

Ա.Գ. ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ, Գ.Ռ. ԿԱՆԵՑՅԱՆ, Ա.Ա. ԳԵՎՈՐԳՅԱՆ

ԱԷԿ-Ի ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐԻ ԽԱՓԱՆՄԱՆ ՀԱՎԱՆԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ
ՆՎԱԶԵՑՈՒՄԸ ՌԻՍԿ-ՏԵՂԵԿԱՑՎԱԾ ՍՏՈՒԳՈՒՄՆԵՐԻ ԻՐԱԿԱՆԱՑՄԱՆ
ՄԻՋՈՑՈՎ

ԱԷԿ-ում իրականացվող ստուգումների շրջանակներում ստուգվում են բազմաթիվ համակարգերի տարրեր: Ավանդական դետերմինիստական ստուգումները հիմնվում են շահագործման փորձից հայտնի տվյալների վրա, և հաշվի չեն առնվում տարրերի ռիսկ - նշանակալիությունները: Ներկայանային ստուգումների երթուղիներից մեկը ներառում է ՊՄՀ-ի (պատասխանատու սպառիչների հովացման համակարգի) պոմպակայանների և տարրերի ստուգումը: Համակարգի օրինակով ցույց է տրվել, որ ավանդական դետերմինիստական ստուգումների փոխարինումը ռիսկ-տեղեկացված ստուգումներով հնարավորություն կտա ստուգումների ընթացքում ճիշտ թիրախավորել ստուգվող տարրերը՝ այդպիսով նպաստելով ստուգման արդյունավետության էական բարձրացմանը և համակարգի խափանման հավանականության մի քանի անգամ նվազեցմանը:

Առանցքային բառեր. ռիսկ-տեղեկացված ստուգումներ, անվտանգության հավանականային վերլուծություն, ԱԷԿ:

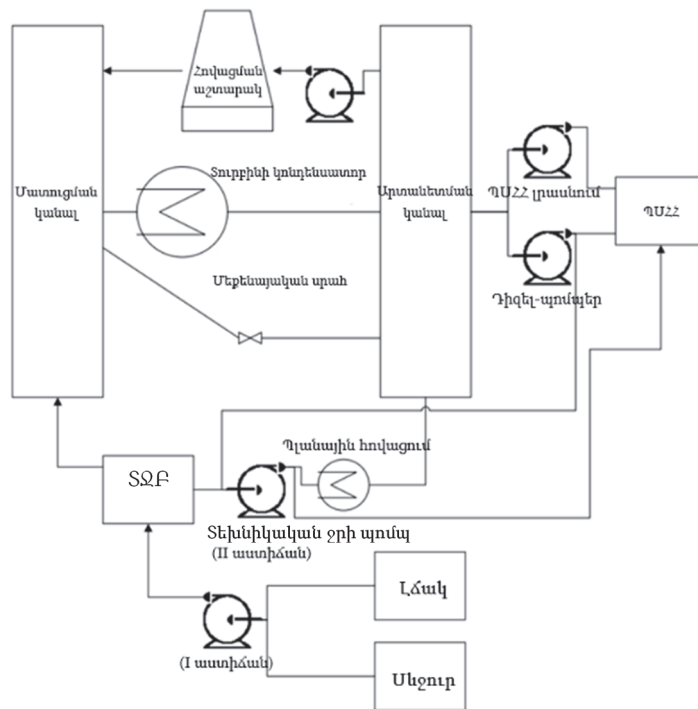
Ներածություն. Կայանի կենսացիկլի ցանկացած փուլում կարևորագույն խնդիր է կայանի անվտանգության ապահովումը՝ անվտանգության հիմնարար գործառնությունների իրականացմամբ: Վերջիններիս թվում է ակտիվ գոտու հուսալի հովացումը, որը պետք է իրականացվի անգամ ռեակտորը կանգնեցնելուց հետո՝ մնացորդային ջերմանջատման առկայությամբ պայմանավորված: Այսպիսով, ռեակտորի ակտիվ գոտու հուսալի հովացումը պահանջվում է թե՛ հզորությամբ աշխատելու, թե՛ կանգնեցված վիճակում [1]:

Ռեակտորի ակտիվ գոտուց վերջնական ջերմահեռացումն իրականացվում է ՊՄՀ (պատասխանատու սպառիչների հովացման) և տեխնիկական ջրամատակարարման համակարգերով: ԱՄԿ-ի (աշխատած միջուկային վառելիքի) պահման ավազաններից ջերմահեռացումն իրականացվում է միայն ՊՄՀ համակարգով:

Վերջնական ջերմահեռացումն ապահովող ՀԱԷԿ-ի (Հայկական ատոմային էլեկտրակայանի) համակարգերի սխեմատիկական փոխկապակցվածությունը ներկայացված է նկ.1-ում:

Ռիսկ-տեղեկացված ստուգումների իրականացումը ենթադրում է անվտանգության համակարգերի խափանման ռիսկի նվազեցում: Աշխատանքի նպատակն է

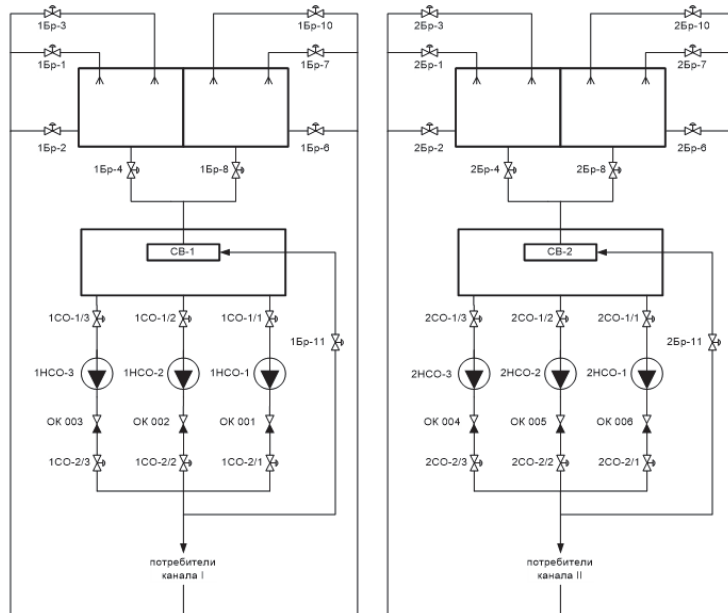
ՊՄՀՀ-ի օրինակով պարզել և ցույց տալ ավանդական դետերմինիստականից ռիսկ-տեղեկացված ստուգումներին անցնելու պարագայում համակարգի խափանման հավանականության փոփոխությունը:



Նկ.1. Վերջնական ջերմահեռացում ապահովող ՀԱԷԿ-ի համակարգերի սխեմատիկական փոխկապակցվածությունը [2]

Պատասխանատու սպառիչների հովացման համակարգը. Պատասխանատու սպառիչների հովացման համակարգը ըստ անվտանգության դերի կատարումն ապահովող համակարգ է: Հովացնող ջրով ապահովում է ԱԷԿ-ի անվտանգության համար կարևոր համակարգերը (պատասխանատու սպառիչները), որոնք պահանջում են հովացնող ջրի անխափան մատակարարում նորմալ շահագործման ռեժիմում, վթարային իրավիճակներում, ՋԱՎ-ի (ջերմակրի արտահոսքով վթարների), հոսանքազրկման, ինչպես նաև սեյսմիկ ներգործությունների դեպքերում: ՊՄՀՀ-ի պարզեցված սխեման ներկայացված է նկ.2-ում:

Համակարգը կազմված է երկու անկախ ուղուց՝ երեքական պոմպերով: Երկու ուղիներից յուրաքանչյուրը միացված է մեկ ցայտավազանի: Առկա է նաև պաշարային ցայտավազան: Հովացման համակարգը շրջապտուտային է, մեկուսացված է արտաքին ջրամբարներից, գրունտային ջրերից և հովացման այլ համակարգերից:



Նկ.2. ՊՄՀՀ-ի պարզեցված սխեման [3-6]

Ցայտավազանում (ԵրԾ) հովացած ջուրը խողովակագծով տրվում է պոմպակայան, մաքրվում պտտվող ցանցով (ՇԲ), տրվում պոմպերի (HCO) ներածման մաս: Վերջիններս ջուրը մղում են դեպի ռեակտորային տեղակայանքի սպառիչները, մեքենայական սրահի տեխնիկական ջրի բաքերը (ՏՋԲ) (ԵԴԲ-1,2), ինչպես նաև դիզել-գեներատորները:

ՊՄՀՀ-ի հովացնող ջրի սպառիչները՝ ըստ համակարգի ուղիների, բերված են աղ. 1-ում [3-6]:

Անվտանգության հավանականային վերլուծությունը (ԱՀՎ) որպես կայանի անվտանգության գնահատման մեթոդ. Կայանի անվտանգությունը գնահատվում է հետևյալ երկու մեթոդների կիրառմամբ՝

- դետերմինիստական մեթոդ,
- անվտանգության հավանականային վերլուծության մեթոդ:

Ընդ որում, վերոհիշյալ մեթոդները կիրառվում են համատեղ:

Դետերմինիստական մեթոդը հիմնված է վթարների զարգացման ընթացքի և դրանց պոտենցիալ հետևանքների ճարտարագիտական վերլուծության վրա: Մոտեցումն ամբողջովին իրագործվում է ըստ կարգավորող և կանոններ սահմանող կազմակերպությունների կանոնների և ուղեցույցների:

Հավանականային վերլուծության մեթոդը օգտագործվում է որևէ կոնկրետ պատահարի վթարային շղթայի հավանականությունը և նրա հետևանքները որոշելու համար: ԱՀՎ-ը թույլ է տալիս ի հայտ բերել նախագծում անվտանգության

տեսանկյունից թույլ կողմերը և վերացնել դրանք: ԱՀՎ մեթոդների միջոցով որոշվում է պարզ կամ առավել բարդ ֆունկցիաների կորստի արդյունքում «անընդունելի հետևանքների» առաջացման հավանականությունը:

Աղյուսակ 1

ՊՄՀՀ-ի հովացնող ջրի սպառիչները՝ ըստ համակարգի ուղիների [3-6]

Կայան / տեղակայանք	I ուղի	II ուղի
Ռեակտորային տեղակայանք	Ցայտաջրմուղային համակարգի ջերմափոխանակիչ (2TOC-1), վթարային կոնդենսատոր (2AK-1), վթարային լրասնման պոմպ (2APIH-1÷3), վթարային կոնդենսատային պոմպ (2AKH-1), պահման ավազանի հովացման ջերմափոխանակիչ (2TOBB-1)	Ցայտաջրմուղային համակարգի ջերմափոխանակիչ (2TOC-2), վթարային կոնդենսատոր (2AK-2), վթարային լրասնման պոմպ (2APIH-4÷6), վթարային կոնդենսատային պոմպ (2AKH-2), պահման ավազանի հովացման ջերմափոխանակիչ (2TOBB-2)
Դիզել-գեներատորային կայան	Դիզել-գեներատորներ (ՃԴ-4,6)	Դիզել-գեներատորներ (ՃԴ-3,5)

ԱՀՎ-ը ներմուծվել է դետերմինիստական մոտեցումը ոչ թե փոխարինելու, այլ փոխլրացնելու նպատակով:

Խափանումների ծառը տրամաբանական կառուցվածք է, որը դեդուկտիվ կապ է հաստատում անցանկալի իրադարձության (համակարգի խափանում) և դրա առաջացմանը հանգեցնող տարրական իրադարձությունների (տարրերի խափանում) միջև:

Խափանումների ծառերի մեթոդով վերլուծություն կատարելու համար կարևոր է հասկանալ՝

- համակարգի կառուցվածքը և ֆունկցիան,
- համակարգի սահմանները,
- տարրերի ֆունկցիաները համակարգում,
- ապահովող համակարգերի հետ կապերը,

• տվյալ խափանումների ծառն ընդգրկող պատահարների հաջորդականության վերլուծության պահանջները (օրինակ՝ հաջողության կամ տապալման չափանիշները),

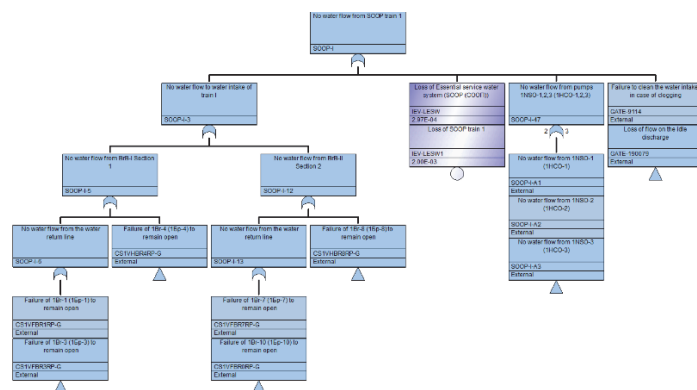
• անհրաժեշտության դեպքում՝ սպասարկման, փորձարկման, շահագործման ժամանակ անձնակազմի միջամտությունները:

Ընդհանուր ռիսկի գնահատման նպատակը ոչ թե մեծ անորոշություններ պարունակող՝ ակտիվ գոտու հալման, ճառագայթաակտիվ արտանետումների և

Անվտանգության վերլուծության երկու մեթոդները կիրառվում են համատեղ, և չկա դետերմինիստական վերլուծությունը ԱՀՎ-ով փոխարինելու նպատակադրում [7]:

Աղյուսակ 2

#	%	Տարրական պատահար 1-ի նշանակումը	Տարրական պատահար 2-ի նշանակումը
1	38.1	CS1VFBR2GA (1Եք-2 ամրանը չի փակվում)	SOOP-WINTER (տարվա ձմեռային շրջան)
2	38.1	CS1VFBR6GA (1Եք-6 ամրանը չի փակվում)	SOOP-WINTER (տարվա ձմեռային շրջան)



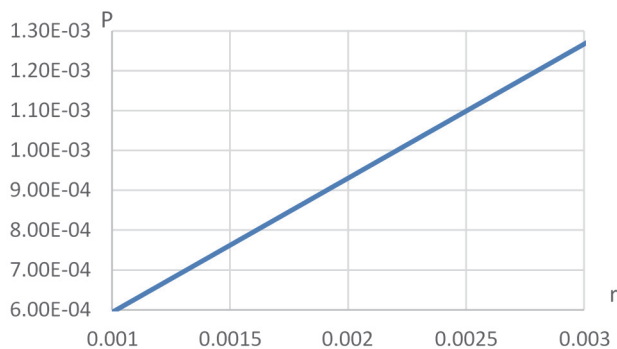
410

Պատասխանատու սպառիչների հովացման համակարգի առաջին կանալի խափանման հավանականությունը կազմում է $1.14E-03$: Ստացված արժեքի անորոշության բաշխվածությանը վերաբերող տվյալները բերված են աղ.3-ում: Պատասխանատու սպառիչների հովացման համակարգի առաջին կանալի խափանման P հավանականության կախումը $CS1VFBR2GA$ և $CS1VFBR6GA$ տարրական պատահարների r հաճախությունից ներկայացված է նկ.4-ում: Կախումը ստացվել է r հաճախության տարբեր արժեքների դեպքում՝ P հավանականությունը վերահաշվարկելով: Այդ գծային կախման ուսումնասիրության արդյունքում մշակվել են հաջորդ երկու գրաֆիկները (նկ.5, 6):

Աղյուսակ 3

Պատասխանատու սպառիչների հովացման համակարգի առաջին կանալի խափանման հավանականության անորոշությանը վերաբերող արժեքներ

Միջին	5%	Մեդիան	95%
$1.13E-03$	$8.34E-04$	$1.10E-03$	$1.50E-03$



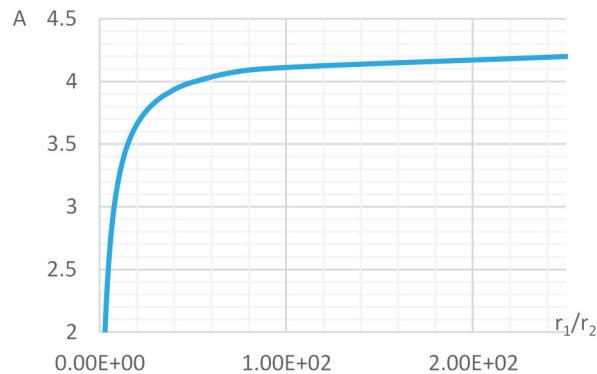
Նկ. 4. Պատասխանատու սպառիչների հովացման համակարգի առաջին կանալի խափանման հավանականության կախումը $CS1VFBR2GA$ և $CS1VFBR6GA$ տարրական պատահարների հաճախությունից

Պատասխանատու սպառիչների հովացման համակարգի ուղու խափանման հավանականության նվազման A չափ է սահմանվել հետևյալ հարաբերությունը՝

$$A = \frac{P_1}{P_2}, \quad (1)$$

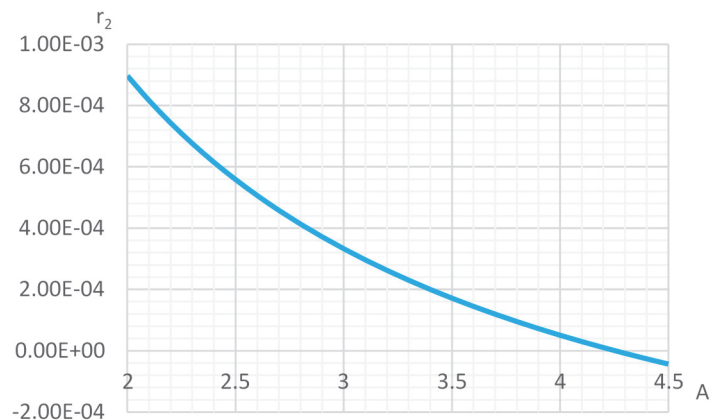
որտեղ P_1 -ը համակարգի ուղու խափանման հավանականությունն է $CS1VFBR2GA$ և $CS1VFBR6GA$ տարրական պատահարների r_1 հաճախության դեպքում, իսկ P_2 -ը՝ r_2 -ի դեպքում: Ընդ որում, r_1 արժեքը համապատասխանում է հաճախության ելակետային իրական արժեքին, իսկ r_2 -ը նվազեցված արժեքն է:

Պատասխանատու սպառիչների հովացման համակարգի ուղու խափանման հավանականության նվազման A չափը՝ կախված CS1VFBR2GA և CS1VFBR6GA տարրական պատահարների խափանման հաճախությունների նվազման r_1/r_2 չափից, ներկայացված է նկ.5-ում:



Նկ. 5. Պատասխանատու սպառիչների հովացման համակարգի ուղու խափանման հավանականության նվազման չափը՝ կախված CS1VFBR2GA և CS1VFBR6GA տարրական պատահարների խափանման հաճախությունների նվազման չափից

Քանի որ r_1 արժեքը հաստատուն է, իսկ r_2 -ը՝ փոփոխական, ուստի նպատակահարմար է ներկայացնել CS1VFBR2GA և CS1VFBR6GA տարրական պատահարների խափանման հաճախությունների նվազեցված r_2 արժեքի՝ պատասխանատու սպառիչների հովացման համակարգի ուղու խափանման հավանականության նվազման A չափից կախումն արտահայտող գրաֆիկը (նկ.6):



Նկ. 6. CS1VFBR2GA և CS1VFBR6GA տարրական պատահարների խափանման հաճախությունների նվազեցված արժեքը՝ կախված պատասխանատու սպառիչների հովացման համակարգի ուղու խափանման հավանականության նվազման չափից

Կառուցված գրաֆիկների դիտարկումից նկատելի է, որ CS1VFBR2GA և CS1VFBR6GA տարրական պատահարների հաճախությունների նվազեցման միջոցով տեսականորեն հնարավոր է նվազեցնել պատասխանատու սպառիչների հովացման համակարգի մեկ ուղու խափանման հավանականությունը 4,25 անգամ, սակայն գործնականում դրան հասնել հնարավոր չէ:

Եզրակացություն. ԱԷԿ-ից վերջնական ջերմնդուներին շրջակա միջավայրն է: Ջերմության վերջնական ընդունիչ համակարգերն են տեխնիկական ջրամատակարարման և ՊՄՀ համակարգերը: Վերջինիս վերաբերյալ կատարված ուսումնասիրությունը ցույց է տվել ձմռան ռեժիմում կիրառվող երկու ամրանների (Եր-2, Եր-6)՝ համակարգի ուղու խափանման տեսանկյունից ունեցած մեծ կշիռը: Կատարված հաշվարկների արդյունքում ցույց է տրվել, որ ավանդական դետերմինիստական ստուգումների փոխարինումը ռիսկ-տեղեկացված ստուգումներով կարող է հանգեցնել ԱԷԿ-ի համակարգերի խափանումների հավանականության նվազեցմանը, որը ՊՄՀ համակարգի կանալի դեպքում կարող է ապահովել առավելագույնը 4,25 անգամ նվազեցում:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. Գևորգյան Ա.Ա., Հովհաննիսյան Լ.Ս., Խուդավերդյան Ա.Գ. ՀԱԷԿ-ի ռեակտորային տեղակայանքի ֆիզիկա և շահագործման հիմունքներ. - Երևան: ՀՊՃՀ, 2002. - 393 էջ:
2. National action plan of Armenia On Strengthening Nuclear Safety of Armenian Nuclear Power Plant decided upon lessons learnt from Fukushima Daiichi accident. - ANRA, 2017.
3. Инструкция по эксплуатации системы технического водоснабжения насосной станции I подъема "Севджур". - 2001.
4. Инструкция по эксплуатации системы технического водоснабжения I подъема "Пруд". - 2001.
5. Система охлаждения ответственных потребителей (ARMPSA). - 2013.
6. Инструкция по эксплуатации насосной станции системы охлаждения ответственных потребителей энергоблока №2 И ДГС ААЭС. - 2000.
7. TNO Red Book, 4 Methods for Determining and Processing Probabilities, 2005.

«Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան» հիմնադրամ (ՀԱՊՀ), «Միջուկային և ռադիացիոն անվտանգության գիտատեխնիկական կենտրոն» ՓԲԸ. Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 16.12.2021:

А.Г. ХАЧАТРЯН, Г.Р. КАНЕЦЯН, А.А. ГЕВОРГЯН
СНИЖЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТЕЙ ОТКАЗОВ СИСТЕМ АЭС ПУТЁМ
ПРОВЕДЕНИЯ РИСК-ИНФОРМИРОВАННЫХ ИНСПЕКЦИЙ

В рамках инспекций, проводимых на АЭС, проверяется множество компонентов систем. Традиционные детерминистические инспекции основаны на данных из известного опыта эксплуатации, не принимая во внимание риск-значимость компонентов. Один из маршрутов внутростанционных инспекций включает в себя проверку компонентов и насосных станций СООП (Системы охлаждения ответственных потребителей). На примере системы показано, что замена традиционных детерминистических инспекций риск-информированными позволит правильно определить компоненты, подлежащие проверке во время инспекций, что значительно повысит эффективность инспекции и снизит вероятность отказа системы в несколько раз.

Ключевые слова: риск-информированные инспекции, вероятностный анализ безопасности, АЭС.

A.G. KHACHATRYAN, G.R. KANETSYAN, A.A. GEVORGYAN
REDUCING THE PROBABILITY OF NPP SYSTEMS' FAILURES THROUGH
RISK-INFORMED INSPECTIONS

During the inspections performed at the NPP, many system components are checked. Traditional deterministic inspections are mostly based on the data from the known operating experience, without considering the risk-significance of the components. One of the in-service inspection routes includes checking the components and pumping stations of ESW (Essential service water) system. For the system, it is shown that replacing the traditional deterministic inspections by risk-informed ones will allow to correctly identify the components to be checked during inspections, which will significantly increase the efficiency of inspection and reduce the probability of the system failure several times.

Keywords: risk-informed, inspections, probabilistic safety analysis, NPP.