ԳՇՊ-ԳՓՓ սպասարկման սրահ) թթվածնի հեռացման ռազմավարություն՝ հիմնված ազոտի սրսկման և միջավայրի կանխամտածված արտանետման ռազմավարությունների վրա: Առաջարկվող ռազմավարությունը պետք է հիմնվի ստորև ներկայացված սկզբունքների վրա.

- ԳՇՊ-ԳՓՓ սպասարկման սրահից կուտակված թթվածնի քանակության նվազեցում (որպես թթվածնի հնարավոր կուտակման ամենամեծ աղբյուր), որը կարելի է իրականացնել դիտարկվող սրահի կենտրոնական հատվածից ազոտի սրսկման ճանապարհով: Ազոտի սրսկումը կարելի է իրականացնել ինչպես առանձին գծերի տեղադրման, այնպես էլ կայանի օդափոխության ներհոս («2Մ-4») գծերից (նկ.1),
- Առաջին կոնտուրից շոգեգազային միջավայրի արտանետման հետևանքով ստեղծվող ավելցուկային ճնշման հաշվին միջավայրի հեռացում հերմետիկ շինության հիմնական սրահից (հերմետիկ շինությունից ջերմահեռացման կանխամտածված սահմանափակման կամ իսպառ բացակայության պայմաններում): Նշված ռազմավարությունը կարելի է կիրառել ինչպես էներգաբլոկի օդափոխության համակարգի, այնպես էլ առանձին ֆիլտրող արտանետման համակարգի ներդրման ճանապարհով:

Այն դեպքում, երբ նախանշանները ցույց են տալիս, որ վթարային արտահոսքը տեղի է ունենում N°2 կամ N°3 հանգույցներից, արդյունավետ կլինի թողարկել B կիսաձավալում գտնվող միջավայրի հեռացման գիծը, N°4 կամ N°5 հանգույցներից արտահոսքի դեպքում՝ համապատասխանաբար A կիսաձավալում գտնվող միջավայրի հեռացման գիծը, և այն դեպքում, եթե արտահոսքը տեղի է ունենում N°1 կամ N°6 հանգույցներից, կամ տեղի է ունեցել վթար առանց առաջին կոնտուրի խողովակաշարի պատռման (օրինակ՝ միջավայրի արտանետում ՃՓ-ի ՊՓ-ից), ապա նպատակահարմար կլինի երկու գծերի միաժամանակյա թողարկումը (նկ.7): Միջավայրի հեռացում կարելի է կազմակերպել նաև դիտարկվող էներգաբլոկի աներոզոլային ֆիլտրերի միջոցով, սակայն վերջիններս նախատեսված չեն ծանր վթարային պայմաններում աշխատելու համար:



Նկ. 7. Հերմետիկ շինությունից միջավայրի հեռացման գծերը

Պետք է հաշվի առնել նաև, որ ԳՇՊ-ԳՓՓ սպասարկման սրահ ազոտի սրսկման դադարից անմիջապես հետո հնարավոր է ՇԳ-ԳՇՊ սրահից միջավայրի ներհոսք և ջրածնի կուտակում, իսկ ազոտի սրսկումը կնպաստի նաև դիտարկվող սրահում ջերմաստիճանի զգալի նվազմանը և, հետևաբար, ջրային գոլորշու կոնդենսացման պրոցեսի որոշակի արագացմանը: Այդպիսի պայմաններում մնացորդային թթվածնի առկայությունը կարող է նպաստել վտանգավոր կազմով այրվող խառնուրդի անսպասելի ձևավորմանը:

Նախնական գնահատումները ցույց են տվել, որ վերոնշյալ խնդրից կարելի է խուսափել, եթե ազոտի սրսկումն իրականացվի ստորև նկարագրված երկու հաջորդական փուլերով.

1. ազոտի սրսկում մեծ ծախսով (կարճաժամկետ), ինչը կնպաստի թթվածնի որոշ մասի արագ արտամղմանը դիտարկվող սրահից,
2. ազոտի սրսկում փոքր ծախսով (երկարատև), ինչը կնվազեցնի հարակից սրահներից ջրածնի ներհոսքի վտանգը և միաժամանակ կնպաստի միջավայրց թթվածնի շարունակական հեռացմանը դիտարկվող սրահից:

Եզրակացություն. Ընտրված առավել կոնսերվատիվ ծանր վթարային սցենարի ուսումնասիրության արդյունքում հիմնավորվում է, որ դիտարկվող էներգաբլոկի հերմետիկ շինության որոշ սրահներ կարող են հանդիսանալ թթվածնի վտանգավոր կուտակման աղբյուր, ինչը խիստ կբարդացնի ջրածնային վտանգի մեղմման խնդիրը: Առավել վտանգավոր սրահի համար առաջարկվել է ջրածնային վտանգի մեղմման այլընտրանքային մեթոդիկա՝ հիմնված միջավայրի կանխամտածված արտանետման և ազոտի փուլային սրսկման եղանակով թթվածնի քանակության նվազեցման վրա:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Պետրոսյան Վ.Գ., Եղոյան Է.Ա., Գրիգորյան Ա.Դ.** Ջրածնային վտանգը ՋՋԷՌ-440 ռեակտորով էներգաբլոկներում ծանր վթարի դեպքում //ՀԱՊՀ ԼՐԱԲԵՐ.-2016.- №2.-էջ 547-554:
2. **Գրիգորյան Ա.Դ.** Ծանր վթարի արտափրանային փուլում պայթյունավտանգ գազային խառնուրդի ձևավորման վտանգի գնահատումը ՋՋԷՌ-440 ռեակտորով էներգաբլոկներում //ՀՃԱԼ.-2017.-Հ.14, №1.-էջ 76-79:
3. **Գրիգորյան Ա.Դ.** Ջրածնի պասսիվ ավտոկատալիտիկ ռեկոմբինատորների աշխատանքային առանձնահատկությունների ուսումնասիրումը ծանր վթարի դեպքում //ՀԱՊՀ ԼՐԱԲԵՐ.-2017.-№2.-էջ 764-773:
4. IMPLEMENTATION OF HYDROGEN MITIGATION TECHNIQUES DURING SEVERE ACCIDENTS IN NUCLEAR POWER PLANTS-**OCDE/GD(96)195**- P.10.
5. THE FUKUSHIMA DAIICHI ACCIDENT- TECHNICAL VOLUME 1- DESCRIPTION AND CONTEXT OF THE ACCIDENT-IAEA.- Austria, August 2015.- P.184.
6. DRAFT PILOT REPORT-APPROACHES TO THE RESOLUTION OF SAFETY ISSUES-NEA/CSNI/R(2006)6-02.-Nov., 2006. -JT03216934 -P.41.
7. **Mark Leyse, Christopher Paine.**-Preventing Hydrogen Explosions at Indian Point Nuclear Plant: Fact versus Industry Spin - IB: 13-01-F- FEBRUARY 2013-P .4.
8. **Filtered Containment Venting System**
http://www.aveva.com/globaloffer/liblocal/docs/Brochures/AREVA_Filtered-Containment-Venting-System_vEN.pdf -P .P.4-5

**В.Г. ПЕТРОСЯН, А.Д. ГРИГОРЯН, Э.А. ЕГОЯН, А.П. ПЕТРОСЯН,
М.Р. МОВСИСЯН**

РАЗРАБОТКА АЛЬТЕРНАТИВНОГО МЕТОДА ДЛЯ СМЯГЧЕНИЯ ВОДОРОДНОЙ УГРОЗЫ ПРИ ТЯЖЕЛОЙ АВАРИИ НА ЭНЕРГОБЛОКАХ С РЕАКТОРОМ ВВЭР-440

Определены наиболее вероятные объемы с точки зрения накопления кислорода и опасного возгорания водорода при возможной тяжелой аварии на энергоблоках с реактором ВВЭР-440. Для наиболее опасного объема предлагается альтернативная методика смягчения водородной угрозы, основанная на преднамеренном выбросе среды и снижении количества кислорода путем впрыска азота.

Ключевые слова: ВВЭР-440, тяжелая авария, водородная угроза, система впрыска азота, фильтрованная вентиляционная система, спринклерная система.

V.G. PETROSYAN, A.D. GRIGORYAN, E.A YEGHOYAN,
A.P. PETROSYAN, M.R. MOVSISYAN

**DEVELOPING AN ALTERNATIVE METHOD FOR MITIGATION OF
HYDROGEN CHALLENGE AT A SEVERE ACCIDENT AT NUCLEAR
POWER UNITS WITH A WWER-440 REACTOR**

The most probable volumes are determined from the standpoint of accumulation of oxygen and dangerous ignition of hydrogen in case of a possible severe accident at nuclear power units with a WWER-440 reactor. For the most dangerous volume, an alternative method for mitigating the hydrogen challenge is proposed based on a deliberate release of the atmosphere and reduction of oxygen amount by injection of nitrogen.

Keywords: WWER-440, severe accident, hydrogen challenge, nitrogen injection system, filtered venting system, spray system.

ՀՏԴ 621.039.577

Մ.Հ. ՄՆԱՑԱԿԱՆՅԱՆ, Մ.Ա. ՄՈՎՍԻՍՅԱՆ

**ՋՋԷՌ-440 ՌԵԱԿՏՈՐՆԵՐՈՎ ԷՆԵՐԳԱԲԼՈՎԻ ՌԵԱԿՏՈՐԻ ԵՎ
ՇՈԳԵՏՈՒՐԲԻՆԻ ԿԱՐԳԱՎՈՐՄԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐԻ ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱԿԱՆ
ՄՈԴԵԼՆԵՐԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ, ԿԱՅՈՒՆՈՒԹՅԱՆ ՈՐՈՇՈՒՄԸ**

Նկարագրված են ՋՋԷՌ ռեակտորներով ատոմային էլեկտրակայաններում (ԱԷԿ) ռեակտորի և շոգետուրբինի (ՇՏ) կարգավորման համակարգերի մաթեմատիկական մոդելները: Դիտարկվել է ռեակտորի և ՇՏ կարգավորման համակարգերի կայունությունը:

Առանցքային բառեր. ԱԷԿ, ռեակտոր, ՇՏ, սկզբունքային սխեմա, փոխանցման ֆունկցիա, մաթեմատիկական մոդել:

Ատոմային էլեկտրակայանը՝ որպես պոտենցիալ վտանգավորություն ունեցող օբյեկտ, պահանջում է տեխնոլոգիական պարամետրերի անընդատ կարգավորում, որն ապահովում է էներգաբլոկի անվտանգ և բնականոն աշխատանքային ընթացքը:

ԱԷԿ-ի կարգավորման հիմնական խնդիրը աշխատանքային ռեժիմներում ռեակտորի և շոգետուրբինի հզորությունների համապատասխանեցումն է, որը կատարվում է նախօրոք մշակված ավտոմատ կարգավորման համակարգերի միջոցով:

Կարգավորման համակարգերի որակական բնութագրերը ուսումնասիրելու համար կատարված է կարգավորման համակարգի մոդելավորում: Համակարգի մաթեմատիկական մոդելավորումը հնարավորություն է տալիս վիրտուալ ձևով