

ԷՆԵՐԳԵՏԻԿԱ, ԷԼԵԿՏՐԱՏԵԽՆԻԿԱ

ՋԵՐՄԱԷՆԵՐԳԵՏԻԿԱ, ՇՐՋԱԿԱ ՄԻՋԱՎԱՅՐԻ **ՊԱՇՏՊԱՆՈՒԹՅՈՒՆ**

ՀՏԴ 620.9

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

ԱԷԿՈՒՄ ՍՏՈՒԳԱՅՅԵՐԻ ՌԻՍԿ-ՏԵՂԵԿԱՑՎԱԾ ԵՐԹՈՒՂԻՆԵՐԻ ԿԱԶՄՄԱՆ ՄՈՏԵՑՄԱՆ ՄՇԱԿՈՒՄԸ

Աշխարհի բազում երկրներում առկա է դետերմինիստական ստուգումներից ռիսկ-տեղեկացված ստուգումներին անցնելու միտում: Այդ անցման արդյունքում առաջանում է տեսչական ստուգումների ռիսկ-տեղեկացված երթուղիների կազմման խնդիր: Մշակված է ռիսկ-տեղեկացված երթուղիների կազմման մոտեցում, որի կիրառելիությունը ցույց է տրվել Հայկական ատոմային էլեկտրական կայանի (ՀԱԷԿ) ներկայանային տեսուչի փորձնական ռիսկ-տեղեկացված երթուղիների կազմման օրինակով:

Առանցքային բաներ. ստուգումներ, ռիսկ-տեղեկացված ստուգումներ, ներկայանային ստուգումներ:

Ներածություն. «Ռիսկ-տեղեկացված ստուգում» եզրույթը առաջին անգամ կիրառվել է ԱՄՆ-ի Միջուկային կարգավորման կոմիտեի կողմից՝ շեշտելով տվյալ տիպի ստուգումների կապը ռիսկերի հետ, սակայն ոչ ամբողջությամբ ռիսկերի վրա հիմնված լինելը [1]: Ռիսկ-տեղեկացված ստուգումների իրականացումը ենթադրում է ստուգումները ծրագրելիս քանապես և որակապես հաշվի առնել ռիսկերը, ինչպես նաև, ըստ անհրաժեշտության՝ նաև այլ պիտանի տեղեկույթը [2]: Ռիսկ-տեղեկացված մոտեցումները, ի տարբերություն ռիսկերի վրա հիմնված որոշումների կայացման գործընթացի, չեն ենթադրում ստուգումների ծրագրում հիմնվելով բացառապես ռիսկերի վրա, այլ համադրում են անվտանգության հավանականային վերլուծության (ԱՀՎ) տեղեկույթը դետերմինիստականի հետ: Դետերմինիստական ստուգումները զգալի ռեսուրսներ են պահանջում, և դրանց շրջանակներում ստուգվող տարրերի թիրախավորումը կատարվում է՝ հիմնվելով շահագործման փորձի վրա, սակայն հաշվի չի առնվում ստուգվող տարրերի ռիսկ-նշանակալիությունը: Այսպիսով, դետերմինիստական ստուգումները, սպառելով մեծ ռեսուրսներ, միշտ չէ, որ ներառում են անվտանգության վրա մեծ ազդեցություն ունեցող ռիսկ-նշանակալի տարրեր:

Ավանդաբար կայաններում իրականացվում են դետերմինիստական ստուգումներ, սակայն աշխարհի բազմաթիվ երկրներում կա՛մ կա միտում անցնելու

նիսկ-տեղեկացված ստուգումների, կա՛մ էլ արդեն անցել են դրանց: Դետերմինիստական ստուգումներից նիսկ-տեղեկացվածին անցնելիս առաջանում է ներկայանային տեսուչի երթուղիների փոփոխման անհրաժեշտություն: Այդ երթուղիների կազմման համար անհրաժեշտ են հստակ սահմանված մոտեցումներ:

Այս աշխատանքի նպատակներն են մշակել ներկայանային տեսուչի ստուգայցերի երթուղիների կազմման մոտեցում, որը կկիրառվի դետերմինիստական ստուգումներից նիսկ-տեղեկացված ստուգումների անցման ժամանակ, և ցուցադրել կազմված մոտեցման կիրառելիությունը՝ ՀԱԷԿ-ի ներկայանային տեսուչի փորձնական նիսկ-տեղեկացված երթուղիների մշակման օրինակով:

Խնդրի դրվածքը և ընտրված մեթոդը. Դետերմինիստական ստուգումներից նիսկ-տեղեկացված ստուգումների անցման ժամանակ ներկայանային տեսուչի ստուգայցերի երթուղիների կազմման մշակված մոտեցումը ենթադրում է հետևյալ քայլերի կատարում՝

1. համակարգերի տարրերի դասակարգում՝ ըստ կարևորության,
2. համակարգերի տարրերի դասակարգում՝ ըստ սրահների,
3. առկա երթուղիների վերլուծության և սրահների դասավորության հիման վրա երթուղիների մշակում:

Քայլերից յուրաքանչյուրի մանրամասն մեկնությունը բերված է ստորև:

1. Համակարգերի տարրերի դասակարգում՝ ըստ կարևորության. Համակարգերի տարրերը դասակարգվել են ըստ հետևյալ կարևորության ցուցանիշների՝

▪ **FC (Fractional Contribution)** որքան է դիտարկվող բաղադրիչը կամ միջոցը պատճառ դառնում համակարգի ծախսողմանը:

$$FC(E) = \frac{\sum_i \text{cutset}_i(E)}{P_{\text{top}}}, \quad (1)$$

որտեղ $\sum_i \text{cutset}_i(E)$ -ը E-րդ պատահարի առաջացման համար բավարար խափանումների փոքրագույն համադրությունների հավանականությունների գումարն է, որը որոշվում է Բույյան հանրահաշվի կիրառմամբ՝ համակարգային կողերի միջոցով, P_{top} - դիտարկվող երևույթի ընդհանուր հավանականությունը:

▪ **RAW (Risk Achievement Worth)** ցույց է տալիս, թե քանի անգամ է աճում դիտարկվող երևույթի ընդհանուր հավանականությունը՝ դիտարկվող բաղադրիչի անաշխատունակության պատճառով:

$$RAW(E) = \frac{P_{\text{top}}(1)}{P_{\text{top}}}, \quad (2)$$

որտեղ E – ն դիտարկվող հիմնական իրադարձությունն է, P(E) – E-ն՝ իրադարձության տեղի ունենալու հավանականությունը, P_{top} – ը՝ դիտարկվող երևույթի ընդհանուր հավանականությունը, $P_{\text{top}}(x)$ ը՝ = դիտարկվող երևույթի ընդհանուր հավանականությունը, երբ $P(E) = x$ [3]:

Դիտարկվող երևույթի P_{top} ընդհանուր հավանականությունը որոշվում է ԱՀՎ համակարգչային ծրագրերի միջավայրում խափանումների ծառերի կազմման և այնուհետև հաշվարկների իրականացման միջոցով: Խափանումների ծառը տրամաբանական կառուցվածք է, որը դեդուկտիվ կապ է հաստատում անցանկալի իրադարձության (համակարգի խափանման որևէ կոնկրետ տարբերակ կամ մասնակի խափանում) և դրա առաջացման պատճառ հանդիսացող տարրական իրադարձությունների (տարրերի խափանում) միջև [4]: Խափանումների ծառի գագաթին համակարգի դիտարկվող խափանումն է, որից ցածր մակարդակներում՝ այդ խափանման պատճառ հանդիսացող խափանումները: Յուրաքանչյուր համակարգի համար կազմվում են մի քանի տասնյակ խափանումների ծառեր: Խափանումների ծառերի կազմումը և արդյունքում դիտարկվող երևույթի P_{top} ընդհանուր հավանականության որոշումը հնարավորություն են տալիս կիրառել ստացված արդյունքները պատահարների ծառերում: Վթարային հաջորդականությունների շղթաների (պատահարների ծառերի) միջոցով որոնվում է այնպիսի անբարենպաստ իրադարձության առաջացման հավանականությունը, ինչպիսին է ակտիվ գոտու հալումը՝ վերագրած ողջ էներգաբլոկին, այլ ոչ թե միայն ինչ-որ առանձին ֆունկցիայի տապալումը: Ակտիվ գոտու հալման CDF (Core damage frequency) հաճախությունը պատահարների ծառերի հաշվարկման վերջնարդյունքն է: Ստացված արդյունքները կիրառելով՝ հնարավոր է դառնում ըստ կարևորության դասակարգել և հետևաբար՝ պարզել ակտիվ գոտու վնասմանը պատճառ հանդիսացող գլխավոր խափանումները կամ խափանումների համադրությունները: Խափանումների և պատահարների ծառերի մոդելավորում ԱԷԿ-ի յուրաքանչյուր համակարգի համար կատարվում է համապատասխան ծրագրային միջավայրում (RISK SPECTRUM, NUPRA, CAFTA, SAPHIRE և այլն), որի միջոցով մեծածավալ հաշվարկները կատարվում են մեծ արագությամբ:

Համակարգերի տարրերը՝ ըստ կարևորության դասակարգման պայմանների բերված են աղ.1-ում [3]:

Աղյուսակ 1

Տարրերն ըստ կարևորության դասակարգելու պայմանները

Պայման	Դասակարգում
<ul style="list-style-type: none"> ▪ $RAW(E)>2$ և $FC(E)>0.005$ ▪ $RAW(E)>100$ ▪ $FC(E)>0.1$ 	Բարձր կարևորություն
<ul style="list-style-type: none"> ▪ $2<RAW(E)<100$ և $FC(X)<0.005$ ▪ $RAW(E)<2$, $FC(E)>0.005$; 	Միջին կարևորություն
<ul style="list-style-type: none"> ▪ $RAW(E)<2$ և $FC(E)<0.005$. 	Ցածր կարևորություն

2. Համակարգերի տարրերի դասակարգումը՝ ըստ սրահների. Բարձր կարևորության համակարգերի տարրերի ԱՀՎ FC և RIF ցուցանիշներ պարունակող աղյուսակները համադրվում են համակարգերի նկարագրություններում բերված տարրերի տեղադիրքին վերաբերող տվյալների հետ, որի արդյունքում ստացվում են բարձր կարևորության համակարգերի տարրերը՝ ըստ սրահների խմբավորող աղյուսակ: Տարրերի դասակարգումն ըստ սրահների հնարավորություն է տալիս կազմել տեսչական ստուգման՝ ԱԷԿ-ի անվտանգության տեսանկյունից առավել արդյունավետ երթուղիներ, քանի որ ստացված աղյուսակն ամփոփում է բարձր կարևորության համակարգերի բարձր և միջին կարևորության տարրեր պարունակող սրահները: Ստացված աղյուսակը համակարգված տեսքով ընդգրկում է ռիսկ-տեղեկացված տեսչական ստուգման երթուղիների մշակման համար անհրաժեշտ էական ելակետային տվյալներ [5]:

3. Արդեն իսկ մշակված երթուղիների վերլուծության և սրահների դասավորության հիման վրա երթուղիների մշակում. Արդեն իսկ մշակված երթուղիներում ընդգրկված սրահների, ռիսկ-նշանակալի տարրեր պարունակող սրահների ստացված ցանկի համեմատության, ինչպես նաև դրանց դասավորության դիտարկման արդյունքում մշակվում է համեմատական վերլուծության աղյուսակ, որում ներկայացվում են այդ երթուղիներով ստուգվող, ինչպես նաև առանձին սյունակով դրանցում չներառված՝ ԱՀՎ տեսանկյունից բարձր կարևորության համակարգերի բարձր և միջին կարևորության տարրեր պարունակող սրահները: Արդեն իսկ մշակված երթուղիները լրացվում են ռիսկ-նշանակալի տարրեր պարունակող՝ նախկինում չստուգվող սրահներով: Սրահները երթուղում ներառվում են դրանց տեղադիրքը հաշվի առնելով, որպեսզի դրանց ստուգումը հնարավորինս նվազագույն չափով երկարացնի առկա երթուղին: Ռիսկ-նշանակալի տարրեր պարունակող սրահների՝ ներկայանային տեսուչի կողմից ստուգվող երթուղիներում ներառման այլընտրանքային տարբերակ է լրացուցիչ երթուղիների կազմումը, որոնք բացառապես կպարունակեն միայն նոր ընդգրկվող սրահները:

ՀԱԷԿ-ի ներկայանային տեսուչի ռիսկ-տեղեկացված երթուղիների կազմում՝ մշակված մոտեցման կիրառմամբ. Մշակված մոտեցումը կիրառել ենք ՀԱԷԿ-ի օրինակով ներկայանային տեսուչի փորձնական ռիսկ-տեղեկացված երթուղիների կազմման համար:

RISK SPECTRUM ծրագրային միջոցում կատարվել է ՀԱԷԿ-ի համակարգերի խափանումների ծառերի և վթարային հաջորդականությունների շղթաների մոդելավորում, հաշվարկվել են համակարգերի տարրերի ԱՀՎ FC և RAW ցուցանիշները: Արդյունքներն ամփոփվել են «Ռիսկ-տեղեկացված տեսչական ստուգումների պլանավորման վերաբերյալ առաջարկ: NRSC-A117-3.2 Տարբերակ 01»

հաշվետվությունում [3] ներկայացված աղյուսակներում, որոնցից մի հատված ներկայացված է աղ.2-ում:

Աղյուսակ 2

«Ռիսկ-տեղեկացված տեսչական ստուգումների պլանավորման վերաբերյալ առաջարկ (NRSC-A117-3.2 Տարբերակ 01)» հաշվետվությունում [3] ամփոփված՝ համակարգերի տարրերն ըստ ռիսկ-նշանակալիության դասակարգող աղյուսակներից հատված)

NM – Система нормальной подпитки I контура

ID	Նկարագրություն	FC	RIF
Միջին կարևորության տարրեր			
NM-SL/TL-R-287E-PN	2Ե-14 ղեկավարման բանալի	8.38E-04	1.11E+01

ՀԱԷԿ-ի համակարգերի նկարագրություններում առկա են տարրերին վերաբերող տվյալներն ամփոփող աղյուսակներ, որոնցում նշված է նաև սրահը, որում տեղակայված է տվյալ տարրը: Այդ աղյուսակներից մեկից հատված է ներկայացված աղ.3-ում:

Աղյուսակ 3

Տարրի տվյալներին վերաբերող աղյուսակից հատված

Հ/հ	Տարրի տիպը	Մակնիշավորումը	Սրահի համարը	Սեյսմակայունության կարգը	Տարրական պատահարի հ/հ
64	Ղեկավարման բանալի	2Ե-14	A-125	II/հուսալի	NMNSWB14GA

Վերոհիշյալ տվյալների համադրման արդյունքում կազմվել է յուրաքանչյուր սրահում տեղակայված տարրերն ըստ կարևորության դասակարգող աղյուսակ, որից մի հատված ներկայացված է աղ.4-ում:

Աղյուսակ 4

Համադրման արդյունքում ստացված աղյուսակից հատված

Համակարգը	Տարրը	ID	FC	RIF
A125				
Միջին կարևորության տարրեր				
Առաջին կոնտուրի լրասնաման համակարգ	Ղեկավարման բանալի KY 2Ե-14	NM-SL/TL-R-287E-PN	8.38E-04	1.11E+01

Կազմված աղյուսակների վերլուծության արդյունքում պարզվել են առկա երթուղիներով ստուգվող, ինչպես նաև այդ երթուղիներում չներառված, ԱՀՎ տեսանկյունից բարձր կարևորության համակարգերի բարձր և միջին կարևորության տարրեր պարունակող սրահները:

Ստուգումների երթուղիների օրինակները մշակվել են այնպես, որ առավելագույնս ընդգրկեն ԱՀՎ տեսանկյունից բարձր կարևորության համակարգերի բարձր և միջին կարևորության տարրեր պարունակող սրահները: Կազմվել է երկու երթուղի, որոնցից մեկով ստուգվում են վերահսկվող գոտու սրահները, իսկ մյուսով՝ էլեկտրական սարքավորումներով սրահները (աղ.5): Ստուգումների երթուղիները կազմվել են այնպես, որ դրանց տևողությունը չգերազանցի 1 ժամը:

Առաջարկվող №15 երթուղու այլընտրանքային տարբերակ է գործող երթուղիներում չընդգրկված, սակայն ԱՀՎ տեսանկյունից կարևոր տարրեր պարունակող սրահների ներառումը գործող երթուղիներում:

Աղյուսակ 5

Առաջարկվող երթուղիները

Երթուղու h/h	Երթուղին	Շրջայցի հետագիծը
15	Հսկվող գոտու սրահներ	Սան. անցակետ→A303/2→A306/2→ՊԿ3 (A313/2→A025/2) →A004/3→A013/2→A009/2→B005/2→ՊԿ6 (B001/2) →B001/2→ՊԿ6 (B001/2) →B005/2→ՊԿ2 (A025/1→A124/1) →ՍԿԱՕ (A125)→ՊԿ5 (B114/1→B309/1) →սան. անցակետ
16	Էլեկտրական սարքավորումներով սրահներ	ԵՍԿՄ 2 (Յ305/2) → ԵՍԿՄ 2 (Յ305/2)→ՍԿՊՐ (Յ 314/2) →Յ313/2(ՊԿ)→Յ118/2(ՊԿ)→Յ108/4→Յ108/5→Յ108/6→Յ119→Յ105→Յ103/4→Յ103/5→Յ103/6→Յ119→Յ109/3→Յ113/2→Յ109/1→Յ108/3→Յ108/1→Յ107→Յ103/2→ Յ103/1→Յ104

Գործող №2, №9 և №11 երթուղիների առաջարկվող փոփոխված տարբերակները ներկայացված են աղ.6-ում (նշված երթուղիներում առաջարկվող լրացուցիչ սրահների համարները թավ են և ընդգծված):

Գործող N°2, N°9 և N°11 երթուղիների առաջարկվող փոփոխված պարբերակները

Երթուղու h/h	Շրջայցի հետագիծը
2	Սան. անցակետ → A303/2 → A-301/1,2 → COPO-2 (A122) → B-210/2 → B-214/2 → ՊԿ-6 (B223/2→B001/2) → B-005/2 → A-015/2 → A013/2 → A004/3 → →A-009/2 → A-046/2 → A-115 → ՊԿ-2 (A025/1→A124/1) – ԱԿԱՕ (A-125) → →B-210/1 → B-214/1 → ՊԿ-5 (B223/1→B309/1) → սան. անցակետ
9	B-005/2 → A-015/2 → A009/2→A-016/2 → A-017/2 → A-010/2 → A-014/2 → → A013/2 → A004/3 → A-046/2 → A-115 → A-015/1 → A-030 → A-016/1 → →A-021/1 → A-022 → A-021/2 → A-046/1 → A-018 → A-015/1 → B-005/1
11	Ե-001/2 → ՊԿ N°6 (B001/2→B309/2) → A-301/1 →A-306/2 → A-301/2→ → A303/2 → B-304 → B-204 → B-214/2 →B-214/1 → ՊԿ N°5 (B223/1→B001/1) → →B-001/1

Գործընթացը ՀԱԷԿ-ի ներկայանային տեսուչի ստուգայցերի ռիսկ-տեղեկացված երթուղիների մշակման նպատակով կիրառելը ցույց տվեց, որ ներկայանային տեսուչի ստուգայցերի երթուղիների վերլուծության արդյունքում ի հայտ են բերվում երթուղիներում չներառված, սակայն ԱՀՎ տեսանկյունից բարձր կարևորության համակարգերի բարձր և միջին կարևորության տարրեր պարունակող սրահներ: Այնուհետև մշակվում են այդ սրահները ներառող փորձնական երթուղիներ, որոնցով ստուգումների իրականացումը նպաստում է կայանի անվտանգության մակարդակի բարձրացմանը:

Այսպիսով, մշակված մոտեցումը կայաններում ռիսկ-տեղեկացված երթուղիների մշակման նպատակով կիրառելի է, սակայն, քանի որ շահագործման փորձի ընդլայնմամբ, սպասարկման գործընթացների փոփոխություններով, ինչպես նաև կայանի համակարգերում արված արդիականացումներով պայմանավորված ԱՀՎ-ը անհրաժեշտաբար պարբերաբար թարմացվում է, հարկ է, որ այս մոտեցմամբ մշակված երթուղիները ևս պարբերաբար թարմացվեն՝ ԱՀՎ-ի թարմացված արդյունքները ներառելու նպատակով: Մոտեցման կիրառումը հարմար կլինի բոլոր տվյալներն ընդգրկող և պարբերաբար թարմացվող տվյալների հենքի ստեղծման պարագայում:

Եզրակացություն. Դետերմինիստական ստուգումներից ռիսկ-տեղեկացված ստուգումների անցման ժամանակ ներկայանային տեսուչի փոփոխված երթուղիների կազմման մշակված մոտեցումը, ինչպես ցույց է տրվել ՀԱԷԿ-ի համար փորձնական երթուղիների կազմման օրինակով, հնարավորություն է տալիս կայանի համար մշակված ԱՀՎ արդյունքները կիրառելով՝ մշակել ռիսկ-տեղե-

կացված երթուղիներ: Մշակված երթուղիներով ստուգումների իրականացման արդյունքում կբացահայտվեն առաջարկվող մոտեցման կատարելագործման հնարավորությունները:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/47/017/47017724.pdf
2. NRC inspection manual. Inspection manual chapter 0609. Significance Determination Process.
3. **Կանեցյան Գ.Ռ.** Ռիսկ-տեղեկացված տեսչական ստուգումների պլանավորման վերաբերյալ առաջարկ: NRSC-A117-3.2 Տարբերակ 01:
4. **Schüller J.C.H.** Methods for determining and processing probabilities ‘Red Book’.- Second edition, 1997.
5. **Կանեցյան Գ.Ռ.** ՀՀ ՄԱԿԿ-ի կողմից ՀԱԷԿ-ում իրականացվող ստուգումների պլանավորման և անցկացման մեթոդաբանության առաջարկ: NRSC-A118-3.5 Տարբերակ 01:

Ա.Գ. ХАЧАТРЯН, Г.Р. КАНЕЦЯН, А.А. ГЕВОРГЯН
РАЗРАБОТКА ПОДХОДА СОСТАВЛЕНИЯ РИСК-ИНФОРМИРОВАННЫХ МАРШРУТОВ ИНСПЕКЦИЙ ДЛЯ АЭС

Во многих странах мира есть тенденция перехода от проведения детерминистических инспекций на риск-информированные. В результате перехода возникает проблема составления риск-информированных инспекционных маршрутов. Разработан подход составления последних, применительность которого показана на примере составления пробных риск-информированных маршрутов для внутристанционного инспектора Армянской АЭС (ААЭС).

Ключевые слова: инспекции, риск-информированные инспекции, внутристанционные инспекции.

A.G. KHACHATRYAN, G.R. KANETSYAN, A.A. GEVORGYAN
DEVELOPING AN APPROACH TO DRAW UP RISK-INFORMED ROUTES FOR INSPECTIONS AT THE NPP

There is a tendency in many countries of the world to switch from performing deterministic inspections to risk-informed ones. As a result of switching a problem to plan risk-informed inspection routes arises. An approach to draw the latter up is developed whose applicability is shown on the example of the pilot risk-informed inspection routes drawn up for the on-site inspector of the Armenian Nuclear Power Plant (ANPP).

Keywords: inspections, risk-informed inspections, in-service inspections (ISI).