

**Հ Ա Յ Ա Ս Տ Ա Ն Ի Ա 2 Գ Ա Յ Ի Ն Պ Ո Լ Ի Տ Ե Խ Ն Ի Կ Ա Կ Ա Ն
Հ Ա Մ Ա Լ Ս Ա Ր Ա Ն**

Խ Ա Չ Ա Տ Ր Յ Ա Ն Ռ Ո Ւ Բ Ե Ն Գ Ե Վ Ո Ր Գ Ի

**Շ Ո Գ Ե Գ Ա 2 Ա Յ Ի Ն Է Ն Ե Ր Գ Ա Բ Լ Ո Կ Ն Ե Ր Ի
Ա Ր Դ Յ Ո Ւ Լ Ն Ա Վ Ե Տ Ո Ւ Թ Յ Ա Ն Բ Ա Ր Զ Ր Ա Ց Ո Ւ Մ Ը
Ջ Ե Ր Մ Ա Յ Ի Ն Տ Ր Ա Ն Ս Ֆ Ո Ր Մ Ա Տ Ո Ր Ն Ե Ր Ի
Օ Գ Տ Ա Գ Ո Ր Ծ Մ Ա Մ Բ**

Ե .14.03-«Ջ երմաէն երգե տիկա»մասնագիտությամբ
տեխնիկական գիտությունն երիթեկնածունի
գիտականաստիճանի հայցմանատենախոսության
Ս Ե Ղ Մ Ա Գ Ի Ր

Ե Ր Ե Վ Ա Ն 2017

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ АРМЕНИИ

ХАЧАТРЯН РУБЕН ГЕВОРГОВИЧ

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПАРОГАЗОВЫХ ЭНЕРГБЛОКОВ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕПЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.14.03 – “Теплоэнергетика”

ЕРЕВАН 2017

Ատենախոսությունների թեման հաստատվել է
Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական
համալսարանում:

Գիտական ղեկավար՝ տ.գ.թ., դոց. Լ.Ս.
Հովհաննիսյան
Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝ տ.գ.դ., պրոֆ. Ս.Ա.
Մինասյան
տ.գ.թ. Ս.Շ.Թաթևիկյան

Առաջատար կազմակերպչական ՝ «ԱՍԳՆՈՍ
ԱՐՄԵՆԻԱ» ՓԲԸ
«Հրազդան-5» հիմնարկ

Պաշտպանությունը կայանալու է **2017թ. հունիսի 7-
ի ն, ժամը 15:00-ի ն** ՀԱՊՀ-ում գործող ԲՈՀ-ի
«Էներգետիկա» 043 մասնագիտական խորհրդի
նիստում:
Հասցեն՝ 0009, Երևան, Տերյան փ., 105:

Ատենախոսությունը կարելի է ծանոթանալ ՀԱՊՀ-ի
գրադարանում:

Սեղմագիրն առաքված է 2017թ. հունիսի 6-ին:

Մասնագիտական խորհրդի
գիտական քարտուղար, տ.գ.թ., դոց. Ա.Ա.Գևորգյան

Тема диссертации утверждена в Национальном политехническом университете Армении.

Научный руководитель:	к.т.н., доц.	А.С. Оганесян
Официальные оппоненты:	д.т.н., проф.	С.А. Минасян
	к.т.н.	С.Ш. Татикян

Ведущая организация: ЗАО «ГАЗПРОМ АРМЕНИЯ»
учреждение «Раздан-5»

Защита диссертации состоится **7-го июля 2017г. в 15:00 часов** на заседании специализированного
совета ВАК 043 – «Энергетика», действующего при НПУА,
по адресу: 0009, г. Ереван, ул. Теряна, 105.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке НПУА.

Автореферат разослан 6-го июня 2017г.

Ученый секретарь Специализированного
совета, к.т.н., доц.

А.А. Геворгян

ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ԸՆԴՀԱՆՈՒՐ ԲՆՈՒԹԱԳԻՐԸ

Թեմայի արդիակնությունը:

Տնտեսական զարգացմանը գուճընթաց աճում է էլեկտրաէներգիայի պահանջարկը: Հաշվի առնելով, որ Հայաստանում սպառվող առաջնային էներգակիրների շուկայում երկու երրորդը ներկրվում է՝ տնտեսության զարգացումն ապահովելու համար էներգաարդյունավետության բարձրացմանն ուղղված քաղաքականությունն այլընտրանք չունի: Այդ կապակցությամբ ՀՀ էներգահամակարգում նկատվում է նոր տեսակի, մոդեռնիզացված ջերմային էլեկտրակայանների (ՋԷԿ) ստեղծման անհրաժեշտություն: Բարձր շահավետությամբ և մանրայնությամբ օժտված համակցված ցիկլով տեղակայանքների կառուցումը վերջին երկու տասնամյակում համաշխարհային ջերմաէներգետիկայի հիմնական միտումն է:

Հայաստանում նույնպես հնացած և ցածր արդյունավետությամբ աշխատող հզորություններին փոխարինումը, ինչպես նաև նոր արդիական տեղակայանքների ներդրումը կատարվում է ժամանակակից տեխնոլոգիաներով զագատորբինային տեղակայանքների (ԳՏՏ) հիման վրա՝ Երևանի համակցված շոգեգազային ցիկլով էլեկտրակայանում (ՀԾԳՏԷ) և Հրազդանի ՋԷԿ-ի 5-րդ էներգաբլոկում: Այս տարի Երևանում սկսվել է 234ՄՎտ հզորությամբ երկրորդ ՀԾԳՏԷ-ի շինարարությունը, որի գործարկումը նախատեսվում է 2019թ.-ին: Քանի որ ԳՏՏ-ների արտադրողականությունը և աշխատանքի արդյունավետությունը խիստ կախվածություն մեջ են մթնոլորտային պարամետրերից, ՀՀ էներգահամակարգի համար շոգեգազային ցիկլով աշխատող էներգաբլոկների էներգետիկական և արդյունավետությանն ու ցուցանիշների՝ նախագծային արժեքներին մոտեցումը ապահովող տեխնոլոգիաների մշակումը գործնական կարևոր նշանակություն ունեցող խնդիր է: Աշխարհի տարբեր երկրներում լայն տարածում են գտել մթնոլորտային օդի բարձր ջերմաստիճանի հետևանքով արտադրողականությանն անկումը փոխառուցելու նպատակով ԳՏՏ-ի կոմպրեսոր տրվող օդի հովացման տարատեսակ եղանակներ, որոնց թվին է պատկանում սառնարանային մեքենաների օգտագործումը:

Ջերմային էլեկտրակայանների աշխատանքի ընթացքում ջերմության զգալի կորուստները պայմանավորված են շոգու կոնդենսացման ջերմության և քսայուղի ու գեներատորների

ստատորներին փաթուղյախցիկներին հովացման համակարգերին ցածրպոտենցիալային ջերմուղյան արտանետմամբ մթնոլորտ: Վերոնշյալ ջերմային կորուստներին կրճատման եղանակներին ցածր կորորոդային ջերմուղյան օգտահանումն է ջերմային պոմպերով (ՋՊ): Ավանդակալ ջերմագեներատորներին համեմատաբար օգտագործումը կարող է ապահովել վառելիքի գրեթե կրկնապատիկ տնտեսում՝ նպաստելով ներկրված գազի պահանջարկի կրճատմանը՝ համա-մասնորեն կրճատելով դրա հետ կապված ջերմոցային գազերի արտանետումները:

Հետևաբար խիստ արդիական է ջերմային տրանսֆորմատորներին (ՋՏ)՝ ջերմային պոմպերի և սառնարանային մեքենաների կիրառմամբ՝ շոգեգազային էներգաբլոկների արդիականացման սխեմաների հետազոտությունը, վերլուծությունը և այնպիսի տեխնիկական լուծումների մշակումը, որոնք կնպաստեն էլեկտրական և ջերմային էներգիայի արտադրության գործող տեխնոլոգիայի կատարելագործմանը, ինչպես նաև ջերմաէներգետիկ համալիրի կողմից շրջակա միջավայրի վրա բացասական ազդեցություն նվազմանը:

Աշխատանքի նպատակը և խնդիրները:

Ատենախոսակալն աշխատանքի նպատակն է ՋՏ օգտագործմամբ ներկորոդային ջերմուղյան օգտահանման առավել արդիական սխեմաների ուսումնասիրմամբ և վերլուծությամբ այնպիսի տեխնիկական լուծումների մշակումը, որոնք թույլ են տալիս բարձրացնել շոգեգազային ՋԵԿ-երի տեխնիկատնտեսական ցուցանիշները: Դրված նպատակին հասնելու համար առաջադրվել են և լուծվել հետևյալ հիմնական խնդիրները.

- ուսումնասիրել ՀՀ-ում ջերմային պոմպերի օգտագործման նպատակահարմարությունը,
- գնահատել ՋԵԿ-երում ՋՏ կիրառման դեպքում ջերմային շահավետության ցուցանիշների փոփոխությունները և օրգանական վառելիքի տնտեսումը,
- իրականացնել աբսորբցիոն և շոգեկոմպրեսորային ջերմային տրանսֆորմատորներին համեմատական վերլուծությամբ ընտրություն հիմնավորում,
- իրականացնել ԳՏՏ-ի կոմպրեսորներ ծծվող օդի՝ սառնարանային մեքենաներով և գոլորշարար հովացման համակարգերի համեմատությունը,
- մշակել ԳՏՏ-ի աշխատանքի վրատարածաշրջանի բնակլիմայական պայմանների ազդեցություն

հաշվի առնմամբ և ԳՏՏ-ի մոլուտքում օդի հովացման դիտարկմամբ ԾԳՏ-ի ջերմային հաշվարկի մեթոդ,

- տարածաշրջանի կլիմայական պարամետրերի վիճակագրություն օգտագործմամբ, կիրառման նպատակահարմարություն ուսումնասիրմամբ և համապատասխան վերլուծությունը՝ իրականացնել ԳՏՏ-ի մոլուտքում օդի հովացման համակարգի օպտիմալ տարբերակի ընտրություն:

3 Ե տազոտու լ թյ ան գ ի տակ ան ն ո ղ ու լ յ թ ը :

1. Մշակվել է ԳՏՏ-ի էներգետիկական ցուցանիշների հաշվարկի մեթոդ, որը հաշվի է առնում կոմպրեսոր ներծծվող օդի պարամետրերից կախված՝ դրա ծախսի փոփոխությունը, կոմպրեսորի մոլուտքում ջերմաստիճանի ազդեցությունը ճնշման բարձրացման աստիճանի վրա, ինչպես նաև այրման խուլց տրվող բնական գազի և այրման արգասիքների ծավալային կազմը:
2. Առաջարկվել են երկու պարամետրերից ֆունկցիաներ՝ աբսորբցիոն ՋՏ աշխատանքային տիրույթում լիթիումի բրոմիդի ջրային լուծույթի թերմոդինամիկական պարամետրերի որոշման համար:
3. Մշակվել է կողավորված խողովակափնջերի ջերմահիդրավիկ արդյունավետությունը Է հարաբերական պարամետրի միջոցով, որպես էտալոն, ընտրված տարբերակի հետհամեմատելու որոշակի մեթոդ:
4. Մշակվել է աբսորբցիոն սառնարանային մեքենաներով հովացման համակարգի նախագծման փուլում տեխնիկատնտեսական շահավետություն հաշվարկի հիման վրա մթնոլորտային օդի առավել նպատակահարմար հաշվարկային ջերմաստիճանի գնահատման մեթոդիկա:

4 ի ղ առ ակ ան ն շ ան ակ ու լ թ յ ու ն ը :

Առաջարկված և աշխատանքում հիմնավորված տեխնիկական լուծումները թույլ են տալիս բարձրացնել ՋԷԿ-երի ջերմային շահավետությունը: Բացահայտվել են որպես տաք ջրամատակարարման և ջեռուցման աղբյուր՝ ՋԷԿ-երի տեխնոլոգիական սխեմայում ՋԴ-ների օգտագործման այնպիսի սխեմաներ, որոնց կիրառումը բավարարում է թե՛ էներգաարդյունավետության, թե՛ տնտեսական շահավետության պահանջները ամբողջ տարվա ընթացքում:

Մշակված մեթոդիկան և ծրագրային ապահովման փաթեթը կարող են օգտագործվել շահագործող և նախագծային կազմակերպությունների կողմից՝

ամառային ժամանակաշրջանում մթնոլորտային օդի բարձր ջերմաստիճանների ազդեցությամբ շոգեզագային ցիկլոկաշխատող էներգաբերական էներգետիկական և արդյունավետության ցուցանիշների վրա գնահատելու, ինչպես նաև նոր կայանների նախագծման և գործող ՋԷԿ-երի արդիականացման դեպքում, ՋՏ օգտագործմամբ հովացման համակարգի ներդրման նախագծային աշխատանքների ժամանակ:

Ատենախոսակաշխատանքի արդյունքները որոշակիորեն կարող են նպաստել ՀՀ էլեկտրաէներգետիկայի հետագա զարգացմանը, քանի որ մշակված սխեմաների ներդրման արդյունքում կաճի արդյունավետ էներգախնայողական տեխնոլոգիաների հիմնական էներգիայի արտադրությունը՝ ինչն իր հերթին կնվազեցնի երկրի տնտեսության կախվածությունը օրգանական վառելիքի ներկրումից:

Յրապարակումները:

Իրականացված հետազոտությունների հիմնական դրույթները և արդյունքները զեկուլցվել և քննարկվել են «Ջերմաէներգետիկա և շրջակա միջավայրի պաշտպանություն» ամբիոնի գիտական սեմինարներում և ՀԱԳՀ-ի ամենամյա տարեկան գիտաժողովներում (2014-2017թթ.), Օլդենբուրգի Կարլ Օսեցկու անվան համալսարանի Տնտեսագիտական կրթության ինստիտուտում (Գերմանիա) և Երևանի պետական համալսարանում «Համակարգված և կայուն էներգաարդյունավետություն Հայաստանում - SYNERGIA» նախագծի շրջանակներում կազմակերպված գիտական սեմինարներում (2015-2016թթ.):

Ատենախոսության դրույթներն ու արդյունքներն արտացոլված են 13 գիտական աշխատություններում, որոնց ցանկը բերված է սեղմագրի վերջում:

Ատենախոսության կառուցվածքը և ծավալը:

Ատենախոսությունը կազմված է ներածությունից, չորս գլուխներից, եզրակացություններից, 125 ականուն օգտագործված գրականության ցանկից և 8 հավելվածներից: Ատենախոսական աշխատանքը նդհանուր ծավալը կազմում է 188 էջ:

Պաշտպանության ներկայացվող հիմնական դրույթները:

1. ԳՏՏ-ի էներգետիկական ցուցանիշների հաշվարկի մեթոդիկա, որի կիրառմամբ հնարավոր է գնահատել փոփոխվող արտաքին պայմանների ազդեցությունը՝ հաշվի առնելով գազային վառելիքի ծավալային կազմը,

2. Լիթիոնումի բրոմիդի ջրային և ուծոնլթի թերմոդինամիկական պարամետրերի որոշման մաթեմատիկական արտահայտություններ,
3. Լայնակի կողավորմամբ խողովակափնջերի ջերմահիդրավիկ արդյունավետության համեմատման մեթոդ,
4. Երևանի ՀԾԳՏԷ-ի օրինակով ԳՏՏ-ի կոմպրեսորներ ծծվող օդի հովացման առաջարկվող համակարգերի համադրական վերլուծության արդյունքներ:

ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ՀԱՄԱՌՈՏ ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆԸ

Լեռածոնլթյունում հիմնավորված է թեմայի արդիականությունը, ձևակերպված են աշխատանքի նպատակը, գիտական նորությունը և կիրառական նշանակությունը:

Առաջին գլխում ուսումնասիրվել են ազգային տնտեսության Էներգետիկական արդյունավետությունը բնորոշող կարևորագույն պարամետրերը՝ բնակչության մեկ շնչին ընկնող Էներգասպառումը և համախառն ներքին արդյունքի Էներգատարողությունը: Ուսումնասիրվել են ՋՊ-ներով ՋԷԿ-երի տեխնոլոգիական սխեմաներում ցածր պոտենցիալային ջերմության օգտահանման տարատեսակ ուղիներ: Կատարված մանրակրկիտ վերլուծության արդյունքում ցույց է տրվել ջերմային էլեկտրակայաններում ՋՊ-ների օգտագործման շնորհիվ վառելիքի ծախսի զգալի կրճատման հնարավորությունը:

Մանրամասն նկարագրված է դրսի օդի ջերմաստիճանի ազդեցությունը ԳՏՏ-ի աշխատանքի վրա: Վերլուծվել են գոլորշացմամբ և սառնարանային մեքենաներով հովացման եղանակներին նվիրված գիտական հետազոտությունները: Երևանի ՋԷԿ-ի համակցված ցիկլով Էներգաբլոկի համար ջրային մշուշապատման հովացման համակարգ օգտագործելը տնտեսապես շահավետ է, ուստի հետաքրքրություն է ներկայացնում խոնավ մշուշային հովացման և առաջարկվող լավարկման մեթոդի՝ սառնարանային մեքենաներով հովացման կիրառման դեպքում ստացվող լավարկման համեմատումը:

Երկրորդ գլխում տրվել է ջերմային տրանսֆորմատորներին դասակարգումը, դրանց թերմոդինամիկական ցիկլերը համադրվել են ջերմային շարժիչներին ցիկլերի հետ: Ներկայացվել են ջերմային պոմպերի առավելություններն ավանդական ջերմամատակարարման համակարգերի համեմատ:

Քննարկվել են դրանց արդյունավետությանը վերաբերող հարցեր, գնահատվել է ներդրման նպատակահարմարությունը:

Հայաստանում ջերմամատակարարման ջերմաքամային համակարգերի ներդրումային գրավչությունը դեռևս ցածր է՝ պայմանավորված կապիտալ ծախսերի համեմատաբար երկար հետգնման ժամկետով: ՁՊ օգտագործումը հեռանկարային է համակցված սխեմաներում՝ գույքագրված էներգիայի այլադրյունների հետ:

Հիմնավորվել է, որ մեծ հեռանկար ունի արդյունաբերական ձեռնարկությունների ցածր պոտենցիալային ջերմային արտանետումների էներգիայի օգտահանումը ջերմային պոմպերով, հատկապես, ՁԵԿ-երի հովացման աշտարակների միջոցով շրջակա միջավայր արտանետվող ջերմության օգտահանումը:

Երրորդ գլխում

կատարվել է ՁԵԿ-երում ջերմային պոմպերի կիրառման սխեմաների համադրական վերլուծություն: Տարանջատվել է օգտահանված ջերմության օգտագործման երկու ուղղություն՝

- արտաքին ջերմային սպառիչների ջերմամատակարարման (լրացուցիչ ջերմության արտադրություն կազմակերպելու) համար,
- գոյություն ունեցող տեխնոլոգիական պրոցեսները կատարելագործելու համար:

ՁԵԿ-երի գոյություն ունեցող սխեմատիկ վերլուծումների կատարված մանրակրկիտ վերլուծության հիման վրա հաստատվել է, որ էներգաբերկների աշխատանքի ջերմային շահավետության բարձրացման տեսանկյունից ԱԲՁՊ-ները առավել հեռանկարային են շոգեկոմպրեսորայինների համեմատ, քանի որ ԱԲՁՊ-ները օգտագործում են միայն էլեկտրակայանի հիմնական տեխնոլոգիական ցիկլի ջերմային էներգիան և էլեկտրական հզորություն լրացուցիչ ծախսերի կարիք գրեթե չունեն:

Չորրորդ գլխում

ուսումնասիրվել է ԳՏՏ աշխատանքը՝ ցիկլում օգտագործվող մթնոլորտային օդի պարամետրերի փոփոխման դեպքում: Համեմատվել են կոմպրեսորի մոնտաժում օդի հովացման հիմնական եղանակների առավելությունները և թերությունները: Կատարվել է շոգեկոմպրեսորային և արսուրբցիոն սառնարանային մեքենաների ջերմատնտեսական համեմատություն: Հիմնավորվել է արսուրբցիոն սառնարանային մեքենայի միջոցով ԳՏՏ-ի կոմպրեսորների ծովող օդի հովացման համակարգի նախագծման ուսումնասիրման արդիականությունը:

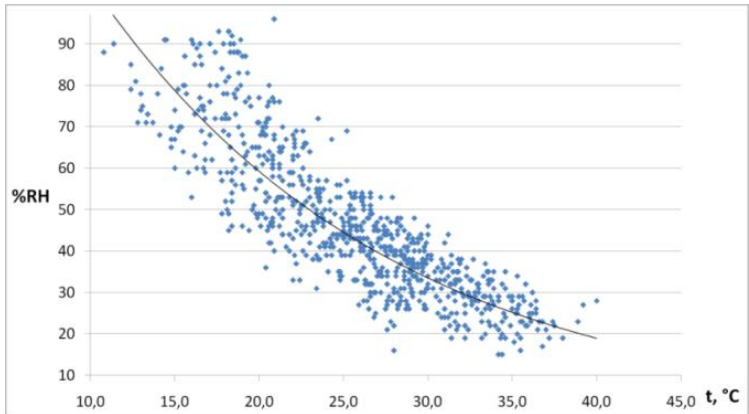
Փոփոխական կլիմայական պայմաններում ԳՏՏ-ի աշխատանքը բնութագրելու համար ստացվել է մաթեմատիկական արտահայտություն, որը բնութագրում է օդի խոստոքյան՝ $\rho_{օդ}$ կգ/մ³, կախվածությունը արտաքին օդի ջերմաստիճանից՝ t , °C, հարաբերական խոնավությունից՝ φ , և բացարձակ մթնոլորտային ճնշումից՝ P_p , Պա:

$$\rho_{օդ} = \frac{P_p}{R_{օդ}T} - 0,00132 \frac{\varphi P_p}{T}$$

$$\rho_{օդ} = \frac{P_p}{287 \cdot (273,15 + t)} - \frac{1,32 \cdot \varphi}{273,15 + t} \cdot e^{\left(\frac{16,57t - 115,72}{233,77 + 0,997t}\right)} \quad (1)$$

Երևան քաղաքի կլիմայական տվյալների հիման վրա 2016 թ. ամռան ամիսներին գրանցված ջերմաստիճանի և հարաբերական խոնավության արժեքների (Ակ.1) մշակման արդյունքում մոտարկման միջոցով ստացվել է օդի ջերմաստիճանի և հարաբերական խոնավության միջև կապի աստատող հետևյալ բանաձևը

$$\varphi = 185 \cdot e^{-0,057 \cdot t} \quad (2)$$



Ակ.1. Մթնոլորտային օդի ջերմաստիճանի և հարաբերական խոնավության կապը

Գնահատվել են կոնդենսատորում հագեցման ջերմաստիճանի և ճնշման մոտավոր արժեքները՝ արտաքին օդի ջերմաստիճանից և կոնդենսատոր տրվող շոգու ծախսի փոփոխությունից կախված (աղ.1):

Աղյուսակ 1

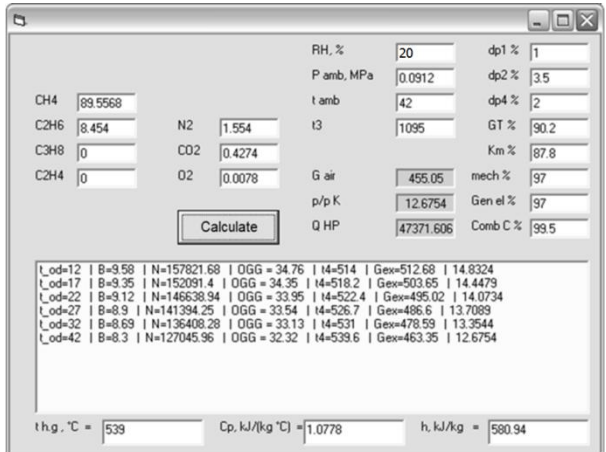
Կոնդենսատորում ճնշումը $t_{ո}$ -ի տարբեր արժեքների դեպքում

Արտաքին օդի ջերմաստիճանը,	12	15	24	36	42
---------------------------	----	----	----	----	----

°C					
Օդի հարաբերական խոնավոււթյունը, %	93	79	47	24	20
Թաց ջերմաչափով ջերմաստիճանը, °C	12,0	13,7	17,3	21,1	23,8
Կոնդենստորում ջերմաստիճանը, °C	47,7	49,3	52,7	56,1	58,7
Ճնշումը կոնդենստորում, բար	0,11	0,12	0,14	0,17	0,19

Երկկոնտուր օգտահանիչ կաթսայով ՇԳՏ-ի ընդունված հաշվարկի հիման վրա մշակվել է Էներգաբլոկի Էներգետիկական և արդյունավետության բնութագրերի վրա փոփոխվող արտաքին պայմանների ազդեցության գնահատման մեթոդ:

Մշակված մեթոդի հիման վրա Visual Basic միջավայրում կազմվել է համակարգչային հաշվարկային ծրագիր, որի ինտերֆեյսը ներկայացված է նկ.2-ում: Ծրագիրը հնարավորություն է տալիս հաշվարկել ՊՏՏ-ի Էներգետիկական ցուցանիշները ցանկացած կազմով գազային վառելիքի համար մթնոլորտային օդի պարամետրերի փոփոխության և այն տիրույթում:



Նկ.2. ՊՏՏ-ի Էներգետիկական ցուցանիշները համակարգչային հաշվարկային ծրագրի ինտերֆեյսը

Մշակված մեթոդով կատարված ՊՏՏ-ի Էներգետիկական և արդյունավետության ցուցանիշների հաշվարկի արդյունքում ստացված տվյալներն ամփոփված են աղ.2-ում, որտեղ ϵ -ը ճնշման բարձրացման աստիճանն է: Կոմպրեսորում ճնշման

բարձրացման աստիճանի փոփոխությունը ներծծվող օդի ջերմաստիճանի 12...42°C միջակայքում բնութագրելու համար օգտագործվել է հետևյալ փորձնական բանաձևը .

$$\varepsilon = 0,0002 \cdot t_{0\eta}^2 - 0,0827 \cdot t_{0\eta} + 15,8: \quad (3)$$

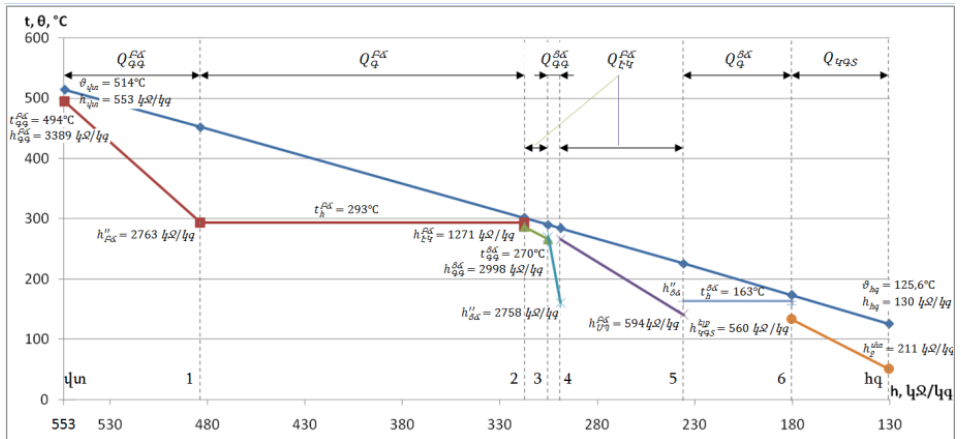
Աղյուսակ 2

ԳՏՏ-ի հիմնական պարամետրերը մթնոլորտային օդի տարբեր ջերմաստիճանների դեպքում

$t_{0\eta}, ^\circ\text{C}$	$B_{\text{գՏՏ}}, \text{կգ/վ}$	$N_t^{\text{գՏՏ}}, \text{կՎտ}$	օ.գ.գ., %	$t_4 = t_{\text{լ.տ}}, ^\circ\text{C}$	$G_{\text{գ}}, \text{կգ/վ}$	ε
12	9,58	157822	34,76	514	512,7	14,83
15	9,44	154358	34,51	516,5	507,2	14,60
24	9,03	144518	33,78	524,1	491,6	13,93
36	8,53	132557	32,81	534,4	472,3	13,08
42	8,3	127032	32,32	539,6	463,3	12,68

Ըստ գոլորշու պարամետրի և գազերի ծախսերի հայտնի արժեքների՝ օգտահանիչ կաթսայի (ՕԿ) տաքացման մակերևույթների համար ջերմային հաշվեկշիռների մեթոդով որոշվել են բարձր ու ցածր ճնշման կոնտուրների շոգու ծախսերի արժեքները, բանող մարմնի ու գազային միջավայրի ջերմաստիճանները և ջերմային բեռնվածքները :

ՕԿ-ի հաշվարկի ստացված արդյունքների հիման վրա կառուցվել է տ-ի դիագրամը (նկ.3), որի արսցիսների առանցքի վրա նշված են ծխագազերի էնթալպիայի արժեքները $h, \text{կՋ/կգ}$:



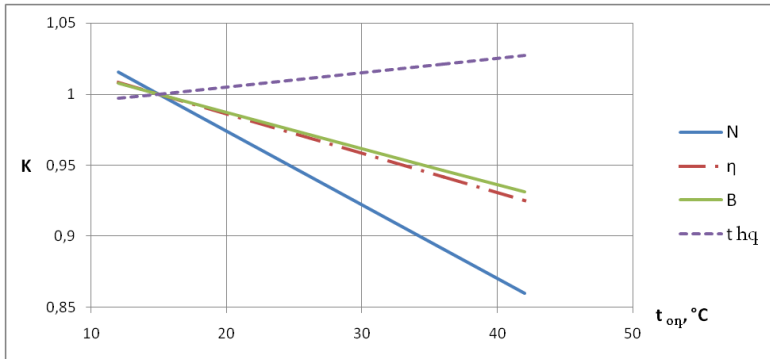
Նկ.3.ԾԳՏ-ի երկկոնտուր օգտահանիչ կաթսայի տաքացման մակերևույթներում բանող միջավայրերի ջերմաստիճանների փոփոխման տիպիազրամը

Որոշվել են. ՕԿ-ի ջերմային բեռնվածքը, որը հավասար է 213,3 ՄՎտ, ՕԿ-ի ելքում հեռացող ծխագազերի ջերմաստիճանը՝ 125,7°C, ՕԿ-ի օ.գ.գ.-ն՝ 76,1%, գազերի հետ ՕԿ տրվող ջերմության քանակությունը՝ 280,2 ՄՎտ, շոգետուրբի նի հզորությունը՝ $N_E^{ՇSS}=63,3\text{ՄՎտ}$:

Հաշվարկը կատարվել է երևանի համակցված ցիկլով աշխատող էներգաբլոկի օրինակով: ՇԳՏ-ի հաշվարկային ցուցանիշները կազմել են. էլեկտրական հզորությունը՝ $N_E^{ՇԳՏ}=221,17\text{ՄՎտ}$, բացարձակ էլեկտրական օ.գ.գ.-ն՝ 51,4%, պայմանական վառելիքի տեսակարար ծախսը բրոտտո՝ 239 գ պ.վ./կՎտ.ժ): Առաջարկվող հաշվարկի մեթոդով որոշված հզորությունների $N_E^{ՇԳՏ}, N_E^{ՉՏՏ}, N_E^{ՇՏՏ}$ արժեքները բավականին մեծ ճշտությամբ համադրելի են արխիվային տվյալներում բերված համապատասխան ցուցանիշներին, հետևաբար՝ առաջարկվող հաշվարկի մեթոդը կարելի է կիրառել ՇԳՏ-ի աշխատանքային ցուցանիշների կախվածությունը արտաքին օդի պարամետրերից ուսումնասիրելու համար:

Մթնոլորտային օդի ջերմաստիճանից ՇԳՏ-ի հզորության N , օ.գ.գ.-ի η , վառելիքի ծախսի B հարաբերական արժեքների կախվածությունը արտաքին օդի $t_{օդ}$ = 12...42°C ջերմաստիճանների տիրույթում ներկայացված է նկ.4-ում:

Իրականացված հաշվարկային վերլուծության արդյունքներից երևում է, որ էներգաբլոկի զարգացրած հզորությունը խիստ կախված է արտաքին օդի ջերմաստիճանից: Դիտարկվող ջերմաստիճանային միջակայքում այն նվազում է 15,3%-ով: Նույն տիրույթում օ.գ.գ.-ն նվազում է 8,2%-ով (հարաբերական՝ 12°C-ում դիտարկվող պարամետրերի համեմատ): Համապատասխանաբար, աճում է վառելիքի տեսակարար ծախսը, թեև ԳՏՏ-ի այրման խուց տրվող բնական գազի ծախսը կրճատվում է 7,6%-ով:



Նկ. 4. ՇՊՏ-ի հիմնական պարամետրերի հարաբերակալ արժեքների կախվածությունը արտաքին օդի ջերմաստիճանից

15°C-ից բարձր ջերմաստիճանային տիրույթում ՇՊՏ-ի հզորությունը նվազում է պայմանավորված է ոչ միայն մթնոլորտային օդի ջերմաստիճանից ՊՏՏ-ի հզորությունը կախվածությամբ, այլև ՇՏՏ-ի հզորությունը նվազմամբ: Վերջինս տեղի է ունենում կոնդենստոր տրվող հովացնող ջրի ջերմաստիճանի և կոնդենսացման ճնշման բարձրացմամբ պայմանավորված (աղ. 1), ինչի հետևանքով նվազում է ՇՏՏ-ում ջերմանկումը, միաժամանակ նվազում է գազերի հետ ՕԿ տրվող ջերմության քանակությունը, թեև աճում է դրանց ջերմաստիճանը (աղ. 2): Քանի որ ՎՊՏ-ից հետո, որն ՕԿ-ի վերջին տաքացման մակերևույթն է ըստ գազերի հոսքի, գազերի ջերմաստիճանը կախված է ՕԿ մուտքում կոնդենսատի ջերմաստիճանից, ուստի 3,8°C-ով աճում է արտանետվող ծխազգերի ջերմաստիճանը t_{hq} :

ՇՊՏ-ի հզորությունը և արդյունավետության նվազմամբ պայմանավորված՝ առաջ է գալիս ՊՏՏ-ից առաջ օդի ջերմաստիճանի կարգավորման խնդիրը:

Օդի հովացման ջերմափոխանակիչի երկրաչափական բնութագրերը ընտրելու համար վերլուծվել են ջերմափոխանակիչ մակերևույթների արդյունավետության գնահատման մեթոդները և համեմատմանը վերաբերող հարցեր:

Փոխանցված Q ջերմային էներգիայի հարաբերությունը ջերմակրիմուման վրածախսված N մեխանիկական էներգիային բնութագրող E էներգետիկական գործակցի փոխարեն, առաջարկվել է օգտագործել \bar{E} հարաբերակալ պարամետրը.

$$\bar{E} = E/E_i; \tag{4}$$

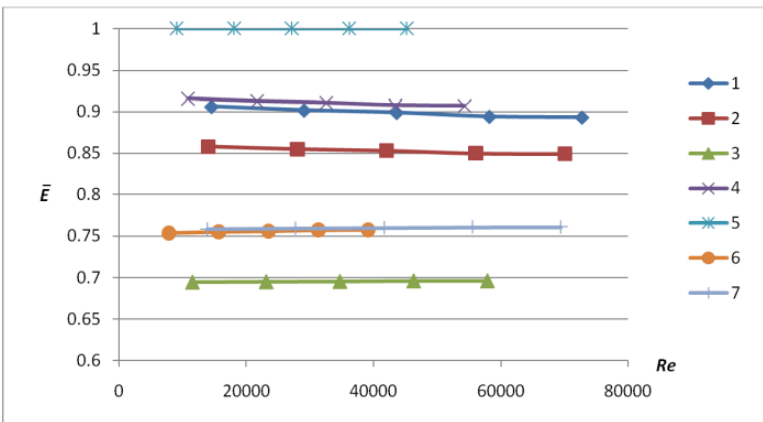
Որպեսզի կողավորված մակերևույթի ջերմահիդրավլիկական արդյունավետությունը համեմատվի էտալոնի նկատմամբ, հարաբերական \bar{E} պարամետրը հաշվարկելու համար անհրաժեշտ է իրականացնել նույն երկարության կողավորված մակերևույթների տեղամասերի համեմատությունը:

$$E = \frac{Q}{N} = \frac{\alpha F \Delta t}{V \Delta P}, \tag{5}$$

$$E = \frac{2\alpha_y \left(\frac{F_{y,d}}{F_d} + \eta_y \frac{F_{y,d}}{F_d} \right) \Delta T F_d d_h}{\zeta \rho V_h^3 F_{y,որ} L}; \tag{6}$$

Հարաբերական \bar{E} պարամետրը թույլ է տալիս անմիջապես որոշել այս կամ այն կողավորված կոնստրուկցիայի ջերմահիդրավլիկական արդյունավետության բարելավման աստիճանը էտալոնի համեմատ:

Տարբեր երկրաչափական չափեր ունեցող կողավորված խողովակափնջերի համար էտալոնի հետ համեմատման արդյունքում ստացված \bar{E} -ի արժեքները Ռեյնոլդսի կրիտերիայի տարբեր արժեքների (միջավայրերի շարժման տարբեր արագությունների) համար գրաֆիկորեն ներկայացված են նկ.5-ում:



Նկ. 5. Տարբեր երկրաչափական չափերի խողովակափնջերի համար \bar{E} պարամետրի արժեքները

Ապացուցվել է, որ տվյալ ջերմափոխանակիչ մակերևույթի համար հարաբերական \bar{E} մեծությունը խողովակով ջերմակրի հոսքի արագությունից կախված գործնականում չի փոփոխվում:

համեմատով ող խոդող վակսերում է տալ ունի հետևում յնարագոթյան պայմանի դեպքում:

Գնահատվել է աբսորբցիոն բրոմլիթիումային սառնարանային մեքենայի (ԱԲՍՍ) արդյունավետությունը: Աղյուսակային տվյալների մշակման արդյունքում առաջարկվել են երկու պարամետրերից \$n\$ և կցիաներ, լիթիումի բրոմիդի ջրային լուծույթի էնթալպիայի և ջերմաստիճանի, ինչպես նաև գետերատորում արտադրվող գոլորշու էնթալպիայի որոշման համար:

Լուծույթի էնթալպիան կարելի է հաշվել հետևյալ տեսքի արտահայտությունից.

$$i = f(t, \xi),$$

որտեղ \$\xi\$-ն լուծույթում լիթիումի բրոմիդի զանգվածային բաժինն է, %, \$t\$-ն լուծույթի ջերմաստիճանը, °C:

$$t = 0\%,$$

$$i = 4,19 \cdot t + 418,4, \text{ կՋ/կգ:} \quad (7)$$

Երբ \$\xi=30\text{...}65\%\$, ջերմաստիճանների \$t=30\text{...}120^\circ\text{C}\$ տիրույթում լիթիումի բրոմիդի ջրային լուծույթի էնթալպիան բնութագրող հավասարումը ներկայացվում է հետևյալ տեսքով, կՋ/կգ լուծույթ).

$$i = A \cdot T - C, \text{ կՋ/կգ,} \quad (8)$$

Որտեղ \$T\$-ն լուծույթի ջերմաստիճանն է, °C, \$A\$-ն և \$C\$-ն գործակիցներն են.

$$A = \sum_{j=0}^3 a_j \xi^j, \quad C = \sum_{j=0}^3 c_j \xi^j: \quad (9)$$

\$a_j\$ և \$c_j\$ գործակիցները բերված են աղ.3-ում:

Աղյուսակային տվյալների համեմատ միջին սխալը նշված տիրույթում կազմում է 0,25%, առավելագույնը՝ 0,96%:

Առաջարկված արտահայտությունը հնարավորություն է տալիս նաև հեշտությամբ հաշվել լուծույթի ջերմաստիճանը, երբ հայտնի են էնթալպիան և լիթիումի բրոմիդի զանգվածային բաժինը. \$t = f(i, \xi)\$

$$T = \frac{i + C}{A}, \text{ } ^\circ\text{C:} \quad (10)$$

Գոլորշու էնթալպիան լուծույթի կոնցենտրացիայի \$\xi=50\text{...}65\%\$ և ճնշման \$p=2700\text{...}12800\$ Պա տիրույթում բարձր ճշտությամբ որոշելու համար առաջարկվել է հետևյալ բանաձևը.

$$i' = B \cdot (-4,89277 + \ln(p)) + D, \text{ կՋ/կգ,} \quad (11)$$

$$B = \sum_{j=0}^2 b_j \xi^j, \quad D = \sum_{j=0}^2 d_j \xi^j: \quad (12)$$

Առավելագույն սխալը կազմում է 0,05%:

Աղյուսակ 3

(9) և (12) բանաձևերի գործակիցները

<i>j</i>	0	1	2	3
<i>a_j</i>	4,77724789	-0,088568363	0,973306·10 ⁻³	-4,5147·10 ⁻⁶
<i>c_j</i>	940,4889615	-24,45453155	0,443817949	-3,298712·10 ⁻³
<i>b_j</i>	77,1622	-1,61146252	0,0165684	0
<i>d_j</i>	2549,8	9,7986	-0,061	0

Օգտագործելով մշակված մաթեմատիկական կախվածությունները՝ հաշվարկվում են ցիկլի հանգուցային կետերի պարամետրերը (աղ. 4) և որոշվում են կուպերատիվ ջերմափոխանակիչի, գեներատորի՝ q_h , գոլորշացուցիչի՝ q_0 , կոնդենսատորի և արսորբերի ջերմությունը:

Աղյուսակ 4

ԱԲՄ-ի հանգուցային կետերի պարամետրերը

Նյութի վիճակը	<i>t</i> , °C	<i>p</i> , կՊա	<i>ξ</i> , %	<i>i</i> , կՋ/կգ
Յեղուկ				
Ջուրը կոնդենսատորից հետո	$t_4 = t_2 = 30$	$p_4 = 4,24$	$\xi = 0$	$i_3 = 544,3$
Լուծույթը. նսոր արսորբերից հետո	$t_2 = 30$	$p_a = 0,7$	$\xi_a = 58$	$i_2 = 245,6$
խիտ գեներատորից հետո	$t_4 = 88$	$p_h = 4,24$	$\xi_r = 64$	$i_4 = 361,7$
խիտ ջերմափոխանակիչից հետո	$t_8 = 45$	$p_h = 4,24$	$\xi_r = 64$	$i_8 = 279,3$
Ջուրը	$t_0 = t_1 = 4$	$p_0 = 0,83$	$\xi = 0$	$i_1 = 435,5$
գոլորշացուցիչում				
գոլորշի	$t_1 = 4$	$p_0 = 0,83$	$\xi = 0$	$i_{1r} = 2914,2$
գոլորշացուցիչից հետո				

ԱԲՄ-ի ջերմության օգտագործման (սառնարանային) գործակիցը կազմել է.

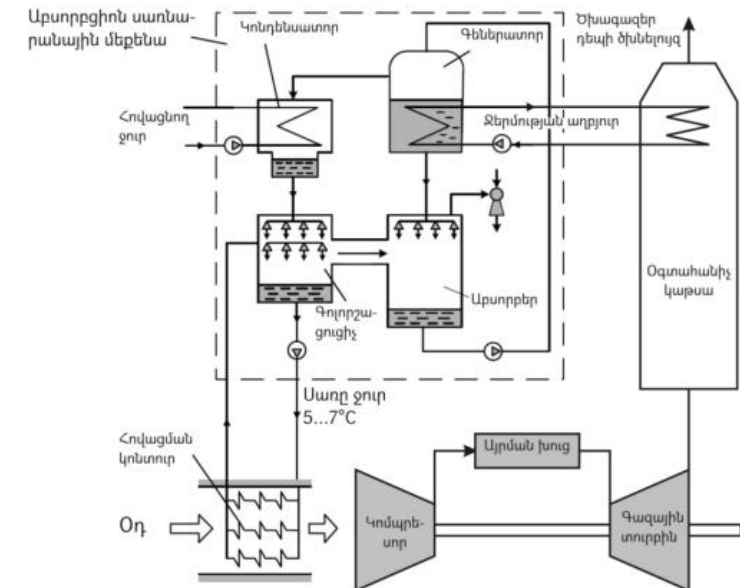
$$\zeta = \frac{q_0}{q_h} = \frac{2370}{3133} = 0,756: \quad (13)$$

Առաջարկվում է ԳՏՏ մատուցվող օդի հովացման համար (և կ.6) տեղադրել երկու ԱԲՄ, որոնց աշխատանքի համար տաք ջուրն արտադրվելու է գազա-

ջրային տաքացուցիչում հեռացող ծխագազերի օգտահանման հաշվին ստացված ջերմության օգտագործմամբ, այսինքն՝ առանց դրա արտադրության վրա էներգիայի (վառելիքի) ևրացուցիչ քանակության նույն ծախսելու:

ՕԿ-ի հաշվարկի արդյունքում ստացված տվյալների և առնչությունների հիման վրա որոշվել է հեռացող ծխագազերի ջերմաստիճանը՝ θ'' դրանց ջերմության օգտահանման հաշվին սառնարանային մեքենայով ներծծվող օդի հովացման համակարգի կիրառման դեպքում:

Գնահատվել է, որ $\theta'' > 100^{\circ}\text{C}$ պայմանը պահպանելու նպատակով (ծխագազերում առկա ջրային գոլորշիների կոնդենսացումից հետագա թթվային միջավայրի ստեղծումից խուսափելու համար) ԱԲՍՄ-ի ցրտարտադրողականությանը պետք է սահմանափակվի 10°C -ով, իսկ հովացման համակարգի նախագծման հաշվարկային ջերմաստիճանը՝ $t_{\text{ա.օդ-ը}}$, համապատասխանաբար, 28°C -ով:



Նկ.6.ԳՏՏ-ի կոմպրեսոր ներծծվող օդի հովացման համար քրսորբցիոն բրոմիլիթիոն մային սառնարանային տեղակայանքի միացման սկզբունքային սխեման

Որպես ԳՏՏ-ի կոմպրեսորի մուտքում ԱԲՍՄ-ով օդի հովացման տնտեսական արդյունք հանդես է

գալիս միևնույն վառելիքի ծախսի պայմաններում (B=idem) հովացման արդյունքում արդյունավետության բարձրացման շնորհիվ հավելյալ արտադրված էլեկտրական էներգիայի առևտրային իրացումից ստացված եկամուտը:

Տարեկան դրամական հոսքը կորոշվի հետևյալ բանաձևով.

$$CF_{in} = U_{\text{էլ}} \cdot (E_{\text{հոլ}} - E_{\text{առանց}}), \quad (14)$$

Որտեղ $U_{\text{էլ}}$ -ը արտադրված էլեկտրական էներգիայի սակագնի դրույքն է, η ընդհանուր $E_{\text{հոլ}}$ և $E_{\text{առանց}}$ -ը, համապատասխանաբար, հովացմամբ և առանց հովացման ԳՏՏ-ով արտադրված էլեկտրաէներգիան է, η ընդհանուր, երբ վառելիքի ծախսն այրման խցում միևնույնն է և հավասար առանց հովացման մթնոլորտային օդի ջերմաստիճանին համապատասխանող վառելիքի ծախսին՝ $B_{\text{առանց}}$, կգ/վ:

Արտադրված էլեկտրաէներգիայի քանակությունը կարելի է որոշել $E = N_{\text{ԳՏՏ}}^{\text{է}} \cdot \tau_{\text{հոլ}}$ բանաձևից, ընդ որում՝ $N_{\text{ԳՏՏ}}^{\text{է}} = B \cdot Q_u^{\text{է}} \cdot \eta_{\text{ԳՏՏ}}$, հետևաբար՝ տարեկան դրամական հոսքի որոշման համար կստանանք հետևյալ արտահայտությունը.

$$CF_{in} = U_{\text{էլ}} \cdot B_{\text{առանց}} \cdot Q_u^{\text{է}} \cdot \tau_{\text{հոլ}} (\eta_{\text{հոլ}}^{\text{ԳՏՏ}} - \eta_{\text{առանց}}^{\text{ԳՏՏ}}), \quad (15)$$

$\tau_{\text{հոլ}}$ -ը տարվա ընթացքում հովացման համակարգի աշխատանքի ժամերի թիվն է, $\sigma, Q_u^{\text{է}}$ -ը՝ վառելիքի այման ջերմությունը, կՋ/կգ, $\eta_{\text{հոլ}}^{\text{ԳՏՏ}}$, $\eta_{\text{առանց}}^{\text{ԳՏՏ}}$ -ը՝ ԳՏՏ-ի օ.գ.գ.-ի արժեքներն են, համապատասխանաբար, հովացմամբ և առանց հովացման:

Վերջիններս կարելի է որոշել հաշվարկների արդյունքների հիման վրա ստացված արտաքին օդի ջերմաստիճանից t դրանց կախվածությունն արտահայտող հետևյալ արտահայտությունից.

$$\eta_{\text{ԳՏՏ}} = 0,3579 \cdot e^{-0,00242 \cdot t}, \quad (16)$$

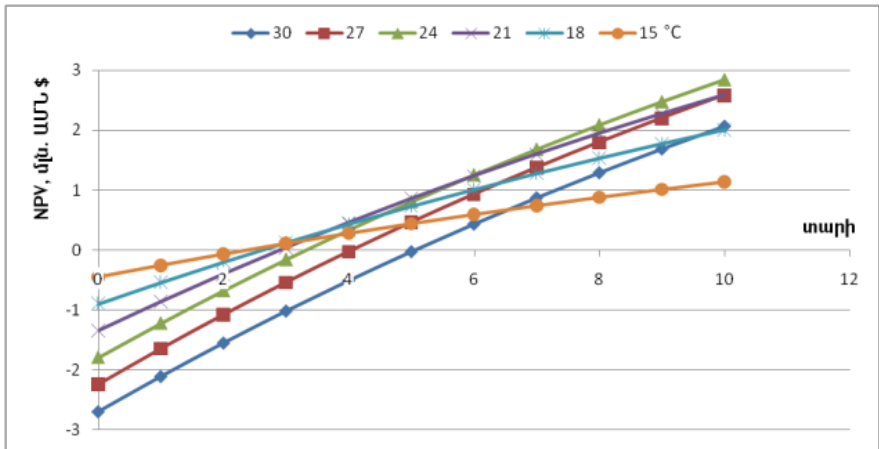
իսկ վառելիքի ծախսի համար կարող ենք գրել.

$$B = 10,14 \cdot e^{-0,00479 \cdot t}, \quad (17)$$

Նախագծի իրականացման արդյունքում ստացված գուտբերված շահույթի (NPV) հիման վրա որոշվել է արտաքին օդի օպտիմալ հաշվարկային ջերմաստիճանի արժեքը, որի համար սառնարանային մեքենան նախագծելու դեպքում ստացվող շահույթը կլինի առավելագույնը:

Արտաքին օդի ջերմաստիճանի հաշվարկային արժեքը $t_{\text{առն}}^{\text{վ}}$ որոշելիս կարևոր դերակատարություն ունի դիսկոնտավորման դրույքի R ճիշտ որոշումը: Այսպես պարզ հետզման ժամկետը և եկամուտը գնահատելիս ($R=0$) օպտիմալ արտաքին օդի

ջ եր մ աս տի ճ ան ը կ ազ մ է Լ Է $t_{\text{առդ}}^{\text{ն}} = 25^{\circ}\text{C}$, $R=5\%$ դ ե պ թ ո ւ մ (ն կ . 7)
 օ պ տի մ ա Լ Է $t_{\text{առդ}}^{\text{ն}} = 24^{\circ}\text{C}$, մ ի ն չ դ ե ռ $R=12\%$ դ ե պ թ ո ւ մ օ պ տի մ ա Լ Է
 $t_{\text{առդ}}^{\text{ն}} = 23^{\circ}\text{C}$, ի ս կ $R=20\%$ դ ե պ թ ո ւ մ ` $t_{\text{առդ}}^{\text{ն}} = 21^{\circ}\text{C}$:



Ն կ . 7.2 ո ւ տ բ եր վ ա ծ շ ա հ ո ւ յ թ ը $t_{\text{առդ}}^{\text{ն}}$ -ի տ առ բ եր
 ա թ ժ ե ք ն եր ի դ ե պ թ ո ւ մ ($R=5\%$)

Ի ն չ պ ե ս եր ն ո ւ մ Է ս տ ա գ վ ա ծ գր ա \$ ի կ ի ց Է ա կ ա ն
 ն շ ա ն ա կ ու թ յ ու ն ու ն ի ն ա խ ա գ ծ ի տ ն ո ղ ու թ յ ա ն
 ը ն տր ու թ յ ու ն ը: Կ ո մ պր ե ս որ ն եր ծ ծ վ ո ղ օ ղ ի
 հ ո վ ա գ մ ա ն հ ա մ ա կ ա թ զ ը ն ա խ ա գ ծ է Լ ի ս պ ե տ ք Է ն ա ն
 հ ա շ վ ի ա մ ն է Լ, որ շ ա հ ու թ ա բ եր ու թ յ ա ն ն եր ք ի ն
 ն որ մ ը գ գ ա Լ ի որ ե ն ն վ ա գ ու մ Է ` ը ն տր վ ա ծ Ա Բ Ս Մ-ի
 ցր տ առ տ ա դ ո ղ ա կ ա ն ու թ յ ու ն ի ց կ ա խ վ ա ծ:

Ս ա մ ն ա թ ա ն ա յ ի ն մ ե ք ե ն ա ն եր ո վ հ ո վ ա գ մ ա ն
 հ ա մ ա կ ա թ զ ի կ ա պ ի տ ա Լ ն եր դ ո ղ ու մ ն եր ը գ գ ա Լ ի որ ե ն
 ա վ է Լ ի ք ա թ ծ ը ե ն, ք ա ն մ շ ու շ ա պ ա տ մ ա ն
 հ ա մ ա կ ա թ զ եր ի ն ը, հ ե տ ն ա ք ա թ, վ եր ջ ի ն ն եր ի ս
 հ ե տ գ ն մ ա ն ժ ա մ կ ե տ ը հ ա մ մ մ ա տ ա ք ա թ ա վ է Լ ի կ ա թ ճ Է `
 մ ե կ տ ա թ ու ց պ ա կ ա ս, մ ի ն չ դ ե ռ Ա Բ Ս Մ-ո վ հ ո վ ա գ մ ա ն
 հ ա մ ա կ ա թ զ եր ի դ ե պ թ ու մ ա յ ն կ ա գ մ ու մ Է 3..4 տ ա թ ի:

Ա պ ա գ ու ց վ է Լ Է, որ Է ն եր գ ա բ Լ ո կ ի հ գ որ ու թ յ ա ն
 վ եր ա կ ա ն գ ն մ ա ն տ ե ս ա ն կ յ ու ն ի ց Ա Բ Ս Մ-ն եր ի
 օ գ տ ա գ որ ծ ու մ ը գ Տ Տ կ ո մ պր ե ս որ ն եր ծ ծ վ ո ղ
 մ թ ն ո լ որ տ ա յ ի ն օ ղ ի հ ո վ ա գ մ ա ն հ ա մ ա թ ա վ է Լ ի
 ն ա պ ա տ ա կ ա հ ա թ մ ա թ Է, ք ա ն գ ո լ որ շ ա գ մ ա մ ք հ ո վ ա գ մ ա ն
 ե ղ ա ն ա կ ի դ ե պ թ ու մ: Դ ի տ ա թ կ վ ո ղ ջ եր մ աս տի ճ ան ա յ ի ն
 տ ն ո ղ ա կ ա ն ու թ յ ա մ ք ո ղ ջ տ ի թ ու յ թ ու մ Է ն եր գ ա բ Լ ո կ ի
 հ գ որ ու թ յ ու ն ը ա վ է Լ ի ք ա թ ծ ը Է Ա Բ Ս Մ-ի
 օ գ տ ա գ որ ծ մ ա ն դ ե պ թ ու մ:

Ե Զ Ր Ա Կ Ա Ց Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն Ն Ե Ր

1. Ապացուցվել է, որ ՀՀ-ում ՁՊ-երի կիրառումը նպատակահարմար է այլ աղբյուրների հետ համակցված սխեմաներում, իսկ ջեռուցման համար անջատ սխեմայով ՁՊ-ների կիրառումը ունի ցածր ներդրումային գրավչություն՝ կապիտալ ներդրումների համեմատաբար երկար հետզնման ժամկետներով պայմանավորված:

2. Առաջարկվել է ՁԵԿ-երի շրջանառու ջրի ջերմության օգտահանումը կազմակերպել ու նպատակով արտաբերող ջերմային պոմպերի կիրառումը, քանի որ դրանք օգտագործում են միայն էլեկտրակայանի հիմնական տեսնունդի ական ցիկլի ջերմային էներգիան և էլեկտրական հզորությունը և րացուցիչ ծախսերի կարիք գրեթե չունեն:

3. Մշակվել է ԳՏՏ էներգետիկական ցուցանիշների հաշվարկի մեթոդ, որը հաշվի է առնում կոմպրեսոր ներծծվող օդի ծախսի փոփոխությունը՝ մթնոլորտային օդի պարամետրերից կախված, կոմպրեսորի մոլեկուլային ջերմաստիճանի ազդեցությունը ճնշման բարձրացման աստիճանի վրա, ինչպես նաև այրման խուց տրվող բնական գազի և առաջացած այրման արգասիքների ծավալային կազմը:

4. Հիմնավորված է, որ արտաքին օդի ջերմաստիճանի է 12-ից մինչև 36°C աճի դեպքում ԳՏՏ-ի հզորությունը նվազում է 25,3ՄՎտ-ով, իսկ ՇԳՏ-ինը՝ 27,1ՄՎտ-ով: Ջերմաստիճանի աճին գուգահեռավելանում է 1կՎտ-ժ էլեկտրաէներգիայի արտադրություն համար պայմանական վառելիքի տեսակարար ծախսը՝ 239գ պ.վ./կՎտ-ժ-ից հասնելով 36°C-ում մինչև 255,7գ պ.վ./կՎտ-ժ):

5. Հիմնավորվել է որպես էներգետիկական տեղակայանքների արդյունավետության բարձրացման հնարավոր տարբերակ՝ համակցված տեղակայանքների օգտագործումը ՇԳՏ-ների և ջերմաօգտահանիչ ԱԲՍՍ-ների համատեղ կիրառմամբ:

6. Առաջարկվել են աղյուսակային տվյալների մշակման արդյունքում ստացված երկու պարամետրերից \$n\$ ու կցիաներ՝ լիթիումի բրոմիդի ջրային լուծույթի ջերմոդինամիկական պարամետրերի որոշման համար:

7. Վերլուծվել են ջերմափոխանակիչ մակերևույթների արդյունավետության գնահատման մեթոդները և համեմատմանը վերաբերող հարցեր: Առաջարկվել է որպես էտալոնը նորված տարբերակի համեմատ կողմորված մակերևույթի ջերմահիդրավիկ արդյունավետությունը բնութագրող \bar{E} հարաբերական պարամետրի միջոցով շահմատաձև

դասավորված Լայնակի կողավորմամբ խողովակափնջերի տարատեսակ մոդիֆիկացիաների ջերմատվություն, հիդրավլիկական դիմադրություն և ջերմահիդրավլիկ արդյունավետության համեմատման մեթոդ:

8. Առաջարկվել է ԳՏՏ մատուցվող օդի սառնարանային մեքենաներով հովացման համակարգը նախագծելիս տեխնիկատնտեսական հիմնավորմամբ մթնոլորտային օդի առավել նպատակահարմար հաշվարկային ջերմաստիճանի ընտրություն մեթոդ: Որպես օպտիմալ ընտրվել է $t_{\text{ուս}}^{\text{հ}} = 24^{\circ}\text{C}$ ($Q_{\text{ԱՐՄՄ}} \approx 7,8 \text{ ՄՎտ}$):

9. Ապացուցվել է, որ երևանի պայմաններում ԳՏՏ-ի կոմպրեսորի մոնոբուսի ԱԲՍՄ-ի միջոցով օդի հովացման համակարգի կիրառումը տնտեսապես շահավետ է: Երևանի ՋԷԿ-ի շոգեգազային էներգաբլոկի օրինակի վրայ դպիսի համակարգի հետզնման ժամկետը կազմել է 3...4 տարի, տարեկան շահույթաբերությունը՝ մոտ 601 հզ. ԱՄՆ դոլ. (290 մլն. դր): Ապացուցվել է ԱԲՍՄ-ով հովացման դեպքում գոլորշացմամբ հովացման համակարգերի համեմատ ԳՏՏ-ի արտադրողականության ավելի մեծ չափով ավելացման հնարավորությունը:

Ատենախոսության հիմնական դրոշմներն և արդյունքները արտացոլված են հետևյալ հրատարակումներում

1. **Յոզիանյան Լ.Ս., Խաչատրյան Ռ.Գ.** Ջերմային պոմպերի ներդրումը որպես համախառն ներքին արդյունքի էներգատարության նվազեցման միջոց // ՅՊԾՅ Բանբեր. Էլեկտրատեխնիկա, էներգետիկա. - 2014. - Թոդ. 17. - №2. - էջ 59-70:
2. **Յոզիանյան Լ.Ս., Խաչատրյան Ռ.Գ.** Համախառն ներքին արդյունքի էներգատարության փոքրացումը որպես տնտեսության կայուն զարգացման կարևորագույն գործոն // ՅՊԾՅ Լրաբեր: Գիտական հոդվածների ժողովածու 3 մասով. - 2015. - Մաս 2. - էջ 479-492:
3. **Оганесян А.С., Хачатрян Р.Г.** Термодинамический анализ применения тепловых насосов для повышения энергоэффективности тепловых электрических станций // Вестник Инженерной академии Армении. - 2015. - Т.12. - С. 261-269.
4. **Хачатрян Р.Г.** Выбор способа кондиционирования воздуха на входе газотурбинных установок в зависимости от региональных климатических условий // Вестник Инженерной академии Армении. - 2015. - Т.12. - №3. - С. 480-486.
5. **Ռաֆյան Ռ.Ա., Մարտիկյան Ռ.Զ., Խաչատրյան Ռ.Գ.** ԳՏՏ կոմպրեսոր ներծծվող օդի ջրային մշուշապատմամբ հովացման համակարգի կիրառման տեխնիկատնտեսական հաշվարկ

(Եր ՋԵԿ-ի օրինակով) // ՅԳԱԱ և ՅԱՊՅ Տեղեկագիր. Տեխն. գիտ. սերիա. - 2015. - Յատրր 68. - №2. - Էջ 163-168:

6. **Оганесян А.С., Хачатрян Р.Г.** Влияние природно-климатических условий на работу газотурбинных установок Армянской энергосистемы // Вестник НПУА. Электротехника, Энергетика. - 2015. - №2. - С. 49-61.
7. **Խաչատրյան Ռ.Գ.** Ջերմային պոմպերի կիրառմամբ ջերմաէլեկտրակենտրոնների արդյունավետության բարձրացման սխեմաների համադրական վերլուծություն // ՅԱՊՅ Լրաբեր: Գիտական հոդվածների ժողովածու 3 մասով. - 2016. - Մաս 2. - Էջ 575-583:
8. **Յովհաննիսյան Լ.Ս., Սարգսյան Ա.Գ., Խաչատրյան Ռ.Գ.** Գազատուրբինային տեղակայանքի մոնիթորինգի հովացման եղանակի ընտրությունը՝ կախված տարածաշրջանի կլիմայական պայմաններից // ՅԱՊՅ Լրաբեր: Գիտական հոդվածների ժողովածու 3 մասով. - 2016. - Մաս 2. - Էջ 583-591:
9. **Յովհաննիսյան Լ.Ս., Խաչատրյան Ռ.Գ.** Օդային հովացման ապարատների մակերևույթների համեմատությունը էներգետիկական արդյունավետության գործակցի միջոցով // ՅԳԱԱ և ՅԱՊՅ Տեղեկագիր. Տեխն. գիտ. սերիա. - 2016. - Յատրր 69. - №2. - Էջ 106-117:
10. **Յովհաննիսյան Լ.Ս., Խաչատրյան Ռ.Գ.** Յայաստանում ջերմային պոմպերի կիրառման առավելությունները և թերությունները // ՅՃԱ Լրաբեր. - 2015. - Յ. 12. - №4. - Էջ 635-643.
11. **Սարգսյան Ա.Գ., Խաչատրյան Ռ.Գ.** Գազատուրբինային տեղակայանքների մոնիթորինգի հովացման արդյունավետության ջերմատնեսական մեթոդի վերլուծություն // ՅՃԱ Լրաբեր. - 2016. - Յ. 13. - №2. - Էջ 249-254:
12. **Оганесян А.С., Хачатрян Р.Г.** Разработка методики расчета параметров газовой турбины GT13E2 MXL, установленной на Ереванской ТЭЦ при переменных режимах работы // Вестник НПУА. Электротехника, Энергетика. - 2016. - №2. - С. 35-45.
13. **Յովհաննիսյան Լ.Ս., Խաչատրյան Ռ.Գ.** Արտաքին օդի պարամետրերի ազդեցությունը երևանի համակցված շոգեգազային ցիկլով էլեկտրակայանի էներգետիկական ցուցանիշների վրա // ՅԳԱԱ և ՅԱՊՅ Տեղեկագիր. Տեխն. գիտ. սերիա. - 2016. - Յ. 69. - №4. - Էջ 363-372.

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПАРОГАЗОВЫХ ЭНЕРГОБЛОКОВ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕПЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ**

РЕЗЮМЕ

Поскольку атмосферные условия в значительной степени воздействуют на производительность и эффективность работы газотурбинных установок, для Армянской энергосистемы очень важна разработка технологий, позволяющих приблизить к проектным значениям энергетические показатели энергоблоков, работающих по парогазовому циклу. В различных странах мира, для компенсации падения производительности, в следствие высокой температуры атмосферного воздуха, широкое применение находят различные способы охлаждения воздуха поступающего в компрессор ГТУ, к числу которых относится применение холодильных машин (ХМ).

В течение работы тепловых электрических станций, значительные потери тепла обусловлены рассеянием в атмосфере низкопотенциального тепла конденсации пара и систем охлаждения обмоток статоров генераторов, системы газоохлаждения генератора и смазочного масла. Одним из способов снижения вышеперечисленных тепловых потерь является утилизация вторичного тепла тепловыми насосами (ТН).

Принимая во внимание вышеизложенное, исследование и анализ схем модернизации парогазовых энергоблоков с использованием тепловых трансформаторов (ТТ) - тепловых насосов и холодильных машин, и разработка таких технических решений, которые бы способствовали улучшению действующих технологий производства электрической и тепловой энергии, а также уменьшению отрицательного воздействия теплоэнергетического комплекса на окружающую среду является задачей, имеющей чрезвычайно важное практическое значение.

Целью диссертации является разработка таких технических решений, которые позволяют повысить технико-экономические показатели парогазовых энергоблоков ТЭС, на основе анализа самых актуальных схем утилизации вторичных тепловых энергетических ресурсов с использованием ТТ.

Разработана методика расчета энергетических параметров ГТУ, которая учитывает изменение расхода воздуха, поступающего в компрессор, в зависимости от его параметров, влияние температуры воздуха на входе в компрессор на степень повышения давления, а также объемный состав природного газа поступающего в камеру сгорания.

Предложены двухпараметрические функции для определения термодинамических параметров водного раствора бромида лития в диапазоне работы абсорбционных ТТ.

Разработана определенная методика выбора теплообменной поверхности, на основе сравнения термогидравлической эффективности оребренных трубных

пучков с вариантом выбранным в качестве эталона с помощью относительного параметра \bar{E} .

Разработана методика оценки оптимальной расчетной температуры окружающего воздуха при проектировании системы охлаждения абсорбционной холодильной машиной, на основе расчета технико-экономической эффективности.

Определены схемы использования ТН, в качестве источника горячего водоснабжения и отопления, в технологической схеме ТЭС, отвечающие требованиям энергетической эффективности и экономичности во все времена года.

Разработанные методология и компьютерная расчетная программа могут быть использованы эксплуатационными и проектирующими организациями для оценки воздействия высокой температуры наружного воздуха на энергетические характеристики и показатели экономичности парогазовых энергоблоков в летний период.

Также при проектировании новых и модернизации действующих ТЭС с целью внедрения системы охлаждения циклового воздуха тепловыми трансформаторами с точки зрения полезного использования низкопотенциального бросового тепла конденсации пара турбины в тепловых электростанциях наиболее перспективными являются утилизационные абсорбционные тепловые насосы, поскольку они потребляют только тепловую энергию основного технологического цикла ТЭС и практически не нуждаются в затрате электроэнергии на собственные нужды.

В результате расчетов на примере Ереванской ТЭС показано, что при высокой температуре наружного воздуха происходит падение эффективной мощности ПГУ и одновременное увеличение удельного расхода топлива.

На основе расчетного исследования показано, что например, при повышении температуры от 12 до 36°C относительное падение эффективной мощности ПГУ составляет более чем 15%.

В связи с этим предлагается предпринять соответствующие меры, направленные на охлаждение атмосферного воздуха, поступающего в компрессор установки, с целью, по мере возможности приблизить энергетические характеристики ПГУ к расчетным значениям. В частности советуется для этой цели использование абсорбционных тепловых трансформаторов. Доказано, что в условиях Еревана подобное решение экономически выгодно.

Хотя по сравнению с испарительными системами охлаждения, абсорбционные требуют больших капитальных вложений, их преимуществом является более глубокое охлаждение воздуха, и, следовательно, возможность большего прибавления производительности ПГУ.

**INCREASING THE EFFICIENCY OF COMBINED CYCLE POWER PLANTS
BY USING HEAT TRANSFORMATORS**

SUMMARY

Since the atmospheric conditions significantly affect the productivity and efficiency of gas turbines, it is very important for the Armenian energy system to develop technologies that allow the energy indicators of combined-cycle power plants to be brought closer to the design values. In various countries of the world, to compensate for the drop in productivity due to the high temperature of the atmospheric air, various ways of cooling the air entering the GT compressor are widely used, such as the use of refrigeration machines (chillers).

During the operation of thermal power plants, there are significant heat losses, caused by the scattering in the atmosphere of low-potential heat of vapor condensation process and of various cooling systems, for example, those of the stator winding of the generators, the gas cooling system of the generator and the cooling of lubricating oil. One of the ways to reduce the abovementioned heat losses is to utilize secondary heat by heat pumps (HP).

In connection with the above, it is extremely important to investigate and analyze the schemes for the modernization of combined-cycle power units using heat transformers (HT): heat pumps and refrigerating machines, and the development of such technical solutions that would improve the existing technologies for the production of electrical and thermal energy, as well as reduce the negative impact of thermal power complex on the environment.

The aim of the thesis is to develop such technical solutions that allow to increase the technical and economic parameters of combined-cycle power units of TPPs, based on the analysis of the most suitable schemes for recycling secondary thermal energy resources using heat transformers.

A methodology for calculating the GT energy parameters is developed, which takes into account the change in the air flow rate to the compressor, depending on the ambient air parameters, the impact of the compressor inlet air temperature on its pressure ratio and the composition of the natural gas entering the combustion chamber.

Two-parameter functions are proposed for determining the thermodynamic parameters of an aqueous solution of lithium bromide in the range of operation of absorption heat transformers.

A method for selecting a heat exchange surface is developed, that is based on a comparison of the thermo-hydraulic efficiency of finned tube bundles using the relative parameter \bar{E} . This parameter shows the degree of perfection of the given finned surface in comparison with the version chosen as a reference.

For the design of an absorption cooling system a technique for evaluating the optimal design ambient temperature, based on the calculation of the technical and economic efficiency, is developed.

Schemes for the use of heat pumps in the technological cycle of TPPs, as an energy efficient and cost-effective source of hot water supply and heating are determined.

The developed methodology and computer calculation program can be used by operational and design organizations to assess the effect of high ambient air temperature on the energy characteristics and efficiency indicators of combined-cycle power plants in the summer. Also they can be used for designing new and upgrading existing thermal power plants with the goal of introducing an air cooling system by thermal transformers. From the point of view of the beneficial use of low-potential waste heat of steam turbine condensation in thermal power plants, the most promising are absorption heat pumps, since they consume only the thermal energy of the main technological cycle of TPPs and practically do not consume electricity for their own needs.

As a result of calculations using the example of the Yerevan Thermal Power Plant, it was shown that, at a high outdoor temperature, the effective power of the combined-cycle plant falls and a simultaneous increase in the specific fuel consumption occurs.

On the basis of a calculation study, it is shown that, for example, with an increase in temperature from 12 to 36 °C, the relative decrease in the effective power of the CCGT is more than 15%.

In this regard, it is proposed to take appropriate measures aimed at cooling the atmospheric air entering the compressor of the unit, with the aim, as far as possible, to approximate the power characteristics of the CCGT to their design values. In particular, the use of absorption thermal transformers is recommended for this purpose.

It is proved that in the conditions of Yerevan, such a method is economically justified.

It is shown, that although absorption chillers require larger capital investments than evaporative cooling systems, their advantage is the ability to deeper cool the air, and, therefore, the possibility of greater gain in the productivity of CCGT.