

ՀՀ ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ, ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ, ՄՇԱԿՈՒՅԹԻ ԵՎ ՍՊՈՐՏԻ  
ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ  
ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ՊՈԼԻՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ  
ՀԻՄՆԱԴՐԱՄ

**ԳԱՅԱՆԵ ԼԵՆՈՅԻ ԿՈԼԵՍՆԻ**

ԷԼԵԿՏՐԱԷՆԵՐԳԵՏԻԿԱԿԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ ՌԵԺԻՄՆԵՐԻ  
ԵՐԿԱՐԱԺԱՄԿԵՏ ԿԱՆԽԱՏԵՍՄԱՆ ՌԻՍԿԵՐԻ ԳՆԱՀԱՏՈՒՄ

Ե. 14.01 - «Էներգետիկ համակարգեր, համալիրներ, էլեկտրակայաններ և  
դրանց կառավարումը» մասնագիտությամբ տեխնիկական  
գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման  
ատենախոսության

**ՍԵՂՄԱԳԻՐ**

ԵՐԵՎԱՆ 2019

---

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ, КУЛЬТУРЫ И СПОРТА РА  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ АРМЕНИИ  
ФОНД

**КОЛЯН ГАЯНЕ ЛЕНОЕВНА**

**ОЦЕНКА РИСКОВ ДОЛГОСРОЧНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РЕЖИМОВ  
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ**

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук по  
специальности 05.14.01 – “Энергетические системы, комплексы,  
электростанции и их управление”

ЕРЕВАН 2019

Ատենախոսության թեման հաստատվել է Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարանում:

Գիտական ղեկավար՝	տ.գ.թ., դոց.	Տ.Ս. Գնունի
Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝	տեխ.գ.դ., պրոֆ. տեխ.գ.թ.	Ս.Ա. Մինասյան Ն.Բ. Հովհաննիսյան
Առաջատար կազմակերպություն՝	«Էլեկտրաէներգետիկական համակարգի օպերատոր» ՓԲԸ	

Ատենախոսության պաշտպանությունը կայանալու է 2019թ. սեպտեմբերի 14-ին, ժամը 12<sup>00</sup>-ին Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարանում գործող ԲՈՎ-ի Էներգետիկայի 043 մասնագիտական խորհրդի նիստում (հասցե՝ 0009, Երևան, Տերյան փ., 105, 2-րդ մասնաշենք, 2431):

Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ՀԱՊՀ գրադարանում:  
Մեղմագիրն առաքվել է 2019թ. հուլիսի 29-ին:

Մասնագիտական խորհրդի  
Գիտական քարտուղար, տ.գ.թ.՝



Ս.Ա. Գևորգյան

---

Тема диссертации утверждена в Национальном политехническом университете Армении.

Научный руководитель:	к.т.н., доц.	Т.С. Гнуни
Официальные оппоненты:	д.т.н., проф. к.т.н.	С.А. Минасян Н.Б. Оганесян
Ведущая организация:	ЗАО “ Оператор электроэнергетической системы ”	

Защита диссертации состоится 14-го сентября 2019г. в 12<sup>00</sup> часов на заседании специализированного совета ВАК 043 – “Энергетика”, действующего при Национальном политехническом университете Армении (НПУА) (адрес: 0009, Ереван, ул. Теряна, 105, корпус 2, 2431).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке НПУА.  
Автореферат разослан 29-го июля 2019г.

Ученый секретарь  
Специализированного совета, к.т.н.



Ա.Ա. Գեորգյան

## ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ԸՆԴՀԱՆՈՒՐ ՆԿԱՐԱԳԻՐԸ

**Աշխատանքի արդիականությունը:** Էլեկտրաէներգետիկայի պահանջարկի և առաջարկի հաշվեկշռի և արտադրական հզորությունների համապատասխան ծավալի ապահովման գործընթացում անհրաժեշտ է հաշվի առնել շահագործման պարբերականությունը՝ ըստ անհրաժեշտության իրականացնելով համակարգի տարրերի նորոգում, փոխարինում և նոր հզորությունների ներդնում, ինչպես նաև միջոցառումներ ձեռնարկել նշված գործընթացի վրա էլեկտրաէներգիայի երկարաժամկետ պահանջարկի անորոշության ազդեցությունը նվազեցնելու ուղղությամբ:

Հաշվի առնելով, որ էլեկտրաէներգիայի պահանջարկի մեծությունը, ի թիվս այլնի, զգալի կախված է տնտեսական ցուցանիշներից, կլիմայական պայմաններից, որոնց փոփոխությունը ժամանակի ընթացքում ուղեկցվում է զգալի անորոշությամբ, կանխատեսումային և փաստացի մեծությունները կարող են զգալիորեն շեղվել ժամանակի ընթացքում և մեծացնել էլքային մեծության կանխատեսման սխալը:

Ժամանակի յուրաքանչյուր պահին համապատասխան հզորություններով ապահովվածության գնահատումը նույնպես համալիր մոտեցման կարիք ունի: Մասնավորապես, համակարգի տարրերի տեխնիկական վիճակի գնահատման, փոխարինման վերաբերյալ որոշում կայացնելու վրա ազդող գործոնների գնահատման տեսանկյունից:

Ներկայումս առավել քան նախկինում գիտակցված է որոշումների կայացման գործընթացում ռիսկերի գնահատման անհրաժեշտությունը, որն առավել արդիական է դարձնում ատենախոսության մեջ ներկայացված հետազոտությունները: Ռիսկերի գնահատման գործընթացում անհրաժեշտ է հաշվի առնել ապագայում անորոշությունների առկայությունը որպես ռիսկի հիմնական նախապայման:

**Աշխատանքի նպատակը:** Ատենախոսության հիմնական նպատակն է զարգացնել առկա մեթոդները և մշակել մաթեմատիկական մոդելներ, որոնք հնարավոր կդարձնեն էլեկտրաէներգետիկ համակարգի ռեժիմների երկարաժամկետ կանխատեսման ընթացքում մեղմացնել անորոշության գործոնը, ինչպես նաև որոշում կայացնողի համար հնարավորինս ճշգրիտ գնահատական տալ համակարգում գործող տարրերի փոխարինման վերաբերյալ:

Նշված նպատակին հասնելու համար ատենախոսության մեջ առաջադրվել և լուծվել են հետևյալ խնդիրները.

- ազդեցիկ գործոնների նկատմամբ էլեկտրաէներգիայի երկարաժամկետ պահանջարկի կանխատեսման զգայունության որոշում՝ փորձարարական պլանավորման մեթոդի կիրառմամբ,

- հզորության պահանջարկի կանխատեսման ադապտիվ նեյրո ոչ հստակ ելքով մոդելի մշակում,
- հզորության պահանջարկի կանխատեսման վերոնշյալ մոդելի մուտքային տվյալների կանխատեսման ալգորիթմի մշակում,
- կանխատեսվող հզորության պահանջարկի լավարկային ծածկում,
- էներգահամակարգի տարրերի ծառայության մնացորդային ժամկետի գնահատում ըստ սցենարների,
- սարքավորման ծառայության մնացորդային ժամկետի որոշման ռիսկերի գնահատում՝ Տագուտիի կորստի ֆունկցիայի կիրառմամբ:

**Գիտական նորությունը.**

1. Էլեկտրաէներգիայի պահանջարկի կանխատեսման զգայունության վերլուծություն,
2. առանց նոր ԱԷԿ-ի էլեկտրաէներգետիկական համակարգի ռեժիմների կանխատեսում մինչև 2036թ.,
3. հզորության պահանջարկի վրա ազդող մի շարք գործոնների կանխատեսման մեթոդիկա, որը հնարավորություն է տալիս մեղմացնել դրանց երկարաժամկետ կանխատեսման անորոշությունը,
4. ադապտիվ նեյրո ոչ հստակ ելքով համակարգի կիրառման միջոցով հզորության պահանջարկի կանխատեսման համար նեյրոնային ցանցի ստեղծում,
5. էներգահամակարգի տարրերի ֆիզիկական ծառայության մնացորդային ժամկետի գնահատման մոդելի մշակում, որն հնարավորություն է տալիս նվազեցնել փոխարինման վերաբերյալ որոշման կայացման ռիսկը:

**Պաշտպանության ներկայացվող դրույթները.**

1. Էլեկտրաէներգիայի պահանջարկի երկարաժամկետ կանխատեսման զգայունության որոշման մեթոդիկան,
2. հզորության պահանջարկի երկարաժամկետ կանխատեսման մեթոդիկան՝ հաշվի առնելով մուտքային գործոնների անորոշությունը,
3. էներգահամակարգի տարրերի փոխարինման վերաբերյալ որոշման կայացման ռիսկերի գնահատման մեթոդիկան,
4. ոչ սիմետրիկ գաուսյան ֆունկցիաներով ներկայացված ոչ հստակ եզրակացությունների հետ կապված ռիսկերի գնահատման բանաձևը:

**Գործնական նշանակությունը:** Ատենախոսության մեջ ներկայացված հետազոտության արդյունքների գործնական նշանակությունը կայանում է հետևյալում. Էլեկտրաէներգիայի պահանջարկի երկարաժամկետ կանխատեսման զգայունության որոշման մեթոդը հնարավորություն է ընձեռում էլեկտրաէներգիայի պահանջարկի վրա ազդող գործոնների որոշակի շեղման դեպքում գնահատել էլեկտրաէներգիայի պահանջարկի շեղման աստիճանը: Հաշվի առնելով կլիմայական գործոնների ազդեցությունը

հզորության պահանջարկի մեծության վրա, դրանց մեծությունների երկարաժամկետ կանխատեսման նպատակով ատենախոսության մեջ առաջարկվող մոտեցումները, ինչպես նաև հզորության պահանջարկի կանխատեսման մեթոդիկան հնարավորություն են տալիս ժամանակային և տեխնիկական ռեսուրսների նվազագույն առկայության պարագայում իրականացնել նշված մեծությունների կանխատեսում բավարար ճշտությամբ: Էլեկտրաէներգետիկական համակարգի ռեժիմների երկարաժամկետ կանխատեսումը հնարավորություն է տալիս գնահատել համակարգի հեռանկարային զարգացումը և դրա ընթացքում անհրաժեշտ լուծումների անհրաժեշտությունը: Էներգահամակարգի տարրերի փոխարինման վերաբերյալ որոշման կայացման ռիսկերի գնահատման ներկայացված մեթոդը հնարավորություն է ընձեռում նվազեցնել անորոշության գործոնը որոշման կայացման գործընթացում:

**Ատենախոսության տեսական, տեղեկատվական ու մեթոդական հիմքերը:**

Ատենախոսության համար տեսական հիմքեր են ծառայել փորձերի պլանավորման, արհեստական ինտելեկտի, հուսալիության, սարքավորումների փոխարինման և ոչ հստակ բազմությունների տեսությունները: Որպես տեղեկատվական հիմք են հանդիսացել հրապարակված տեղեկատուները, տեղեկագրերը, պարբերականները, ռազմավարական փաստաթղթերը և այլն:

**Աշխատանքի արդյունքների կիրառումը և հրապարակումները:**

Աշխատանքի արդյունքները ներդրված են «Հայաստանի էլեկտրական ցանցեր» ՓԲԸ-ում՝ սարքավորումների փոխարինման վերաբերյալ որոշման կայացման գործընթացում:

Կատարված հետազոտությունների հիմնական դրույթներն ու արդյունքները արտացոլված են յոթ գիտական աշխատություններում

**Ատենախոսության կառուցվածքը և ծավալը:** Ատենախոսությունը ներկայացված 127 էջի վրա, պարունակում է 25 նկար, 36 աղյուսակ, 104 անուն ընդգրկող օգտագործված գրականության ցանկ և 4 հավելված: Ատենախոսությունը բաղկացած է ներածությունից, չորս գլուխներից և եզրակացություններից:

**ԱՏԵՆԱԽՈՍՈՒԹՅԱՆ ՀԻՄՆԱԿԱՆ ԲՈՎԱՆՈՒՄԱԿՈՒԹՅՈՒՆԸ**

**Ներածություն քաժմում** ներկայացված են թեմայի արդիականության հիմնավորումները, ուսումնասիրվող հիմնական խնդիրները և նախանշված նպատակները, ատենախոսության գիտական նորույթը և գործնական նշանակությունը, թվարկված են պաշտպանությանը ներկայացվող դրույթները:

**Առաջին գլխում** ներկայացված են աշխարհում էներգիայի սպառման ծավալների, աճի տեմպերի և երկրների էներգաապահովվածության մակարդակների փոփոխության ուսումնասիրության արդյունքները: Մույն գլխում ներկայացված են իրականացված էլեկտրաէներգետիկ համակարգի հեռանկարային զարգացման ծրագրերում վեր հանված խնդիրները և դրանց լուծման ուղղությամբ ներկայացված առաջարկները:

Միննույն ժամանակ, ուսումնասիրվել են ՀՀ էլեկտրաէներգետիկ համակարգի նախատեսվող կառուցվածքային փոփոխությունները: Ներկայացվել են նաև տարածաշրջանային համագործակցության հնարավորությունները և ընդլայնման դերը ՀՀ էլեկտրաէներգետիկական համակարգի զարգացման պլանավորման գործընթացում:

**Երկրորդ գլխում** առաջարկվել է էլեկտրաէներգիայի պահանջարկի երկարաժամկետ կանխատեսման զգայունության գնահատման մեթոդիկա, որն հնարավորություն է ընձեռում ազդեցիկ գործոնների որոշակի շեղման դեպքում գնահատել էլեկտրաէներգիայի պահանջարկի շեղման աստիճանը: Մեթոդիկայի ներկայացման համար դիտարկվել է 2015 թ. ԱՄՆ ՄԶԳ «ՀՀ էներգետիկ համակարգի նվազագույն ծախսերով զարգացման» ծրագրի հղումային սցենարում ընդունված ենթադրությունները:

Հաշվի առնելով բազիսային տարբերակում ընդունված մուտքային փոփոխականների վերաբերյալ ներկայացված տեղեկատվությունը դիտարկվող մոդելի համար ընտրվել են յոթ մուտքային փոփոխականներ՝ ՀՆԱ-ի աճի տեմպերը, բնակչության թվաքանակի աճի տեմպերը, մեկ բնակարանում անձերի քանակը, ՌԴ-ից ներմուծվող գազի գնի մեծությունը, գյուղատնտեսության, սպասարկման ոլորտների աճի տեմպերը, էներգախնայողության իրականացման մակարդակը:

ՓՊ-ն մուտքային գործոնների համար ընդունվել են հղումային սցենարից շեղման տիրույթները, մասնավորապես ՀՆԱ-ի աճի տեմպերի համար՝  $\pm 8\%$ , բնակչության թվաքանակի աճի տեմպերի համար՝  $\pm 10\%$ , մեկ տնտեսությունում անձերի քանակի, գյուղատնտեսության և սպասարկման ոլորտների աճի տեմպերի համար՝  $\pm 5\%$ :

Հաշվի առնելով, որ փոփոխականներն ընտրված են 2 մակարդակներով, լրիվ գործոնային պլանի իրականացման համար անհրաժեշտ փորձերի քանակը կազմել է 128, նպատակահարմար է կրճատել փորձերի քանակը ոչ էական տեղեկատվության հաշվին: Ոչ էական են համարվել  $x_1x_3$ ,  $x_2x_3$  և  $x_3x_4$  գործոնների համատեղ ազդեցությունները: Նշվածի իրագործման նպատակով կիրառվել է ՓՊ կոտորակային  $1/8$  կարգի ռեպլիկ, որի արդյունքում իրականացվել են  $N = 2^{7-3} = 16$  հաշվարկային փորձեր:

Արդյունքում, 2021 թվականի համար ստացվել է հետևյալ գծային ռեգրեսիոն հավասարումը.

$$W_{2021} = 7408.99 + 76.06x_1 - 9.68x_2 - 1.24x_3 - 1.29x_4 - 0.47x_5 + 41.67x_6 + 0.83x_7 \quad (1)$$

Հավասարման գործակիցների վստահության միջակայքը  $\alpha = 0.01$  դեպքում կազմում է  $\Delta b_{2021} = 32,32$ : Քանի որ ռեգրեսիոն հավասարման այն գործակիցները, որոնց բացարձակ արժեքները փոքր են վստահության միջակայքից, կարող են չդիտարկվել հետագա ուսումնասիրության ընթացքում, ուստի (1) արտահայտությունը կընդունի հետևյալ տեսքը.

$$W_{2021} = 7408.99 + 76.06x_1 - 41.67x_6 \quad (2)$$

Մոդելի ադեկվատության հիպոթեզի ստուգման նպատակով հաշվարկվել է Ֆիշերի գործակիցը՝  $F^{հաշվ}_{7,16} = 0.07$ , և համեմատվել աղյուսակային տվյալների հետ՝  $\alpha = 0.01$  նշանակալիության մակարդակի դեպքում՝  $F^{աղյուս}_{7,16} = 4,026$ : Հաշվի առնելով, որ  $F^{հաշվ}_{7,16} < F^{աղյուս}_{7,16}$ ՝ մոդելը ադեկվատ է:

Նույն տրամաբանությամբ ստացվել են նաև մյուս տարիների համար էլեկտրաէներգիայի պահանջարկի վրա դիտարկվող գործոնների ազդեցությունը հաշվի առնող ռեգրեսիոն հավասարությունները, որոնք ներկայացված 3-7 արտահայտություններով.

$$W_{2024} = 8015.01 + 133.21x_1 + 65.39x_6 \quad (3)$$

$$W_{2027} = 8364.57 + 209.15x_1 - 66.19x_2 - 66.51x_3 + 51.00x_4 - 47.42x_5 + 116.20x_6 - 46.58x_7 \quad (4)$$

$$W_{2030} = 9117.73 + 252.05x_1 - 105.49x_2 - 103.62x_3 - 69.24x_4 - 80.56x_5 + 90.70x_6 - 85.08x_7 \quad (5)$$

$$W_{2033} = 9485.09 + 311.4x_1 - 44.86x_2 - 45.34x_3 + 173.87x_6 \quad (6)$$

$$W_{2036} = 9692.31 + 327.91x_1 - 66.74x_2 + 143.99x_6 - 60.72x_7 \quad (7)$$

Ստացված հավասարումներում ադեկվատության հիպոթեզի ստուգման արդյունքում սպացուցվեց, որ ադեկվատության սպահովման նպատակով լրացուցիչ գործոնների ներմուծման անհրաժեշտություն չի առաջանում:

Հղումային սցենարների ազդեցիկ գործոնների վերոնշյալ շեղման դեպքում էլեկտրաէներգիայի պահանջարկի մեծության շեղումը հղումային սցենարից ըստ տարիների և գործոնների ներկայացված է աղյուսակ 1-ում:

Աղյուսակ 1

Տարի	Էլեկտրաէներգիայի պահանջարկի մեծության շեղումը հղումային սցենարից ըստ ազդեցիկ գործոնների, %							Գործոնների գումարային ազդեցությունը
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	
2021	1.03	-	-	-	-	0.56	-	1.59
2024	1.66	-	-	-	-	0.82	-	2.48
2027	2.50	-0.79	-0.80	-0.61	-0.57	1.39	-0.56	7.21
2030	2.76	-1.16	-1.14	-0.76	-0.88	0.99	-0.93	8.63
2033	3.28	-0.47	-0.48	-	-	1.83	-	6.07
2036	3.38	-0.69	-	-	-	1.49	-0.63	6.18

**Երրորդ գլխում** մշակվել է հզորության պահանջարկի կանխատեսման մեթոդիկա՝ հաշվի առնելով մուտքային գործոնների անորոշությունը: Մեթոդիկայի մշակման նպատակով իրականացվել է էլեկտրական բեռնվածքի կանխատեսման մեթոդների համեմատական վերլուծություն, որի արդյունքները ցույց են տվել, որ ադապտիվ նեյրո ռշ հստակ ելքով մոդելը (այսուհետ՝ ԱՆՖԻՄ) առանձնանում է ուսուցման բարձր արագությամբ, կանխատեսման բարձր ճշտությամբ:

Հզորության պահանջարկի փոփոխությունը բնութագրվում է վառ արտահայտված սեզոնային, օրեկան, շաբաթական պարբերական տատանումներով:

Նշված գործոնների 2016 թվականի փաստացի մեծությունների՝ հզորության պահանջարկի վրա ազդեցության կարևորության վերլուծության արդյունքները ցույց տվեցին, որ հզորության պահանջարկի մեծության վրա առավել մեծ ազդեցություն ունեն օրվա ժամը և միջին օրեկան էլեկտրաէներգիայի պահանջարկը՝ համապատասխանաբար 0.439 և 0,383, ինչպես նաև արտաքին օդի ջերմաստիճանը՝ 0,091:

Հաշվի առնելով նշվածը, հզորության պահանջարկի կանխատեսման ԱՆՖԻՄ մոդելի համար ընդունվել են վեց մուտքային փոփոխականներ, մասնավորապես՝ օրվա ժամը, արտաքին օդի ջերմաստիճանը,



ամպամածության մակարդակը, օրվա բնույթը, լուսավոր ժամերը և միջին օրեկան էներգիայի քանակը: Որպես ելքային մեծություն՝ հզորության պահանջարկը՝  $P$ , ԳՎտ:

Մոդելի կիրառման արդյունքում ստացվել է աղապտիվ ոչ հստակ ելքով համակարգ, որը հնարավորություն է տալիս ընդունելի ճշտությամբ կանխատեսել հզորության պահանջարկը:

ԱՆՖԻՍ կանխատեսումային մոդելի կիրառմամբ հզորության պահանջարկի երկարաժամկետ կանխատեսման համար անհրաժեշտ է մոդելի մուտքում ներմուծել վերոնշյալ հինգ մուտքային փոփոխականների կանխատեսումային տվյալները:

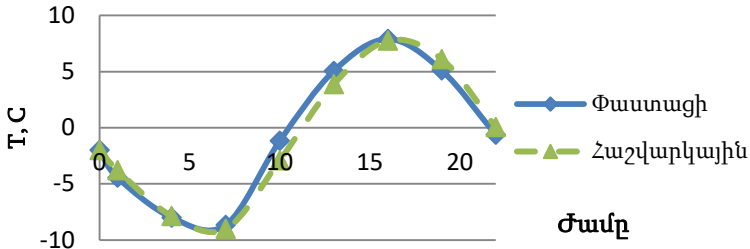
*Ջերմաստիճանի տատանումների* ուսումնասիրության նպատակով դիտարկվել են ՀՀ ազգային վիճակագրության ծառայության «Շրջակա միջավայրը և բնական պաշարները» տեղեկատվության շրջանակում 2006-2016 թվականների ընթացքում ՀՀ-ում ամսական նվազագույն և առավելագույն միջին ջերմաստիճանները: Հաշվի առնելով ջերմաստիճանների բերված միջակայքերը, ենթադրում ենք, որ յուրաքանչյուր ամսվա օրերին՝ ջերմաստիճանը կարող է ընդունել ցանկացած պատահական արժեք՝ նվազագույն և առավելագույն մեծությունների միջակայքում: Այսինքն, ընդունում ենք, որ օրվա ջերմաստիճանը պատահական մեծություն է տվյալ ամսվա  $[T_{min}, T_{max}]$  միջակայքում և ունի հավասարաչափ բաշխվածություն, երբ բոլոր մեծությունները նույն հավանականությամբ կարող են ընդունել այս կամ այն նշանակությունը:

Վիճակագրական մոդելավորման Մոնտե Կառլոյի մեթոդի կիրառմամբ յուրաքանչյուր միջակայքում գեներացվել են երկուական պատահական մեծություններ, որոնցից մեծն ընդունվել է որպես առավելագույն, իսկ փոքրը՝ նվազագույն արժեք: Ջերմաստիճանի տատանման մոդելավորման համար ընդունվել է սինուսոիդ ֆունկցիա:

Քանի որ մեզ հայտնի է ֆունկցիայի տեսքը և օրեկան նվազագույն և առավելագույն ջերմաստիճանները, ուստի օրեկան ջերմաստիճանային գրաֆիկի ընդհանուր տեսքը ներկայացնենք հետևյալ արտահայտությամբ.

$$T(t) = \frac{T_{min} + T_{max}}{2} + \frac{T_{max} - T_{min}}{2} \sin\left(\frac{24}{4}t\right) \quad (8)$$

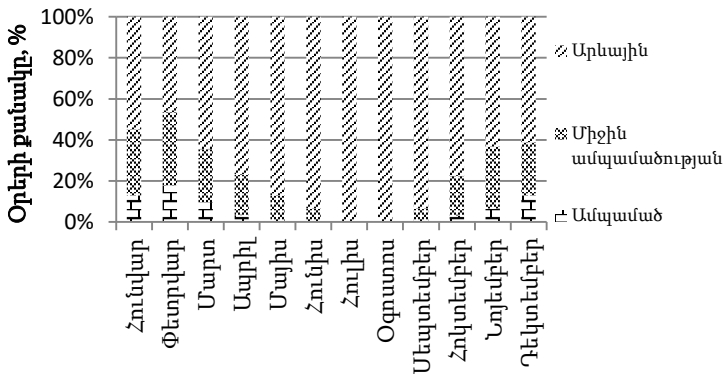
Գարնանային գիշերահավասարի օրվա՝ մարտի 21-ի, փաստացի և հաշվարկային ջերմաստիճանները 2016 թվականի համար ներկայացված են նկար 1-ում:



**Նկար 1. Փաստացի և հաշվարկային ջերմաստիճանները զարնանային գիշերահավասարի՝ մարտի 21-ի, համար**

Արդյունքները ցույց են տալիս, որ ստացված հավասարությունը հնարավորություն է տալիս թույլատրելի ճշտությամբ մոդելավորել ջերմաստիճանի փոփոխությունն օրվա ընթացքում:

Ամպամածության մակարդակը կանխատեսումային ժամանակահատվածի համար որոշելու նպատակով դիտարկվել է ըստ ամիսների ամպամածության օրերի քանակի վերաբերյալ տեղեկատվությունը, որը բերված է նկար 2-ում:



**Նկար 2. ՀՀ-ում արևային, միջին ամպամած և ամպամած օրերի հարաբերակցությունն ըստ ամիսների**

Ամպամածությունը ներկայացնենք ըստ մակարդակների հետևյալ միջակայքերով.

$$C \begin{cases} 0 \leq C \leq 30, & \text{արևային} \\ 30 < C \leq 65, & \text{միջին ամպամածություն} \\ 65 < C \leq 100, & \text{ամպամած} \end{cases} \quad (9)$$

Microsoft Office Excel ծրագրային փաթեթում պատահական թվերի տվյալ օգնությամբ գեներացվել են դիտարկվող ամսվա համապատասխան միջակայքում կոնկրետ օրերի համարները՝ ամսաթվերը: Մասնավորապես,

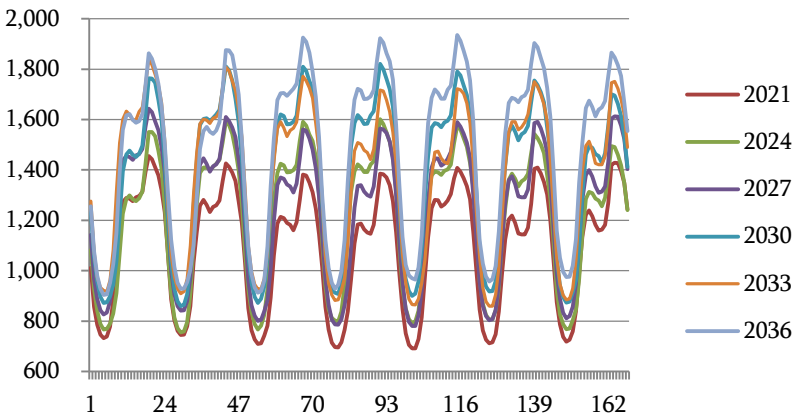
մարտ ամսվա համար գեներացվել են 20 պատահական թվեր, որոնք գրանցվել են որպես արևային օրեր: Մնացած օրերի համար գեներացվել այլ 8 ամսաթվեր, որոնք գրանցվել են որպես միջին ամպամածության օրեր: Վերջապես մնացած 3 օրերը դիտարկվել են որպես ամպամած օրեր:

Ընդունելով որ ամպամածությունն ունի հավասարաչափ բաշխվածություն, որոշվել է վերջինիս մակարդակը օրվա կոնկրետ ժամին՝ նվազագույն և առավելագույն միջակայքում:

*Օրվա լուսավոր ժամերի* որոշումն իրականացվել է Ալմանախ ֆորքոմվոյութերս ալգորիթմի օգնությամբ, որը հնարավորություն է տալիս մեկ րոպե ճշտությամբ գնահատել արևածագի և մայրամուտի ժամերը:

*Միջին օրեկան էներգիայի քանակի* կանխատեսումն իրականացվել է ստենսխոսության երկրորդ գլխում ներկայացված մեթոդիկայի հիման վրա: Մասնավորապես, մեթոդիկայի կիրառմամբ հաշվարկվել են կանխատեսումային տարիների ընթացքում էներգիայի պահանջարկի մեծությունները: Ուսումնասիրելով 2011-2017 թվականների ընթացքում էլեկտրաէներգիայի սպառման ծավալներն ըստ ամիսների և յուրաքանչյուր ամսվա՝ էլեկտրական էներգիայի բաշխման համար ընդունելով նորմալ բաշխման գիտավարկածը հաշվարկվել են էլեկտրական էներգիայի սպառման ծավալներն ըստ ամիսների և օրերի:

Մշակված ԱՆՖԻՍ համակարգի մուտքային շերտի բոլոր տվյալների որոշումից հետո, որոշվել է հզորության երկարաժամկետ պահանջարկի մեծությունը:



**Նկար 3. 2021-2036 թվականների դեկտեմբեր ամսվա շաբաթական բեռի գրաֆիկները:**

Հաշվի առնելով ստացված տվյալները GTMax ծրագրային փաթեթի կիրառմամբ իրականացվել է ընտրված շաբաթների համար հզորության

կանխատեսվող բեռի օպտիմալ բաշխում արտադրող կայանների միջև՝ հաշվի առնելով էներգահամակարգում առկա սահմանափակումները:

Խնդրի լուծման համար մոդելավորվել են հաղորդման էլեկտրական ցանցերում կորուստների մեծությունները, բոլոր կայանների սեփական կարիքների տոկոսային արժեքները, հզորության արտադրանքի սահմանափակումներն ըստ կայանների և այլն: Նպատակային ֆունկցիա է ընտրվել հզորության ներքին պահանջարկի բավարարման և հզորության արտահանման միջպետական պայմանագրերով նախատեսված ծավալների ապահովումը՝ ինքնարժեքի նվազագույն մեծության ապահովմամբ:

$$C_T = \sum_i^m C_i(P_{Gi}), \quad (10)$$

$$\text{այնպես, որ } P_G - P_{սկ} - P_{ներք} - P_{ա} - P_{կորուստներ} = 0 \quad (11)$$

$$P_i \leq P_i \leq P_i$$

որտեղ՝

$C_T$ -ն բոլոր դիտարկված կայանների հզորության արտադրության ինքնարժեքն է՝ \$/ՄՎտ: (ԲԷՑ-ի և ՀԿ-ի ծախսերը հաշվարկի ընթացքում չեն դիտարկվել, քանի որ կախված չեն հզորության արտադրությունից՝ անփոփոխ են),

$i$ -ն դիտարկված արտադրող կայանների քանակը,

$P_{Gi}$ -  $i$ -րդ կայանի բեռնվածքի մեծությունն է՝ ՄՎտ,

$P_G$ -ն համակարգում դիտարկված բոլոր կայանների հզորությունների գումարն է՝ ՄՎտ,

$P_{սկ}$  - համակարգում դիտարկված բոլոր կայանների սեփական կարիքներն են՝ ՄՎտ,

$P_{ներք}$  - հզորության ներքին պահանջարկը՝ ՄՎտ,

$P_{ա}$  - միջպետական պայմանագրերով նախատեսված արտահանման ծավալներն են՝ ՄՎտ,

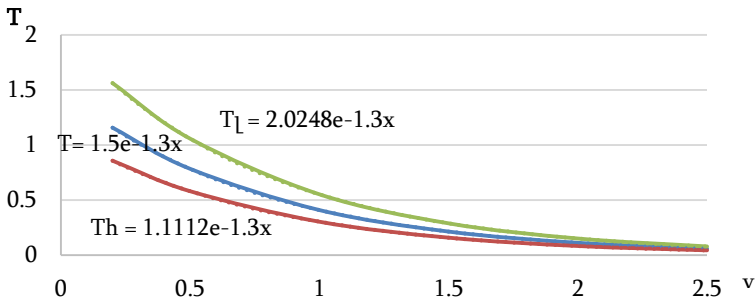
$P_{կորուստներ}$ ՝ կորուստները բարձր լարման ցանցերում՝ ՄՎտ:

**Չորրորդ գլխում** մշակվել է էներգահամակարգի տարրերի փոխարինման վերաբերյալ որոշման կայացման ռիսկերի գնահատման մեթոդիկա և ոչ սիմետրիկ գաուսյան ֆունկցիաներով ներկայացված ոչ հստակ եզրակացությունների հետ կապված ռիսկերի գնահատման բանաձևը:

Մեթոդիկայի և բանաձևի մշակման անհրաժեշտությունը պայմանավորված է էլեկտրաէներգետիկական համակարգի զարգացման երկարաժամկետ պլանավորման ժամանակ դրա տարրերի կյանքի տևողության որոշման խնդրի արդիականությամբ՝ հաշվի առնելով, որ էներգահամակարգի տարրերի ձեռագրման վրա ազդող գործոնների փոփոխության մակարդակները ժամանակի ընթացքում անորոշ են:

Վերջին տարիներին լայն կիրառություն են գտել մոտեցումներ, համաձայն որոնց սարքավորման ֆիզիկական աշխատանքի մնացորդային ժամկետը պատահական մեծություն է, որը հնարավոր է նկարագրել հավանականյին մոդելներով: Հավանականյին մեթոդների կիրառմամբ և նվազագույն մուտքային տեղեկատվության պայմաններում սարքավորման ծառայության ժամկետի կանխատեսման նպատակով կիրառվում է շահագործման նախորդող ժամանակահատվածի և մնացորդային միջին ժամկետի կախվածության կորը: Կորի ստացման ընթացքում դիտարկված տվյալները անորոշություն են պարունակում, որոնց բացասական ազդեցությունը փոխարինման վերաբերյալ որոշման կայացման վրա մեղմելու նպատակով առաջարկվում է դիտարկել ծառայության մնացորդային ժամկետի հաշվարկման հնարավոր սցենարներ: Մասնավորապես, հոռետեսական սցենարում կորի ստացման համար իրականացվող հաշվարկում դիտարկել, որ մինչև շահագործման նորմատիվային ժամկետի լրանալը շահագործումից հանվող սարքավորումների քանակը չի գերազանցում 20%-ը, իսկ լավատեսական սցենարում՝ 5%-ը:

Արդյունքում կունենանք կորերի հետևյալ տեսքերը:

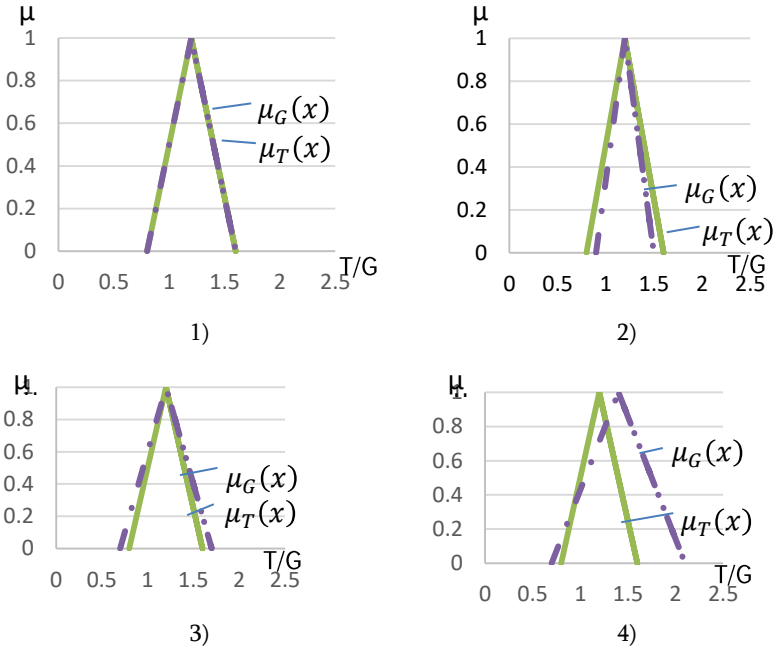


*Ծանոթություն՝ առանցքները ներկայացված են կողավորված՝ հարաբերական միավորներով*

**Նկար 4. Ծառայության մնացորդային ժամկետի (T) կախվածությունը նախորդող ծառայության ժամկետից ( $\nu$ ) ըստ սցենարների՝  $T_1$  – լավատեսական սցենար,  $T_h$  – հոռետեսական սցենար և T հաշվարկային:**

Վերջին տարիներին ռիսկերի գնահատման նպատակով առավել մեծ կիրառություն են ստանում ոչ հստակ բազմություններով մոդելները որտեղ ոչ հստակ փոփոխականները բնութագրվում են պատկանելիության ֆունկցիաների միջոցով: Ոչ հստակ բազմությունների կիրառմամբ ռիսկերի գնահատման մոդելներից առավել արդիական և լայն կիրառություն ունի V&M մեթոդը:

Նշված մեթոդի գործնական կիրառության ժամանակ ի հայտ են եկել իրավիճակներ, որոնք հնարավորություն չեն տալիս գնահատել որոշման կայացման ռիսկը: Մասնավորապես, հավանակային մեթոդով՝ սցենարներով, գնահատման և փորձագիտական գնահատման եղանակներով ստացված ծառայության  $i$ -րդ տարում ծառայության միջին ժամկետի սիմետրիկ պատկանելիության ֆունկցիաների՝  $\mu_T(x)$ ,  $\mu_G(x)$  հնարավոր չորս մասնակի դեպքերի համար իրականացվել է V&M մեթոդի արդյունավետության գնահատում:



**Նկար 5. Պատկանելիության ֆունկցիաների փոխդասավորությունները**

Մեթոդի կիրառության դեպքում, 1-3 տարբերակների դեպքում ստացվում են նույն արդյունքը՝  $V\&M1)=V\&M2)=V\&M3)=0.5$ : Մինևույն ժամանակ, փոխարինման վերաբերյալ որոշում կայացնելու ռիսկերի գնահատման տեսանկյունից խելամիտ է ենթադրել, որ  $Risk(u)_3 > Risk(u)_1 > Risk(u)_2$ , քանի որ հոռետեսական սցենարում 3) տարբերակում փոխարինման միջին ժամկետն ավելի երկար կլինի փորձագետի կողմից գնահատված ժամկետից  $L_{T(0)} > L_{G(0)}$ , իսկ 1) տարբերակում՝  $L_{T(0)} = L_{G(0)}$  և վերջապես 2) տարբերակում՝  $L_{T(0)} < L_{G(0)}$ : Որոշում կայացնելու տեսանկյունից առավել խնդրահարույց է 4) տարբերակը, երբ  $\underline{T} < \underline{G}$  և  $V\&M = 0.79$ : Ոչ միանշանակությունը պայմանավորված է այն հանգամանքով, որ այս դեպքում

հաշվարկային ծառայության միջին ժամկետը ավելի երկար է քան փորձագետի գնահատականով ներկայացվածը, այսինքն տեղի ունի  $L_{T(0)} > L_{G(0)}$  պայմանը:

Հայտնաբերված թերության պատճառը կայանում է ռիսկի հաշվարկման ընթացքում Թեյլորի ֆունկցիայի ընտրության մեջ, որն ընդունում է 0 կամ 1 դիսկրետ մեծությունները: Նշված թերությունը վերացնելու նպատակով առաջարկվում է կիրառել Տագուտիի միջին կորուստների ֆունկցիան, որի արժեքը որակի կորստի գնահատման խնդիրներում որոշվում է հետևյալ արտահայտությամբ.

$$\Phi = \int_{x_1}^{x_2} L(x), f(x) dx \quad (12)$$

որտեղ  $x$ - որակի ցուցանիշի չափվող արժեքն է,  $L(x) = c(x - x_0)^2 - x$  կետում Տագուտիի ֆունկցիայի արժեքն է,  $x_0$  - որակի ցուցանիշի նոմինալ նշանակությունն է,  $c$  - մասշտաբի գործակիցն է,  $f(x)$  - որակի ցուցանիշի բաշխման խտությունն է:

Տագուտիի կորստի ֆունկցիան ադապտացվել է էներգահամակարգերի տարրերի փոխարինման վերաբերյալ որոշման կայացման խնդրին նույն չորս դեպքերի համար հաշվարկվել է ռիսկի մեծությունը: Արդյունքում

1.  $R = 1$ , ապա նկար 5-ի 1), 2) և 3) տարբերակներում, ռիսկի ֆունկցիան կընդունի համապատասխանաբար  $Risk_1(u) = 1$ ,  $Risk_2(u) > 1$  և  $Risk_3(u) < 1$ .
2.  $R > 1$ , ապա  $Risk_2(u) > Risk_1(u) > 1$  և  $Risk_3(u) = 1$ .
3.  $R < 1$ , ապա  $Risk_2(u) < Risk_1(u) > Risk_1(u) < 1$  և  $Risk_3(u) = 1$ :

Այսպիսով, Տագուտիի կորստի ֆունկցիայի կիրառությունը հնարավորություն տվեց ոչ միայն հաշվարկել վերջինիս քանակական մեծությունը, այլև տարբերակել նախընտրությունների այլընտրանքները:

Հարկ է նշել, որ ընդունելով  $R = 1$  նկար 5-ի 4) տարբերակի համար ռիսկ ֆունկցիան կազմում է  $Risk_4(u) = 0.89 < 1$ :

Հաշվի առնելով վերը նշվածը, առաջարկվել է ռիսկերի հաշվարկման նոր մոդել, որում որպես պատկանելիության ֆունկցիաներ դիտարկվել են ասիմետրիկ գաուսյան ֆունկցիաների օրինակներ՝  $\mu_L(x)$  և  $\mu_G(x)$ :

$$\begin{aligned} R = P(\theta)c \left( \left( \lambda_{R_{G(\alpha)}} + S(T) \right)^2 (1 - \varepsilon) - \int_{\varepsilon}^1 \lambda_{L_{G(\alpha)}} \lambda_{R_{G(\alpha)}} d\alpha \right. \\ \left. - \left( \lambda_{R_{G(\alpha)}} + S(T) \right) \int_{\varepsilon}^1 (\lambda_{R_{G(\alpha)}} - \lambda_{L_{G(\alpha)}}) d\alpha \right. \\ \left. + \frac{1}{3} \int_{\varepsilon}^1 (\lambda_{L_{G(\alpha)}} + \lambda_{R_{G(\alpha)}})^2 d\alpha \right) W(\theta) \end{aligned} \quad (13)$$

որտեղ՝  $P(z|\theta)$  - իրատեսականության ֆունկցիան է, որն իրենից ներկայացնում է  $\theta$  իրադրության ժամանակ  $z$  տվյալների հավանականությունը,  $W(\theta)$  - հնարավոր  $\theta$  իրադրությունների հավանականությունների բաշխման խտությունն է:

Տագուտի կորուստների ֆունկցիայի կիրառմամբ ստացված արտահայտության գործնական կիրառությունը հնարավորություն է տվել կարճ ժամանակում, ընդունելի ճշտությամբ գնահատել սարքավորման փոխարինման նպատակահարմարությունը՝ նվազագույն մուտքային տվյալների և աշխատանքային ռեսուրսների պարագայում, ինչը հաստատված է նաև «Հայաստանի էլեկտրական ցանցեր» ՓԲԸ-ի կողմից:

### **ԱՏԵՆԱՆՈՍՈՒԹՅԱՆ ՀԻՄՆԱԿԱՆ ԵԶՐԱԿԱՅՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ ԵՎ ԱՐՑՈՒՆՔՆԵՐԸ**

Էլեկտրաէներգետիկական համակարգի ռեժիմների երկարաժամկետ կանխատեսման ընթացքում անորոշության գործոնի ազդեցությունը մեղմացնելու նպատակով ատենախոսության մեջ բերված արդյունքներից կարող ենք կատարել հետևյալ եզրակացությունները.

- ✓ էլեկտրաէներգիայի պահանջարկի վրա ազդող գործոնների որոշակի շեղումների դեպքում վերջինիս շեղման աստիճանը գնահատելու նպատակով առաջարկվում է կիրառել պլանավորման տեսության մեթոդաբանությունը.
- ✓ էլեկտրաէներգիայի պահանջարկի վրա դիտարկված բոլոր տարիներին առավել ազդեցիկ են ՀՆԱ-ի և մեծամասամբ սպասարկման ոլորտի մասնաբաժնի հղումային սցենարից շեղումները.
- ✓ հզորության պահանջարկի երկարաժամկետ կանխատեսման նպատակով հնարավոր մեթոդների համեմատական ուսումնասիրության արդյունքում ընտրվել է ԱՆՖԻՄ համակարգը, որը հնարավորություն է տալիս բարդ, ոչ գծային և ոչ հստակ տվյալների հետ աշխատանքում ապահովել կանխատեսման բարձր ճշտություն.
- ✓ հզորության պահանջարկի վրա որոշ գործոնների ազդեցության կարևորության վերլուծության արդյունքները ցույց տվեցին, որ դրանցից առավել մեծ ազդեցություն ունեն օրվա ժամը և միջին օրեկան էլեկտրաէներգիայի պահանջարկը՝ համապատասխանաբար 0.439 և 0,383, ինչպես նաև արտաքին օդի ջերմաստիճանը՝ 0,091, իսկ մյուս փոփոխականների ազդեցությունները միջինում կազմում են 0,029.
- ✓ հզորության պահանջարկի վրա ազդեցիկ գործոնների երկարաժամկետ կանխատեսման նպատակով առաջարկվող գործիքների և մոտեցումների



կիրառության արդյունքում հնարավորություն է ստեղծվել մեղմացնել վերջինների երկարաժամկետ կանխատեսման անորոշությունը և բավարար ճշտության գնահատել հզորության պահանջարկի կանխատեսվող մեծությունները.

- ✓ Էլեկտրաէներգետիկական համակարգի ռեժիմների երկարաժամկետ կանխատեսման արդյունքների համաձայն, հաշվի առնելով մոդելավորման ընթացքում ընդունված սահմանափակումներն ՀԱԷԿ-ի նորոգման նպատակով շահագործումից հանված լինելու և նոր ԱԷԿ-ի կառուցման հնարավորության բացակայության վերաբերյալ, ՀՀ ներքին պահանջարկի և արտահանման ծավալների ծածկման նպատակով անհրաժեշտ է լրացուցիչ հզորությունների կառուցում, մասնավորապես ՋԷԿ կամ հարևան երկրներից հզորությունների ներմուծում.
- ✓ Էներգահամակարգի տարրերի ծառայության մնացորդային ժամկետի գնահատման մոդելում ոչ հստակ բազմությունների և Տագուտիի կորուստների ֆունկցիայի կիրառումը հնարավորություն է տալիս մեծացնել ռիսկի գնահատման արդյունավետությունը, նվազեցնել փոխարինման վերաբերյալ որոշման կայացման ռիսկը և ոչ միայն հաշվարկել ռիսկի քանակային մեծությունը, այլև տարբերակել նախընտրությունների այլընտրանքները:

### **ԱՏԵՆԱՆՈՍՈՒԹՅԱՆ ՀԻՄՆԱԿԱՆ ԱՐԴՅՈՒՆՔՆԵՐԸ ՀՐԱՏԱՐԱԿՎԵԼ ՀԵՇԵՎՅԱԼ ՊԱՐԲԵՐԱԿԱՆՆԵՐՈՒՄ**

1. Т.С. Гнуни, В.О Саркисян, Г.Л. Колян К вопросу прогнозирования долгосрочного спроса на энергию в Армении.- Вестник инженерной академии Армении,-Ереван.: 2007. Т4, №3,- с. 355-360.
2. Տ.Ս. Գնունի, Գ. Լ. Կոլյան Էլեկտրաէներգետիկայի ոլորտի մրցակցային վերլուծություն SWOT մեթոդի կիրառմամբ ՀՊՃՀ (Պոլիտեխնիկ) Լրաբեր: Երևան 2008, մաս 2, էջ 842-845.
3. Т.С. Гнуни, В.О Саркисян, Г. Л. Колян Анализ результатов применения метода факторной декомпозиции к задачам прогнозирования долгосрочного спроса на энергию в Армении.- Энергетика,-Минск.:2008, №4, с. 11-19.
4. Գ.Լ. Կոլյան ՀՀ էլեկտրաէներգիայի պահանջարկի երկարաժամկետ կանխատեսում անորոշության պայմաններում, Հայաստանի պետական ճարտարագիտական ակադեմիա, Լրաբեր: Երևան 2010, հատոր 7, №1, էջ 63-68.
5. Ա.Լ. Շեկյան Գ.Լ. Կոլյան Նորամուծական գործունեության ռիսկը էլեկտրաէներգետիկայի ոլորտում և նրա կառավարման գործընթացը.- Հայաստանի պետական ճարտարագիտական ակադեմիա, Լրաբեր: Երևան 2013, հատոր 10, №2, էջ 211-215.

6. S.U. Գնունի, Գ. Լ. Կոլյան Անորոշության պայմաններում ներդրումային նախագծերի ռիսկի գնահատման մեթոդ՝ ոչ հստակ բազմությունների կիրառմամբ.-«Միխթար Գոշ» գիտամեթոդական հանդես: Երևան 2013, 7-9(38), էջ 153-156.
7. Г.Л. Колян Оценка чувствительности прогнозируемого спроса на электроэнергию к изменению влияющих факторов.- Вестник, Национального политехнического университета Армении: Энергетика, Ереван 2016, №2, с. 66-72.
8. S.U. Գնունի, Գ.Լ. Կոլյան Էներգահամակարգի տարրերի ծառայության մնացորդային ժամկետի որոշումը անորոշության պայմաններում.- ՀՀ գիտությունների ազգային ակադեմիա, Տեղեկագիր: Երևան 2018, Տեխնիկական գիտություններ հատոր 7, №3, էջ 290-299:

**КОЛЯН ГАЯНЕ ЛЕНОЕВНА**  
**ОЦЕНКА РИСКОВ ДОЛГОСРОЧНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ**  
**РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ**

**АННОТАЦИЯ**

Основным предварительным условием обеспечения безопасности электроэнергетических систем обеспечение баланса производства и спроса на электроэнергию и соответствующего объема производственных мощностей. В процессе обеспечения указанных условий необходимо учесть периодичность эксплуатации – при необходимости реконструировать элементы систем или внедрить новые, а также предпринять меры по снижению воздействия отклонений прогнозируемого долгосрочного спроса электроэнергии на указанный процесс.

Учитывая, что величина спроса на электроэнергию, в числе прочих, значительно зависит от экономических показателей, климатических условий, изменение которых сопровождается значительной неопределенностью, прогнозируемые и фактические величины могут значительно отличаться в течение времени и привести к увеличению ошибки прогнозирования.

Следующим важным предусловием для обеспечения безопасности электроэнергетических систем - наличие необходимых мощностей. В частности, оценка технического состояния элементов системы в целях оценки факторов, влиявших на принятие решения о замене элемента.

Цель данной диссертационной работы развитие существующих методов и создание новых математических моделей, которые предоставят возможность смягчить воздействие факторов неопределенности при прогнозировании спроса на электроэнергию, а также увеличить точность принятия решения о замене элементов системы.

В указанных целях были осуществлены следующие работы:

- определение чувствительности прогнозирование долгосрочного спроса на электроэнергию к влияющим факторам с применением метода экспериментального планирования,

- разработка нейронной не четкой модели прогнозирования спроса на мощность,
- разработка алгоритма входных данных в модели прогнозирования спроса на мощность,
- оптимальное покрытие прогнозируемого спроса на мощность,
- оценка остаточного срока службы элементов энергосистем по сценариям,
- расчет риска оценки остаточного срока службы оборудования применением функции потерь Тагутти.

**GAYANE KOLYAN LENO**  
**RISK ASSESSMENT OF LONG-TERM FORECASTING OF THE MODES OF**  
**THE ELECTRIC POWER SYSTEM**

**ABSTRACT**

The main prerequisite for ensuring the safety of power system is ensuring the balance of production and demand for electricity and the corresponding capacity production. In the process of ensuring the specified conditions, it is necessary to take into account the frequency of operation - if necessary, reconstruct the elements of the system or implement new ones, as well as take measures to reduce the impact of long-term electricity demand on this process.

Taking into account that the demand for electricity, among others, significantly depends on economic indicators, climatic conditions, the change of which is accompanied by considerable uncertainty, the predicted and actual values may differ significantly over time and lead to an increase in forecasting error.

The next important precondition for ensuring the safety of power systems is the availability of the necessary capacities. In particular, the assessment of the technical condition of the elements of the system in order to assess the factors that influenced the decision to replace the element.

The purpose of this dissertation is the development of existing methods and the creation of new mathematical models that will provide an opportunity to mitigate the impact of uncertainty factors in forecasting electricity demand, as well as to increase the accuracy of the decision to replace system elements.

For these purposes, the following work was carried out:

- ✓ determination the sensitivity of forecasting the long-term demand for electricity to influencing factors using experimental planning method,
- ✓ development of a neuro fuzzy model for predicting the power demand,
- ✓ development of an input data algorithm in the power demand forecasting model,
- ✓ optimal coverage of the projected demand for power,

- ✓ assessment of the residual service life of the power system elements according to scenarios
- ✓ equipment residual life assessment risk calculation using the Tagutti loss function.

