

**ՀՀ ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ
ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ՊՈԼԻՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ**

ՈԱՖՅԱՆ ՈՈՐԵՐՑ ԱՐԹՈՒՐԻ

**ՇՈԳԵԳԱԶԱՏՈՒՐՔԻՆԱՅԻՆ ՏԵՂԱԿԱՅԱՆՔԻ ԱՇԽԱՏԱՆՔԱՅԻՆ
ՈՒԺԻՄՆԵՐԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒԹՅՈՒՆԸ ԵՎ ԼԱՎԱՐԿՈՒՄԸ (ԵՐԶԷԿ-Ի ՕՐԻՆԱԿԻ
ՎՐԱ)**

ԱՏԵՆԱԽՈՍՈՒԹՅՈՒՆ

**Ե.14.03 - «Զերմալներգետիկա» մասնագիտությամբ տեխնիկական
գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման**

**Գիտական ղեկավար
Տեխնիկական գիտությունների թեկնածու,
պրոֆեսոր Ռ.Զ. ՄԱՐՈՒԽՅԱՆ**

ԵՐԵՎԱՆ – 2015

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

| | |
|---|----------|
| ՆԵՐԱԾՈՒԹՅՈՒՆ..... | 5 |
| <i>ԳԼՈՒԽ 1. ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ԱԿՆԱՐԿ.....</i> | <i>8</i> |
| 1.1 Մթնոլորտային պայմանների ազդեցությունը գազատուրբինային և համակցված տեղակայանքների ցիկլերի աշխատանքի վրա... | 8 |
| 1.2 ՉՏՏ կոմպրեսոր մատուցվող օդի հովացման եղանակների և սխեմաների վերլուծություն..... | 15 |
| 1.3 Մշուշապատման տեխնոլոգիան ՉՏՏ տեխնիկական հնարավորությունների ընդլայնման համար..... | 29 |
| 1.3.1 ՉՏՏ մատուցվող օդի մշուշային հովացման կլիմայական և փսիխիոմետրիկ գործոնները..... | 29 |
| 1.4 ՉՏՏ օդի մատուցման համակարգի կոնֆիգուրացիայի և փողրակի հատկությունների ազդեցությունը մշուշապատման վրա..... | 32 |
| 1.4.1 Փողրակների դիրքը..... | 33 |
| 1.5 Խոնավ սեղմում..... | 39 |
| 1.6 Մշուշապատում օգտագործողների գործնական նկատառումներ..... | 43 |
| 1.6.1 Ջրի քանակական պահանջները..... | 43 |
| 1.6.2 Ջրի որակական պահանջներ..... | 44 |
| 1.6.3 Օտար մարմնի հասցրած վնաս..... | 44 |
| 1.6.4 ՉՏՏ կոմպրեսորի մուտքի սառցակալում..... | 45 |
| 1.6.5 Տրակտի ջրահեռացման համակարգ..... | 45 |
| 1.6.6 Կոմպրեսորի խզում..... | 46 |
| 1.6.7 Կոմպրեսորի մուտքում ջերմաստիճանային անհամաչափություն..... | 47 |
| 1.6.8 Օդի մատուցման տրակտի դիտարկումներ..... | 48 |
| 1.6.9 Առանցքային կոմպրեսորի խափանում..... | 49 |
| 1.6.10 Կոմպրեսորի թիակների էռոզիա..... | 49 |
| 1.6.11 ՉՏՏ օդի մատուցման տրակտի կոռոզիա..... | 50 |

| | | |
|--|---|-----|
| 1.6.12 | Կոմպրեսորի թիակների և ծածկույթի վնասում..... | 51 |
| 1.6.13 | Պերսոնուցմամբ մշուշային հովացման համակարգի կիրառությամբ ՊՏՏ-ների թիակների հովացնող օդի հետ կապված դիտարկումներ..... | 52 |
| 1.7 | Հովացման համակարգեր օգտագործողների տեսակետներ և փորձ | 54 |
| 1.7.1 | Մուտքի օդի գոլորշարար մշուշապատում 80 ՄՎտ հզորությամբ կոգեներացիոն ցիկլով աշխատող ՊՏՏ-ի վրա..... | 55 |
| 1.7.2 | Պերսոնուցմամբ մշուշային հովացման համակարգի կիրառումը Frame 5 ՊՏՏ-ներով կոգեներատիվ տեղակայանքի վրա..... | 55 |
| ԳԼՈՒԽ 2. ՇՊՏ-ՆԵՐԻ ԱՇԽԱՏԱՆՔԱՅԻՆ ՌԵԺԻՄՆԵՐԸ ՀՀ ԷՆԵՐԳԱՀԱՄԱԿԱՐԳԻ ԱՌԿԱ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐԻ ՏԵՍԱՆԿՅՈՒՆԻՑ: ԵՐՋԷԿ-Ի ՀԱՄԱԿՑՎԱԾ ՑԻԿԼՈՎ ՆՈՐ ԷՆԵՐԳԱԲԼՈՎԸ..... | | |
| 2.1 | ՀՀ էներգահամակարգը..... | 57 |
| 2.2 | ՇՊՏ-ների աշխատանքային ռեժիմները..... | 64 |
| 2.3 | Երևանի ՋԷԿ-ի նոր կառուցված էներգաբլոկի նկարագրությունը..... | 69 |
| 2.4 | ՊՏՏ ջերմային հաշվարկի մեթոդների ուսումնասիրություն..... | 72 |
| ԳԼՈՒԽ 3. ԳԱՋԱՏՈՒՐՔԻ ՆԱՅԻՆ ՏԵՂԱԿԱՅԱՆՔՆԵՐԻ ԷՆԵՐԳԵՏԻԿԱԿԱՆ ՑՈՒՑԱՆԻՇՆԵՐԻ ԿԱՆԿԱԾՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ ՇՐՋԱԿԱ ՄԻՋԱԿԱՅՐԻ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐԻՑ..... | | |
| 3.1 | ՊՏՏ-ի էներգետիկական ցուցանիշների հաշվարկի մեթոդոլոգիայի մշակում..... | 88 |
| 3.2 | ՊՏՏ-ի էներգետիկական ցուցանիշների կախվածությունը կոմպրեսոր ներծծվող օդի հարաբերական խոնավությունից..... | 103 |
| 3.3 | ՊՏՏ-ի էներգետիկական ցուցանիշների կախվածությունը մթնոլորտային օդի ջերմաստիճանից..... | 109 |
| 3.4 | ՊՏՏ էներգետիկական ցուցանիշների հաշվարկի մշակված մեթոդի ստուգում` “Հրազդան-5” էներգաբլոկի ՊՏՏ-ի օրինակի | |

| | |
|--|-----|
| վրա..... | 115 |
| <i>ԳԼՈՒԽ 4. ԳԱԶԱՏՈՒՐՔԻՆԱՅԻՆ ՏԵՂԱԿԱՅԱՆՔԻ ԿՈՄՊՐԵՍՈՐ ՆԵՐԾԾԿՈՂ ՕՂԻ ԶԵՐՄԱՍՏԻՃԱՆԻ ՓՈՓՈԽՈՒԹՅԱՆ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ</i> | |
| <i>ՇՈԳԵԳԱԶԱՅԻՆ ՏԵՂԱԿԱՅԱՆՔԻ ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ԿՐԱ.....</i> | 118 |
| 4.1 ԳՏՏ կոմպրեսոր ներծծվող օդի ջերմաստիճանի ազդեցությունը օգտահանիչ կաթսայով ՇԳՏ աշխատանքի վրա..... | 118 |
| 4.2 ԳՏՏ կոմպրեսոր ներծծվող օդի ջերմաստիճանով պայմանավորված ՇԳՏ հզորության թերարտադրությունը և դրա փոխհատուցումը ջրային մշուշապատման համակարգի կիրառմամբ (ԵրՁԷԿ-ի օրինակի վրա)..... | 122 |
| 4.3 ԳՏՏ կոմպրեսոր ներծծվող օդի ջրային մշուշապատման համակարգի կիրառման տեխնիկատնտեսական հաշվարկը (ԵրՁԷԿ-ի օրինակի վրա)..... | 128 |
| <i>ԵԶՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ.....</i> | 133 |
| <i>ՕԳՏԱԳՈՐԾԿԱԾ ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ.....</i> | 134 |
| <i>ՀԱԿԵԼԿԱԾ.....</i> | 142 |

Ներածություն

Թեմայի արդիականությունը: Էլեկտրական էներգիայի արտադրության ոլորտում գազատուրբինային տեղակայանքները (ԳՏՏ) և դրանցով կահավորված համակցված շոգեգազային ցիկլով աշխատող էներգաբլոկները հանդիսանում են բնական ռեսուրսներով էլեկտրական էներգիայի արտադրության զարգացման հիմնական ուղղությունը: Ինչը պայմանավորված է նմանատիպ էներգաբլոկների բարձր շահավետությամբ, մանրայնությամբ ինչպես նաև շրջակա միջավայրի վրա՝ տրադիցիոն էներգաբլոկների համեմատ ավելի փոքր վնասակար ազդեցությամբ:

Հարկ է նշել, որ գազատուրբինային տեղակայանքների արտադրողականությունը և աշխատանքի արդյունավետությունը խիստ կախվածության մեջ են մթնոլորտային օդի պարամետրերից, մասնավորապես՝ ջերմաստիճանից: Հաշվի առնելով այն հանգամանքը, որ էլեկտրական էներգիայի պահանջարկի պիկը ամառային ամիսներին պայմանավորված է օդի հովացման համակարգերի գրեթե զանգվածային կիրառմամբ և համընկնում է ԳՏՏ-ի արտադրողականության նվազման հետ, արտադրողներն ու շահագործողները ստիպված են փնտրել հզորության անկման փոխհատուցման նոր մեթոդներ: ՀՀ էներգահամակարգը բացառություն չէ, և նույնպես տուժում է նկարագրված հիմնախնդրից:

Ակնհայտորեն, ցանկացած տեխնոլոգիա, որը ունակ է կանխել կամ վերականգնել ոչ բարենպաստ կլիմայական պայմաններից բխող ԳՏՏ արտադրողականության և արդյունավետության անկումը, դառնում է թանկարժեք ռեսուրս: Այդ առումով, վերջին ժամանակներս, լայն տարածում են ստացել ԳՏՏ կոմպրեսոր մատուցվող օդի հովացման տարբեր համակարգեր, որոնք ԳՏՏ մատուցվող օդը հովացնելով, ապահովում են վերջինիս էներգետիկական և արդյունավետության ցուցանիշների մոտեցումը նախագծային արժեքներին: Շոգեգազային համակցված տեղակայանքների էներգետիկական պարամետրերի վրա ԳՏՏ կոմպրեսոր մատուցվող օդի պարամետրերի փոփոխության ազդեցության ճշգրիտ հաշվարկը հանդիսանում է այդ ազդեցության չեզոքացման համապատասխան մեթոդի ընտրության հիմքը, և իրենից ներկայացնում է ժամանակակից էներգետիկայի խիստ կարևոր նշանակություն ունեցող խնդիրներից մեկը:

Աշխատանքի նպատակը և հետազոտության հիմնական խնդիրները: Հետազոտության նպատակն է գազատուրբինային և համակցված ցիկլով աշխատող շոգեգազատուրբինային տեղակայանքների աշխատանքային ռեժիմների

հետազոտումը և դրանց արդյունավետության և էներգետիկական ցուցանիշների լավարկման մեթոդների մշակումը:

Աշխատանքի հիմնական խնդիրներն են՝

1. Մշակել ԳՏՏ էներգետիկական ցուցանիշների հաշվարկի այնպիսի մեթոդիկա, որի միջոցով հնարավոր կլինի գնահատել կոմպրեսոր մատուցվող օդի ջերմաստիճանից կախված ԳՏՏ հզորության փոփոխությունը, ՕԳԳ-ն և վառելիքի ծախսը:

2. Ուսումնասիրել ԳՏՏ կոմպրեսոր մատուցվող օդի հովացման համակարգերի տարատեսակները և ընտրել լավարկային տարբերակը:

3. Ուսումնասիրել ԳՏՏ կոմպրեսոր մատուցվող օդի ջերմաստիճանի ազդեցությունը կոմպրեսորի ճնշման բարձրացման աստիճանի փոփոխության վրա:

4. Ուսումնասիրել ԳՏՏ կոմպրեսոր մատուցվող օդի պարամետրերի փոփոխությամբ պայմանավորված ԳՏՏ աշխատանքային ռեժիմի փոփոխության ազդեցությունը գոլորշային ցիկլի վրա համակցված տեղակայանքների համար:

Աշխատանքի արդյունքում հիմնական խնդիր է դրված Երևանի ՋԷԿ-ի համակցված ցիկլով էներգաբլոկի համար ուսումնասիրել մթնոլորտային պայմաններից՝ ԳՏՏ մատուցվող օդի ջերմաստիճանի ազդեցությունը տարեկան կտրվածքով, և ընտրված հովացման համակարգի միջոցով ստացվող լավարկումը, ինչպես նաև դիտարկել այդպիսի համակարգի տեղակայման տնտեսական շահավետության հարցերը:

Ֆետազոտության գիտական նորույթ:

1. Մշակվել է ԳՏՏ ջերմային հաշվարկի մեթոդիկա, որը հնարավորություն է տալիս հաշվարկել ԳՏՏ էներգետիկական և արդյունավետության ցուցանիշները ԳՏՏ կոմպրեսոր մատուցվող օդի ջերմաստիճանի, ճնշման և հարաբերական խոնավության արժեքների լայն տիրույթում:
2. Առաջարկվել է ԳՏՏ կոմպրեսոր մատուցվող օդի ջերմաստիճանի փոփոխության ազդեցությունը ԳՏՏ կոմպրեսորի ճնշման բարձրացման աստիճանի վրա գնահատող բանաձև,
3. Առաջարկվել է մեթոդիկա, որը հնարավորություն է տալիս գնահատել ԳՏՏ կոմպրեսոր ներծծվող օդի պարամետրերի փոփոխության ազդեցությունն օգտահանիչ կաթսայով շոգետուրբինի հզորության վրա:

Յետազոտության կիրառական նշանակությունը: Մշակված մեթոդիկաները և ծրագրային ապահովման փաթեթը կարող են կիրառվել գազատուրբինային և համակցված տեղակայանքների էներգետիկական և արդյունավետության ցուցանիշների հաշվարկման և դրանց լավարկման մեթոդների ուսումնասիրության նպատակով գործող կայաններում: Ինչպես նաև՝ նշված տեղակայանքների կարգաբերման, փորձարկման և նախագծային աշխատանքների ժամանակ:

Մշակված մեթոդիկայի և ծրագրային ապահովման փաթեթի միջոցով հաշվարկվել է ԵրՁԷԿ-ի համակցված էներգաբլոկի վրա մթնոլորտային օդի ջերմաստիճանի ազդեցությունը տարեկան կտրվածքով, ինչպես նաև ջրային մշուշապատման հովացման համակարգի տեղակայմամբ էներգաբլոկի աշխատանքային ռեժիմի լավարկման չափը: Կատարվել է նաև ջրային մշուշապատման համակարգի տեխնիկատնտեսական հաշվարկ նշված էներգաբլոկի համար:

Աշխատանքի վերաբերյալ հրապարակումները: Իրականացված հետազոտությունների հիմնական դրույթների ու արդյունքների մասին զեկուցվել է «Ջերմաէներգետիկա և շրջակա միջավայրի պաշտպանություն» ամբիոնի գիտական սեմինարներում և ՀՊՃՀ-ի ամենամյա տարեկան գիտաժողովներում (2010-2014թթ.): Ատենախոսության դրույթներն ու արդյունքներն արտացոլված են 6 գիտական աշխատություններում, որոնց ցանկը բերված է սեղմագրի վերջում:

Աշխատանքի ծավալը և կառուցվածքը: Ատենախոսությունը բաղկացած է ներածությունից, չորս գլուխներից, եզրակացություններից, 97 անուն օգտագործված գրականության ցանկից և 3 հավելվածներից: Ատենախոսական աշխատանքի ընդհանուր ծավալը կազմում է 161 էջ:

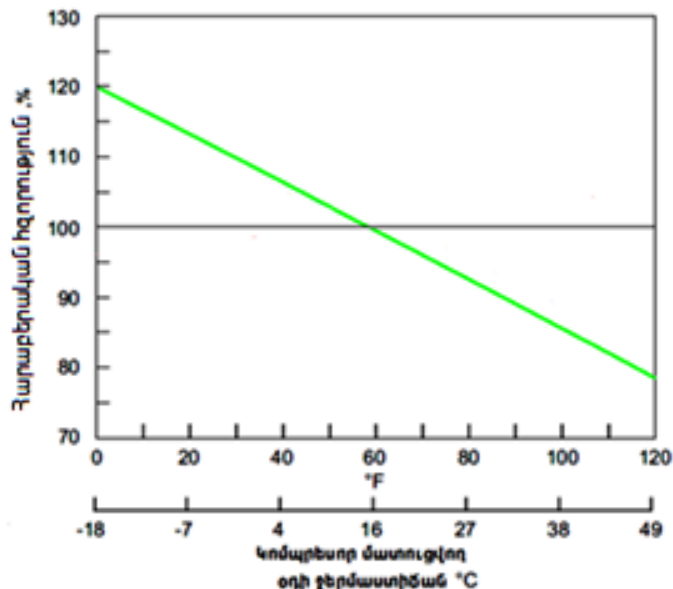
Պաշտպանության ներկայացվող հիմնական դրույթները

1. ԳՏՏ էներգետիկական և արդյունավետության ցուցանիշների կոմպրեսոր ներծծվող օդի պարամետրերից կախվածության հաշվարկի մեթոդիկա:
2. ԳՏՏ կոմպրեսորի ճնշման բարձրացման աստիճանի ներծծվող օդի ջերմաստիճանից կախվածության գնահատման փորձնական բանաձև:
3. Օգտահանիչ կաթսայով համակցված տեղակայանքի շոգեատուրբինի հզորության վրա ԳՏՏ կոմպրեսոր ներծծվող օդի պարամետրերի ազդեցությունը գնահատելու մեթոդիկա:

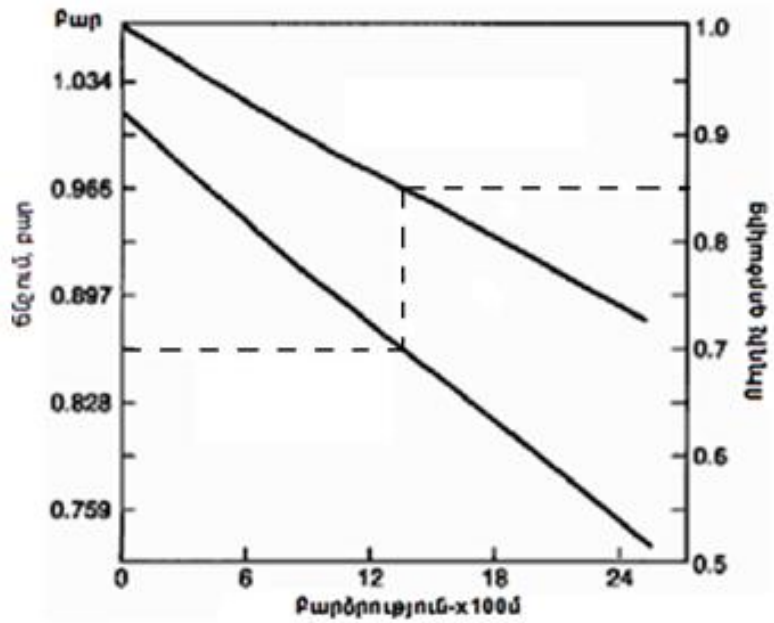
ԳԼՈՒԽ 1. ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ԱԿՆԱՐԿ

1.1 Մթնոլորտային օդի պարամետրերի ազդեցությունը գազատուրբինային և համակցված տեղակայանքների ցիկլերի աշխատանքի վրա

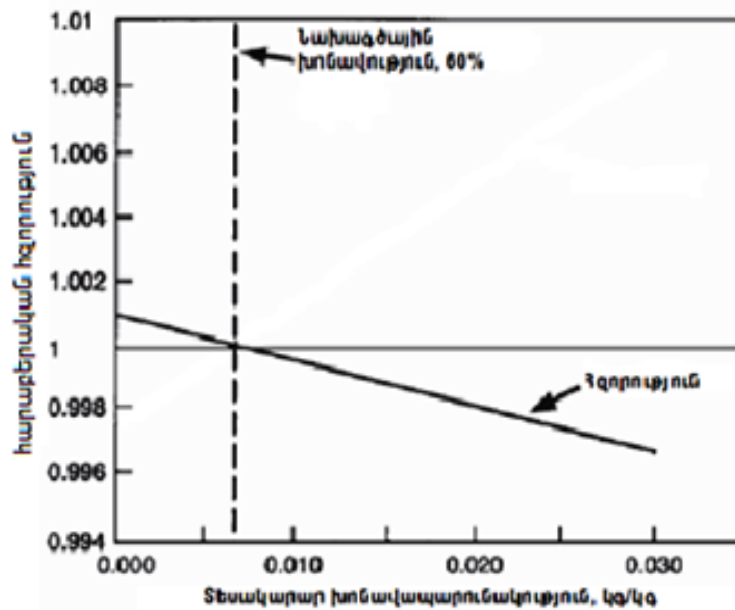
Մթնոլորտային օդի ջերմաստիճանի, ճնշման և հարաբերական խոնավության փոփոխությունները ունեն տարբեր մեծության ազդեցություն գազատուրբինային տեղակայանքների (ԳՏՏ) և հետևաբար նաև դրանց հիման վրա կառուցված համակցված ցիկլերով աշխատող տեղակայանքների արդյունավետության և արտադրողականության վրա [1]: ԳՏՏ-ի և համակցված տեղակայանքի արտադրողականության վրա հիմնական ազդեցություն ունի կոմպրեսոր ներծծվող օդի ջերմաստիճանը, իսկ ճնշման ազդեցությունը կարող է համարվել ավելի քիչ կարևոր: Կոմպրեսոր ներծծվող օդի հարաբերական խոնավության փոփոխության ազդեցությունը գրեթե աննշան է: Այսպես, 1 °C-ով օդի ջերմաստիճանի բարձրացումը հանգեցնում է հզորության 0,50...0,90 % անկման [2], մինչդեռ հաշվարկային արժեքից ճնշման 1 մթաթ նվազումը բերում է հզորության 0,10 % անկման: Ինչ վերաբերվում է օդի հարաբերական խոնավությանը, ապա դրա 1 % փոփոխությունը հանգեցնում է հզորության 0,01 % և ավելի պակաս փոփոխության [3]:



Նկ.1.1 Մթնոլորտային օդի ջերմաստիճանի ազդեցությունը ԳՏՏ հզորության վրա



Նկ.1.2 Մթնոլորտային ճնշման ազդեցությունը զՏՏ հզորության վրա



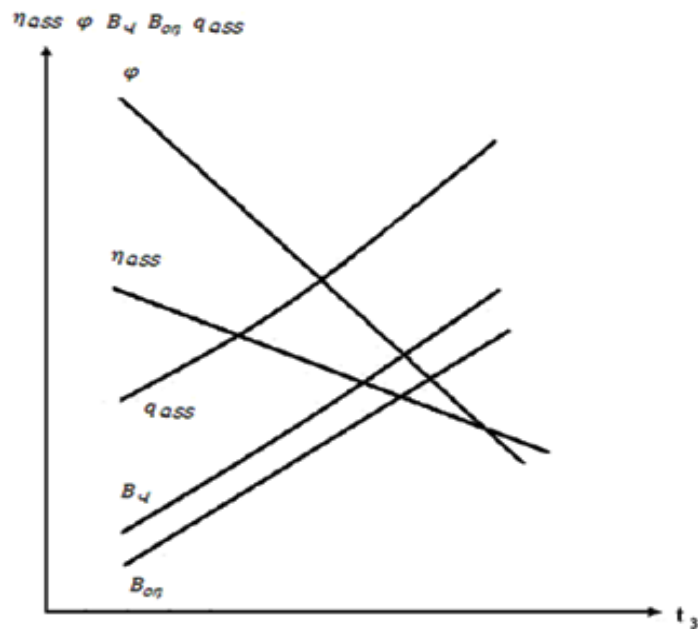
Նկ.1.3 Մթնոլորտային խոնավության ազդեցությունը զՏՏ հզորության վրա

Նկ.1.1-1.3–ում պատկերված գրաֆիկները ցույց են տալիս զՏՏ-ի հզորության և դրա կոմպրեսոր մատուցվող օդի՝ ջերմաստիճանի, ճնշման և հարաբերական խոնավության փոփոխությունների միջև կապը, Ջեներալ Էլեքթրիքս (ՋԷ) ընկերության արտադրության MS7001 գազատուրբինային տեղակայանքի համար[4]:

Հաշվի առնելով, որ զՏՏ-ի կոմպրեսոր մատուցվող օդի հարաբերական խոնավության և ճնշման փոփոխությունների ազդեցությունները տեղակայանքի

հզորության վրա զգալիորեն փոքր են, ինչպես նաև այն փաստը, որ մթնոլորտային ճնշումը տարվա ընթացքում խիստ փոփոխությունների չի ենթարկվում, դրանց ազդեցությունները տեղակայանքի վրա կարելի է արհամարհել:

ԳՏՏ արդյունավետության ցուցանիշների վրա կոմպրեսոր ներծծվող օդի ջերմաստիճանի ազդեցությունը բերված է նկ.1.4-ում պատկերված գրաֆիկում, որից երևում է, որ մթնոլորտային օդի ջերմաստիճանի (t_3) բարձրացումը հանգեցնում է ԳՏՏ օգտակար գործողության գործակցի ($OԳԳ$) ($\eta_{ԳՏՏ}$) և օգտակար հզորության գործակցի (φ) նվազման, հետևաբար նաև վառելիքի, օդի և ջերմության տեսակարար ծախսերի ($B_1, B_{\text{ս}}, q_{ԳՏՏ}$) մեծացման [5]:



Նկ. 1.4 Կոմպրեսոր ներծծվող օդի ջերմաստիճանի ազդեցությունը ԳՏՏ հիմնական էներգետիկական ցուցանիշների վրա

Կոմպրեսոր մատուցվող օդի ջերմաստիճանի ազդեցությունը ԳՏՏ-ի հզորության վրա ավելի խորը ուսումնասիրելու համար, դիտարկենք դրա ազդեցությունը օդի սեղմման պրոցեսի վրա: Քանի որ ԳՏՏ-ի կոմպրեսորը ծախսում է տուրբինի ստեղծած հզորության մինչև 60 %-ը, ուստի ցանկացած միջոցառում, որը միտված է կոմպրեսորում օդի սեղմման վրա ծախսվող աշխատանքի նվազեցմանը, հանգեցնում է ամբողջ տեղակայանքի օգտակար հզորության ավելացման [6]:

Կոմպրեսորի աշխատանքը կարելի է ներկայացնել հետևյալ բանաձևով՝

$$L_i = C_p(T_2 - T_1) = C_p T_1 \left(\beta^{\frac{k-1}{k} \eta_{i,\dot{a}}} - 1 \right): \quad (1.1)$$

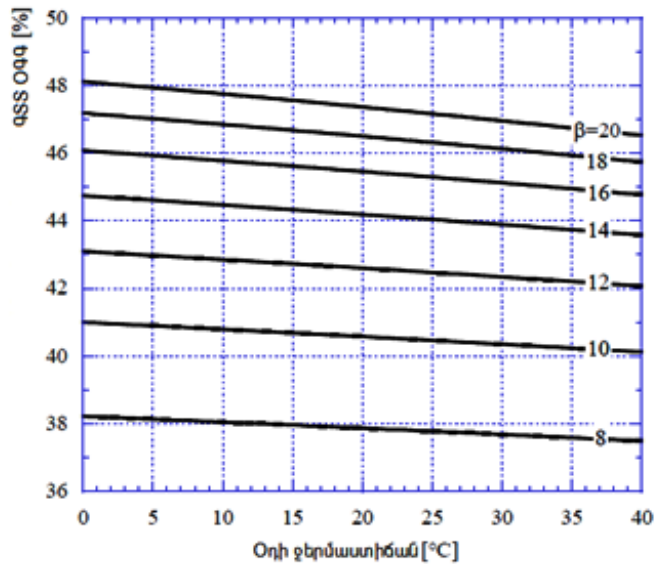
(1.1)-ից ակնհայտ է, որ T_1 -ի բարձրացումը հանգեցնում է սեղմման պրոցեսի վրա ծախսվող աշխատանքի ավելացման:

Եթե ցիկլում հաշվի չառնվեն ճնշման անկումները կոմպրեսորի մուտքում, կոմպրեսորը այրման կամերային միացնող տրակտում և տուրբինի ելքում, իսկ աշխատող մարմինների ջերմունակությունները ընդունվեն հաստատուն, ապա ԳՏՏ-ի թերմոդինամիկական արդյունավետությունը կարելի է ներկայացնել հետևյալ բանաձևով`

$$\eta_{\dot{a}} = \frac{L_i - L_1}{C_p(T_3 - T_2)} = \frac{T_3 \left[1 - \frac{1}{\beta^{\frac{k-1}{k} \eta_{i,\dot{a}}}} \right] - T_1 \left[\beta^{\frac{k-1}{k} \eta_{i,\dot{a}}} - 1 \right]}{(T_3 - T_1) \cdot \beta^{\frac{k-1}{k} \eta_{i,\dot{a}}}}, \quad (1.2)$$

որտեղ β -ն կոմպրեսորում ճնշման բարձրացման աստիճանն է, $k = C_p / C_v$ -ն ադիաբատի ցուցիչն է, $\eta_{i,\dot{a}}$ -ն տուրբինի պոլիտրոպ ՕԳԳ-ն է, $\eta_{i,\dot{a}}$ -ն կոմպրեսորի պոլիտրոպ ՕԳԳ-ն է, T_3 -ը ծխագազերի ջերմաստիճանն է տուրբինի մուտքում, T_2 -ն օդի ջերմաստիճանն է կոմպրեսորի ելքում, T_1 -ն օդի ջերմաստիճանն է կոմպրեսորի մուտքում, L_i -ը տուրբինի տեսակարար աշխատանքն է, E_i -ն կոմպրեսորի տեսակարար աշխատանքն է:

Ինչպես երևում է (1.2)-ից ԳՏՏ կոմպրեսոր ներծծվող օդի ջերմաստիճանի բարձրացումը հանգեցնում է ԳՏՏ-ի թերմոդինամիկական ՕԳԳ-ի նվազման, օդի սեղմման վրա ծախսվող տեսակարար աշխատանքի մեծացման հետևանքով: Կոմպրեսոր մատուցվող օդի ջերմաստիճանից ԳՏՏ-ի ՕԳԳ-ի կախվածության միտումը հաշվարկված (1.2) բանաձևով, ներկայացված է նկ.1.5-ում պատկերված գրաֆիկում: Այստեղ $T_3 = 1400 \text{ }^\circ\text{C}$, $\eta_i = \eta_{i,\dot{a}} = 0,9$ և $k = 1,4$ պայմանների համար հաշվարկված է օդի ջերմաստիճանի ազդեցությունը ԳՏՏ-ի ՕԳԳ-ի վրա կոմպրեսորում ճնշման բարձրացման աստիճանի 8...20 միջակայքում:



Նկ.1.5 QSS թերմոդինամիկական ՕԳԳ-ի կախվածությունը մթնոլորտային օդի ջերմաստիճանից կոմպրեսորի ճնշման բարձրացման տարբեր աստիճանների դեպքում

QSS կոմպրեսոր ներծծվող օդի ջերմաստիճանի բարձրացման հաջորդ հիմնական ազդեցությունը օդի զանգվածային ծախսի նվազումն է: QSS-ն, որը աշխատում է հաստատուն պտտման արագությամբ, հանդիսանում է հաստատուն ծավալային մեքենա: Օդի զանգվածային ծախսը կոմպրեսորի մուտքում կարելի է ներկայացնել հետևյալ բանաձևով՝

$$m_{\dot{u}^1} = \rho_{\dot{u}^1} V, \quad (1.3)$$

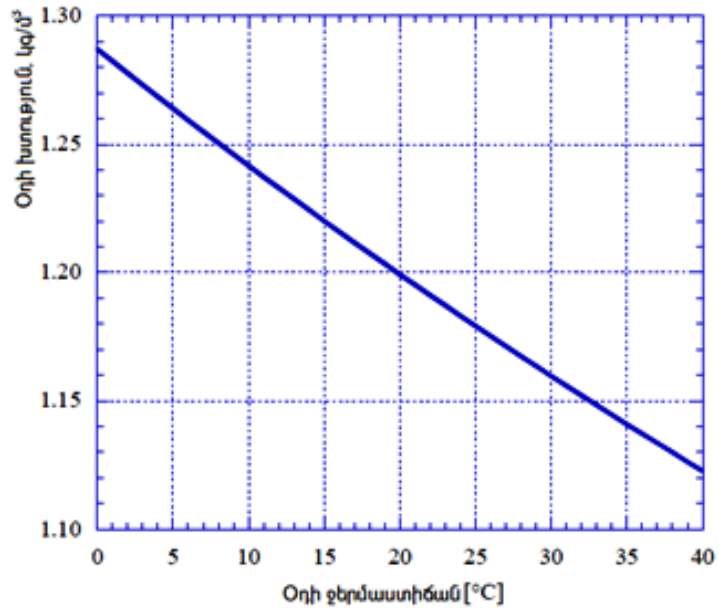
որտեղ V -ն օդի ծավալային ծախսն է կոմպրեսորի մուտքում:

Օդի խտությունը կոմպրեսորի մուտքում ($\rho_{\dot{u}^1}$) կարելի է ներկայացնել՝

$$\rho_{\dot{u}^1} = \frac{P_1}{RT_1}, \quad (1.4)$$

որտեղ P_1 -ը ճնշումն է կոմպրեսորի մուտքում, R -ն ունիվերսալ գազային հաստատունն է, T_1 -ը կոմպրեսորի մուտքում օդի ջերմաստիճանն է, $\rho_{\dot{u}^1}$ -ն օդի խտությունն է կոմպրեսորի մուտքում:

Նկ.1.6–ում պատկերված գրաֆիկը ցույց է տալիս օդի խտության կախվածությունը ջերմաստիճանից, երբ ճնշումը հավասար է 1,013 բար, իսկ հարաբերական խոնավությունը՝ 60 %:



Նկ.1.6 Մթնուլորտային օդի խտությունը որպես ֆունկցիա ջերմաստիճանից (1,013 *բար* ճնշման և 60 % հարաբերական խոնավության պայմաններում)

Գազատուրբինի հզորությունը կարելի է ներկայացնել հետևյալ բանաձևով՝

$$P_{\text{ԴԻ}} = m_{\text{Վ}}(L_i - L_j) \quad (1.5)$$

(1.3), (1.4) և (1.5) բանաձևերի համատեղումից գազատուրբինի աշխատանքի համար կարող ենք գրել՝

$$P_{\text{ԴԻ}} = \frac{P_i}{RT_i} V(L_i - L_j) = \frac{P_i}{RT_i} V \left[T_3 \left(1 - \frac{1}{\beta^{\frac{k-1}{k} \eta_{\text{ԴԻ}}}} \right) - T_1 \left(\beta^{\frac{k-1}{k} \eta_{\text{ԴԻ}}} - 1 \right) \right] : \quad (1.6)$$

(1.6)-ը ցույց է տալիս, որ գազատուրբինի հզորության նվազումը պայմանավորված է օդի սեղմման տեսակարար աշխատանքի մեծացմամբ, տուրբինի տեսակարար աշխատանքի նվազմամբ և $\frac{P_i}{RT_i}$ անդամով, որը ցույց է տալիս կոմպրեսորի մուտքում զանգվածային ծախսը:

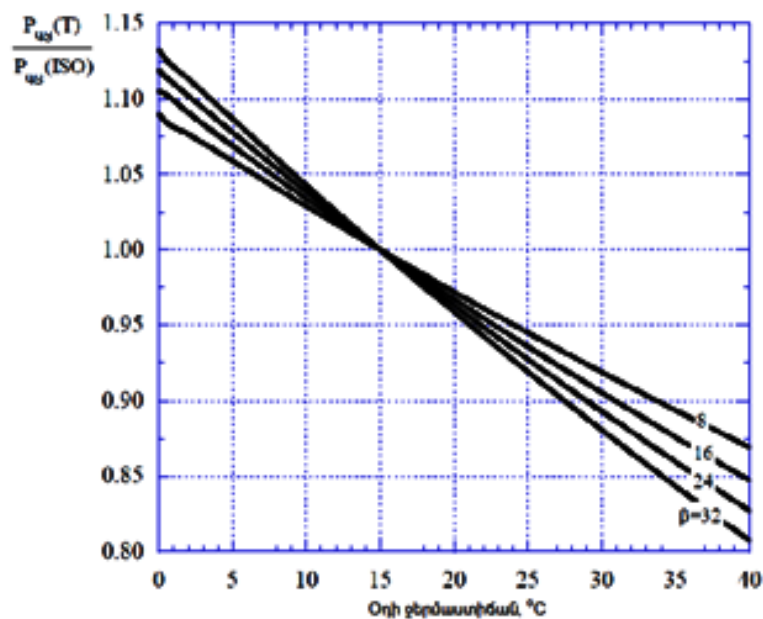
Եթե T_3 -ը, $\eta_{\text{ԴԻ}}$ – \hat{Y} – $\eta_{\text{ԴԻ}}$ – ն ենթադրվեն հաստատուն, նաև ընդունվի, որ կոմպրեսորի ճնշման բարձրացման աստիճանը չի փոփոխվում մատուցվող օդի ջերմաստիճանից կախված, ապա որևէ տրված ջերմաստիճանի դեպքում ԳՏՏ-ի հզորության հարաբերությունը հաշվարկային հզորությանը կարելի է ներկայացնել հետևյալ կերպ՝

$$\frac{P_{\text{ԴԻ}}(T_i)}{P_{\text{ԴԻ}}(ISO)} = \frac{1 - T_i C}{T_{1D}}, \quad (1.7)$$

$$\text{որտեղ } C = \frac{\beta^{\frac{k-1}{k}} \eta_{i,3}^{-1}}{T_3 \left(1 - \frac{1}{\beta^{\frac{k-1}{k}} \eta_{i,3}}\right)}, \quad \text{և} \quad D = \frac{1}{T_{ISO}} - C:$$

(1.7)-ը ցույց է տալիս կոմպրեսոր ներծծվող օդի ջերմաստիճանի ազդեցությունը ՊՏՏ հզորության վրա, հաստատուն β -ի դեպքում:

Նկ.1.7–ում պատկերված գրաֆիկում բերված են հզորության գործակցի ($\frac{P_{\text{ուշ}}(T)}{P_{\text{ուշ}}(ISO)}$) արժեքները ըստ (1.7)-ի, երբ $T_3=1400 \text{ }^\circ\text{C}$, $\eta_i = \eta_{i,3}=0,9$ և $k=1,4$, կոմպրեսորում ճնշման բարձրացման տարբեր աստիճանների դեպքում:



Նկ.1.7 ՊՏՏ հզորության գործակիցը որպես ֆունկցիա կոմպրեսորի սեղմման աստիճանից և մթնոլորտային օդի ջերմաստիճանից

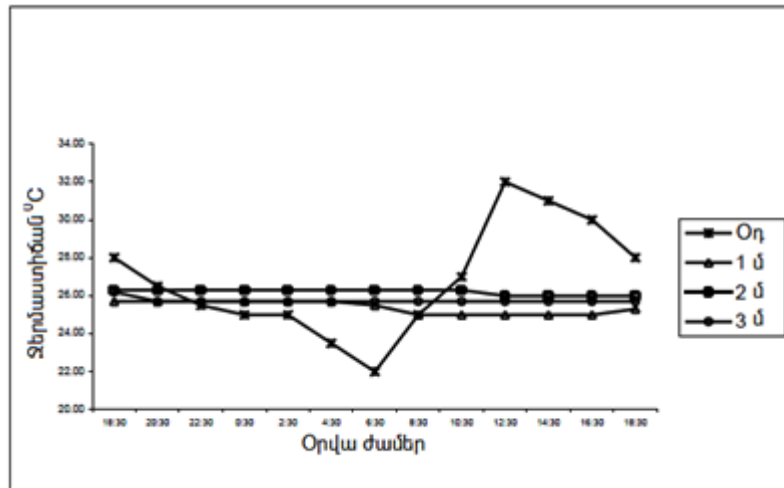
Նկ.1.7–ից կարելի է նկատել, որ մնացած բոլոր հավասար պայմանների դեպքում, ինչքան մեծ է կոմպրեսորում ճնշման բարձրացման աստիճանը, այնքան ավելի մեծ է ներծծվող օդի ջերմաստիճանի բարձրացումից ՊՏՏ-ի հզորության անկումը:

Համակցված ցիկլերի դեպքում ՊՏՏ կոմպրեսոր մատուցվող օդի ջերմաստիճանի փոփոխության ազդեցությունը նկատվում է նաև ստորին՝ շոգեջրային ցիկլի վրա: Մասնավորապես, նվազում է ՊՏՏ-ից շոգու ռեգեներատոր տրվող ջերմային էներգիայի քանակը: Այս անկումը պայմանավորված է ՊՏՏ-ից հեռացող

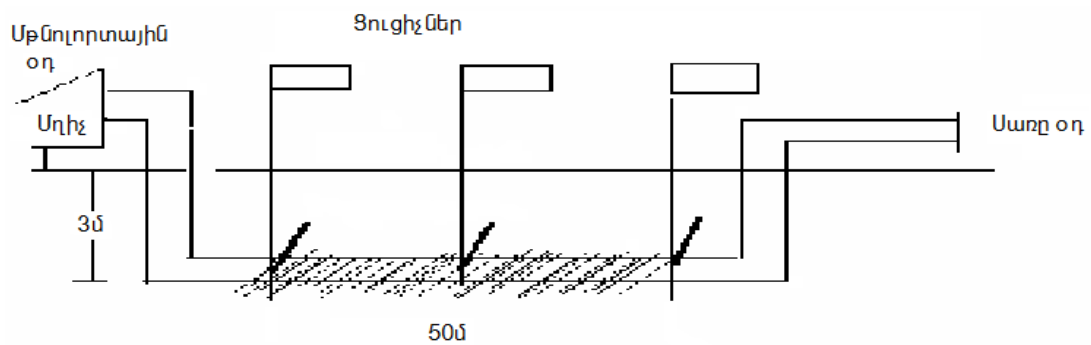
ծխագազերի քանակի նվազմամբ, և միայն փոքր-ինչ փոխհատուցվում է հեռացող ծխագազերի ջերմաստիճանի բարձրացման ազդեցությամբ: Որպես հետևանք, ավելի քիչ գոլորշի է արտադրվում, որը նշանակում է շոգետուրբինի հզորության նվազում: Ավելին, մթնոլորտային օդի ջերմաստիճանի բարձրացումը ազդում է նաև գոլորշային ցիկլի հովացման համակարգի աշխատանքի վրա և բերում է շոգետուրբինի արտածման ջերմաստիճանի բարձրացման:

1.2. QSS կոմպրեսոր մատուցվող օդի հովացման եղանակների և սխեմաների վերլուծություն

Դիտարկենք մի շարք եղանակներ, որոնք նպատակաուղղված են շրջակա միջավայրի ջերմաստիճանի բարձրացման պարագայում QSS հզորության անկման վերականգնմանը, տեղակայանքի կոմպրեսոր մատուցվող օդի հովացման միջոցով [7,8,9,10,11] : Դրանց մեջ յուրահատուկ տեղ է գրավում հովացման փորձնական տեղակայանքը, որում QSS կոմպրեսոր մատուցվող օդի հովացումը իրականացվում է օդի ջերմությունը հաղորդելով հողածածկույթի որոշակի խորության շերտերին: Այս մեթոդը հիմնված է այն երևույթի վրա, որ չնայած, որ օրվա ընթացքում մթնոլորտային օդի ջերմաստիճանը տատանվում է բավականին մեծ շրջանակներում, մոտ 2մ խորության վրա՝ հողաշերտի ջերմաստիճանը գործնականում մնում է հաստատուն: Նկ.1.8–ում պատկերված գրաֆիկը, որպես օրինակ ցույց է տալիս Հնդկաստանի Ահմադեբադ քաղաքի օդի և տարբեր խորություններում հողաշերտի ջերմաստիճանների տատանումները ամառային որևէ օրվա ընթացքում: Ինչպես երևում է բերված գրաֆիկից, մինչ օդի ջերմաստիճանի փոփոխությունը օրվա ընթացքում կազմում է 10 °C, բարձրանալով մինչև 32 °C, երբ առավոտյան ժամերին այն 22 °C էր, 3մ խորության հողաշերտի ջերմաստիճանը գործնականում մնում է հաստատուն՝ 25,7 °C ջերմաստիճանով: Նման հովացման համակարգերը կիրառվում են Եվրոպայում և Հյուսիսային Ամերիկայում ջերմոցների, թռչնաբուծական համալիրների և խոզաբուծարանների օդորակման համակարգերում:



Նկ.1.8. Հողածածկույթի ջերմաստիճանը տարբեր խորությունների վրա և օդի ջերմաստիճանը Ահմադեբադում, 19...20 օգոստոսի, 1999թ.

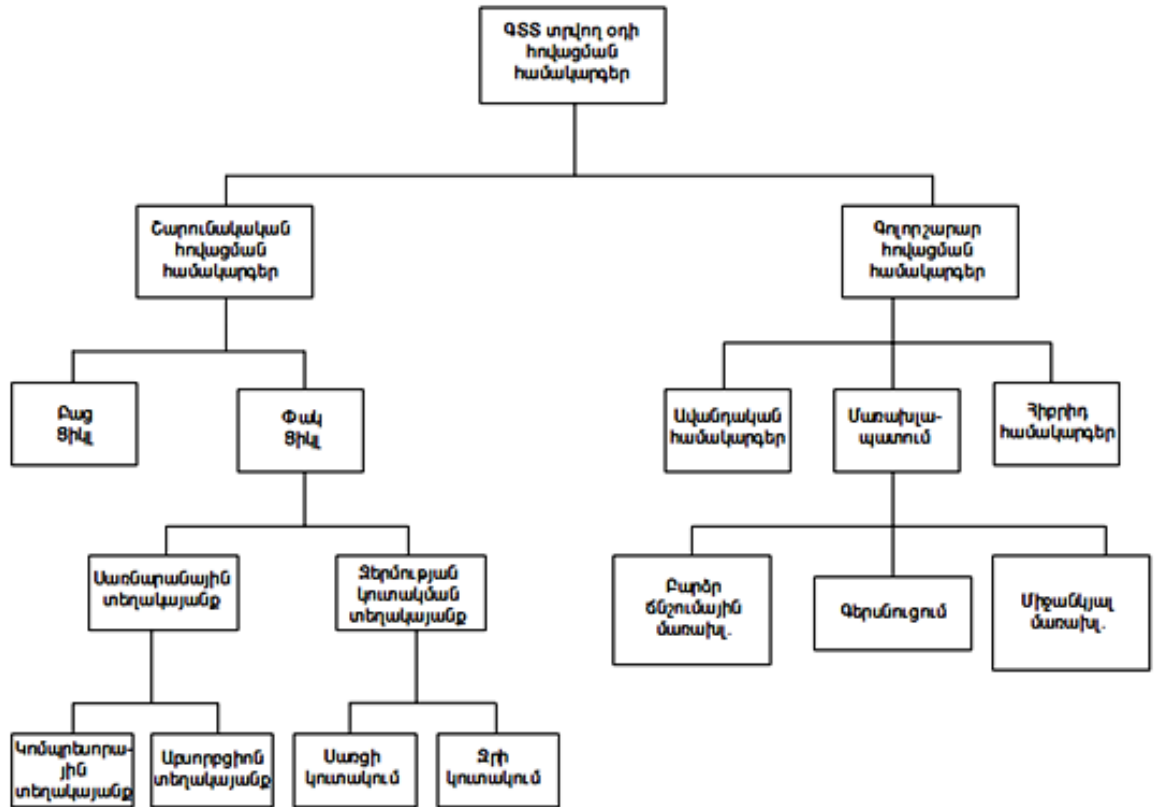


Նկ.1.9. ՉՏՏ մատուցվող օդի հողածածկույթի միջոցով հովացման տեղակայանք

ՉՏՏ մատուցվող օդի վերը նշված հովացման համակարգի փորձնական տեղակայանքը, որը տեղակայված է Հնդկաստանի Ահմադեբադ քաղաքում, կազմված է 50 մ երկարությամբ 10 սմ տրամագծով կողավորված խողովակից, որը գտնվում է 3 մ խորության վրա: Հավելյալ օդամուղը մղում է մթնուղորտային տաք օդը այդ խողովակի միջով, որի մյուս կողմից դուրս եկող օդը ունի գրեթե հողաշերտի ջերմաստիճանին հավասար ջերմաստիճան, և արդեն մատուցվում է ՉՏՏ կոմպրեսոր (Նկ.1.9): ABB STAL GT10B մոդելի ՉՏՏ-ի համար կատարված հաշվարկների արդյունքները փաստում են, որ նշված համակարգի կիրառումը նշված քաղաքում կբերի ՉՏՏ օգտակար հզորության 1055 կՎտ ավելացման [12]:

Նկ.1.10–ում պատկերված են ՉՏՏ մատուցվող օդի հովացման հիմնական եղանակները, որոնք բաժանվում են երկու հիմնական տեսակների՝ “շարունակական

հովացման համակարգեր”, երբ չկա անմիջական կոնտակտ հովացվող օդի և հովացնող միջավայրի միջև, և “գոլորշարար հովացման համակարգեր”, որոնցում հովացումը իրականացվում է հովացվող միջավայրի և հովացնող ազենտի խառնման միջոցով [7...11]:



Նկ.1.10. QSS կոմպրեսոր մատուցվող օդի հովացման մեթոդներ

Ստորև ներկայացվում են դրանց աշխատանքի հիմնական սկզբունքները:

Հովացման շարունակական համակարգեր` օդի հովացումը իրականացվում է QSS կոմպրեսոր օդի մատուցման համակարգի օդատարի (տրակտի) մեջ, կոմպրեսորից առաջ, ջերմափոխանակիչ ապարատի տեղադրմամբ: Զուրը, կամ որևէ այլ սառնարանային ազենտ կարող է հանդիսանալ ցրտի աղբյուր: Վերջին դեպքում անհրաժեշտ է նաև սառնարանային տեղակայանք: Այս տիպի տեղակայանքներից ամենատարածվածները ունեն կոմպրեսորային կամ օքսորքցիոն սառնարանային տեղակայանքներ, կամ ջերմային էներգիայի կուտակման հնարավորություն:

Գոլորշարար հովացման համակարգեր` այս համակարգերի աշխատանքի հիմքում ընկած է ջրի գոլորշիացման միջոցով օդի հովացման իրականացումը: Գոլորշարար հովացման համակարգերի համար գոյություն ունեն օդը և ջուրը կոնտակտի մեջ դնելու երկու հիմնական եղանակներ` ավանդական եղանակ, որի

դեպքում, օդը ստիպողաբար ուղղվում է կոմպրեսոր օդի մատուցման համակարգի օդատարի մեջ տեղակայված թրջված բջիջներ, և ջրային մշուշապատումը (մշուշապատում՝ խոնավ օդային միջավայրի ստեղծում), որի դեպքում կիրառվում են ջրի փոշիացուցիչ փողրակներ: Հիբրիդային համակարգերում, գոլորշիացման հովացման ազդեցությունը համակցվում է որևէ այլ տիպի ջերմափոխանակիչի հետ, որպես կանոն՝ պտտվող ջերմափոխանակիչի: Շարունակական համակարգերը իրենց հերթին բաժանվում են 2 խմբի՝

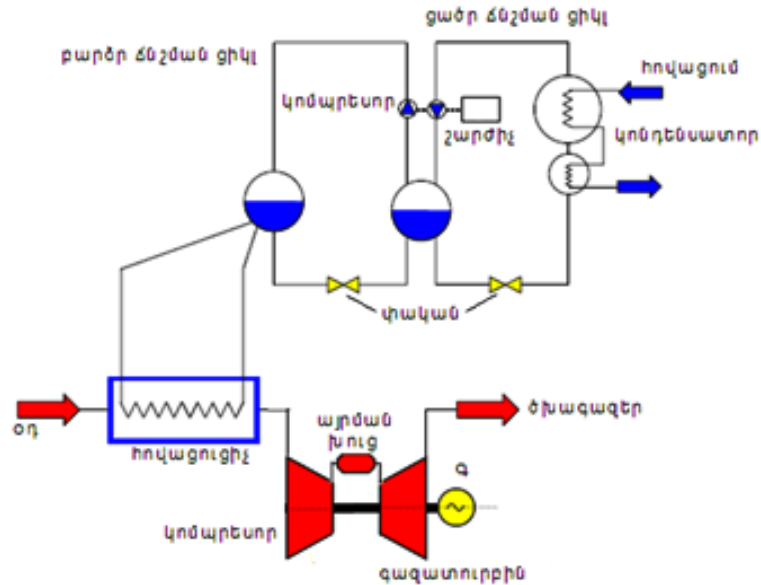
-Բաց ցիկլով շարունակական հովացում,

-Փակ ցիկլով շարունակական հովացում:

Բաց ցիկլով շարունակական հովացում այս համակարգում, օդի հովացման համար անհրաժեշտ ջուրը վերցվում է որևէ արտաքին աղբյուրից(գետ, լիճ կամ ծով) և օգտագործվում է կոմպրեսորից առաջ տեղադրված ջերմափոխանակիչ ապարատում որպես սառնարանային ազենտ: Այս համակարգի հիմնական առավելությունը նրանում է, որ այն շատ պարզ իրականացում ունի, բայց պետք է նշել, որ դրա հովացման պոտենցիալը կախված է ջրի աղբյուրի ջերմաստիճանից և տեղանքի կլիմայական պայմաններից: Նաև ջերմափոխանակիչ ապարատի կիրառությունը բերում է օդի մատուցման տրակտում ճնշման անկման մեծացման:

Փակ ցիկլով կոմպրեսորային սառնարանային տեղակայանքով շարունակական հովացում Այս մեթոդի դեպքում օգտագործվում է օդի մատուցման տրակտում տեղադրված ջերմափոխանակիչ ապարատ, որով շրջանառվում է սառնարանային որևէ ազենտ, որը իր հերթին հովացվում է սառնարանային տեղակայանքում: Ամենաարդյունավետ համակարգը ամոնիակի գերսնուցմամբ համակարգն է, որում կիրառվում են պտուտակային կոմպրեսոր(ներ) և մակերևութային կոնդենսատոր(ներ): Հեղուկի գերսնումը իրականացվում է ջերմափոխանցման գործակիցը 25...30 %-ով մեծացնելու նպատակով: Կարելի է կիրառել մի քանի ճնշման ամոնիակ մի քանի աստիճանային ցիկլերով, սառնարանի կոմպրեսորի ծախսած էներգիան նվազեցնելու համար: Սառնարանայի տեղակայանքի կոմպրեսորը կարող է ունենալ էլեկտրական կամ վառելիքային հաղորդակ: Վառելիքային հաղորդակով կոմպրեսորի կիրառման դեպքում տեղի է ունենում “մաքուր” էլեկտրական հզորության բարձրացման ավելացում, սակայն այնուամենայնիվ էլեկտրաէներգիա է պահանջվում յուրի պոմպերի և այլ օժանդակ սարքավորումների համար: Համակարգը պահանջում է համեմատաբար մեծ կապիտալ ներդրումներ, մեծ տեղակայման տարածք և բարդ է

շահագործման մեջ: Վառելիքով աշխատող կոմպրեսորներ կիրառվում են, երբ կա էլ. էներգիայի վերականգնման ծայրահեղ անհրաժեշտություն: Տեղադրվում է նաև պաշտպանության համակարգ, սառնարանային ազենտի արտահոսքերից խուսափելու համար (նկ.1.11):



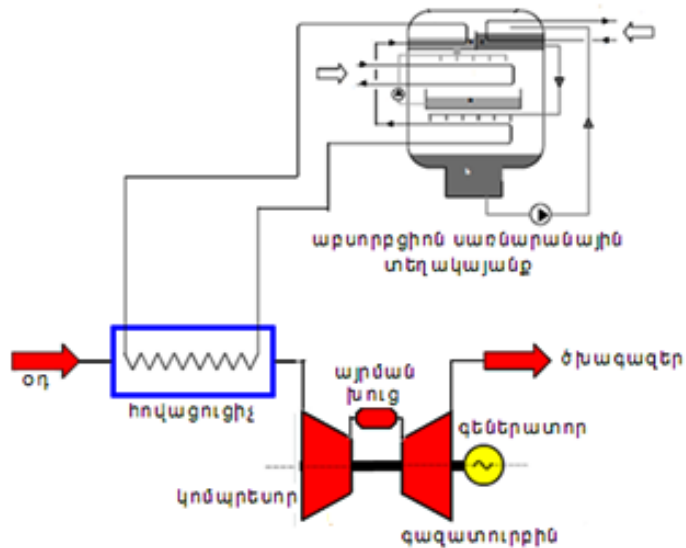
Նկ.1.11. Կոմպրեսորային սառնարանային տեղակայանքով շարունակական հովացման տեղակայանք

Փակ ցիկլով արտորբցիոն սառնարանային տեղակայանքով շարունակական հովացում այս համակարգը պահանջում է ջերմության աղբյուր՝ ռեգեներատորի համար: Որպես ջերմության աղբյուր սովորաբար կիրառում են գազատուրբինից հեռացող ծխազագերը, կամ գոլորշի, եթե հնարավոր է: Աբսորբցիոն սառնարանային մեքենաները, մասնավորապես նրանք, որոնք որպես սառնարանային ազենտ օգտագործում են լիթիումի բրոմիդը, տարիների ընթացքում լայն կիրառություն են ստացել ավիացիոն գազատուրբինների հովացման համար: Դրանք կարող են հովացնել օդը մինչև 10 °C: Որպես ռեգեներատորի ջերմության աղբյուր կարող է կիրառվել նաև գազ կամ տաք ջուր: Չնայած որ այս դեպքում ջերմության աղբյուրը էլ. էներգիա չի ծախսում, սակայն էլ. էներգիա անհրաժեշտ է պոմպերի, կոնդենսատորի օդամուղների և այլ օժանդակ սարքավորումների համար:

Աբսորբցիոն տեղակայանքը (նկ.1.12) կարող է լինել մեկ կամ կրկնակի ազդեցության: Մեկ ազդեցության տեղակայանքը ունի էներգիայի 0,7...0,9 վերափոխման գործակից, կրկնակի ազդեցության տեղակայանքներում այն հասնում է 1,15-ի: Մեկ ազդեցության գոլորշու արտորբցիոն համակարգը պահանջում է 1...1,4 բար

Ճնշման գոլորշի, իսկ կրկնակի ազդեցության տեղակայանքը՝ 7,9...8,3 *բար*: Կրկնակի ազդեցության համակարգերում կարելի է կիրառել ավելի ցածր ճնշման գոլորշի, սակայն դա բերում է արդյունավետության անկման: Օրինակ, շոգու ճնշման մինչև 4,8 *բար* իջեցումը բերում է հովացուցչի արտադրողականության 20 % անկման: Կրկնակի ազդեցության աբսորբցիոն համակարգերի շոգու ծախսը մոտ 2 անգամ ավելի քիչ է համեմատած մեկ ազդեցության համակարգերի հետ:

Պարզ ցիկլով աշխատող ՉՏՏ-ների դեպքում, բավական է ներգիս է արտանետվում շրջակա միջավայր՝ հեռացող ծխագազերի հետ: Այդ էներգիան կարող է օգտագործվել որևէ օգտակար նպատակով: Օրինակ, ՉՏՏ հեռացող ծխագազերը կարող են անմիջապես օգտագործվել որպես ջերմության աղբյուր՝ ռեգեներատորում, կամ կարող են օգտագործվել տաք ջուր կամ գոլորշի արտադրելու համար՝ ՉՏՏ-ից հետո ջերմափոխանակիչի տեղադրմամբ:

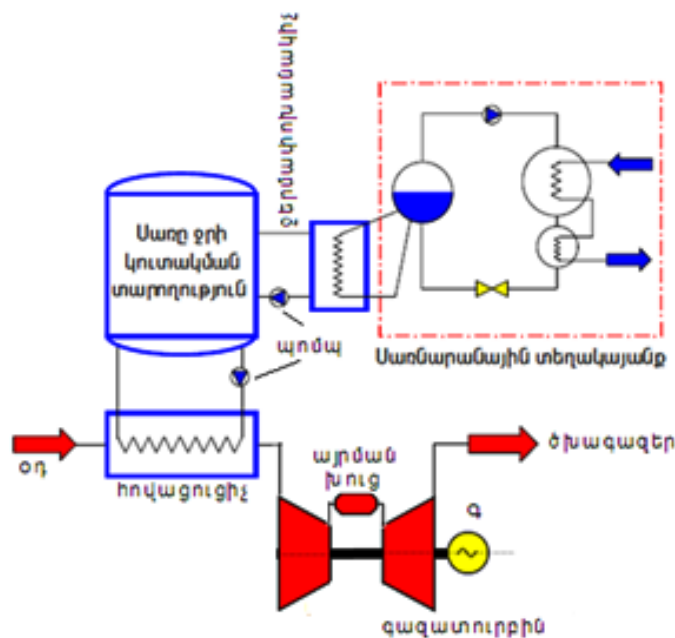


Նկ.1.12. Աբսորբցիոն սառնարանային տեղակայանքով շարունակական հովացման տեղակայանք

Սակայն պետք է նկատի ունենալ որ, երբ տաք ջրի կամ գոլորշու արտադրության համար պահանջվում է նոր ջերմափոխանակիչ մակերևույթների տեղակայում օգտահանիչ կաթսայում, ապա դրանք հանգեցնում են ճնշման անկման մեծացման, մանավանդ երբ այդ նոր մակերևույթները ավելացվում են որպես վերնակառուցվածք և դրանք հաշվի չեն առնված նախագծման ժամանակ:

Փակ ցիկլով շարունակական հովացում ջերմային էներգիայի կուտակմամբ այս հովացման համակարգը ոչ պիկային ժամերին ստեղծում և կուտակում է ցուրտ (սառույց կամ սառը ջուր), որը պիկային ժամերին օգտագործվում է կոնդարեսոր

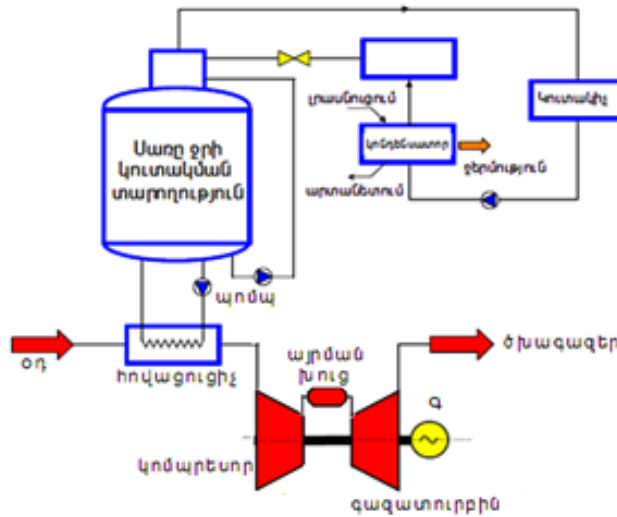
մատուցվող օդի հովացման և հզորությունը ավելացնելու համար: Այսպիսի բնութագրերով հովացման համակարգը տնտեսապես օգտակար է միայն օրվա մի քանի ժամերին, հատկապես երբ գազաթնային և սովորական ժամերին էլ էներգիաների արժեքների միջև տարբերությունը մեծ է: Չնայած, որ այս համակարգերը բավականաչափ երկար ժամանակահատվածում կարող են առաջացնել ջերմաստիճանի նշանակալի իջեցում, սրանց կիրառմամբ հզորության միջին ավելացումը ամենափոքրն է մնացած բոլոր համակարգերի համեմատ: Հարկ է նշել նաև, որ կապիտալ ներդրումները և կայանի շահագործման բարդեցումը շատ ավելի մեծ են մշուշապատմամբ հովացման համակարգի համեմատ:



Նկ.1.13. Ջերմային էներգիայի կուտակում սառը ջրի տեսքով

Նկ.1.13 և 1.14-ում ներկայացված են ջերմային էներգիայի կուտակմամբ հովացման համակարգի սխեմաներ, ջերմային էներգիայի կուտակման՝ սառը ջրի և սառցի տեսքով համապատասխանաբար: Սառույցը ամենաարդյունավետ կուտակման եղանակն է, քանի որ դրա ցրտի պահպանման ծավալը մի քանի անգամ ավելի մեծ է այս տիպի համակարգերում կիրառվող մնացած հեղուկների համեմատ:

Սառը ջուրը կամ այլ հեղուկները կարող են նույնպես դիտարկվել, սակայն այդ դեպքում կարող են պահանջվել մինչև 7 անգամ ավելի մեծ կուտակման ծավալներ սառցի կուտակման համեմատ, որը բերում է դրանց կիրառման սահմանափակումների, երբ պահանջվում է կոմպրեսոր մատուցվող օդի խորը հովացում:

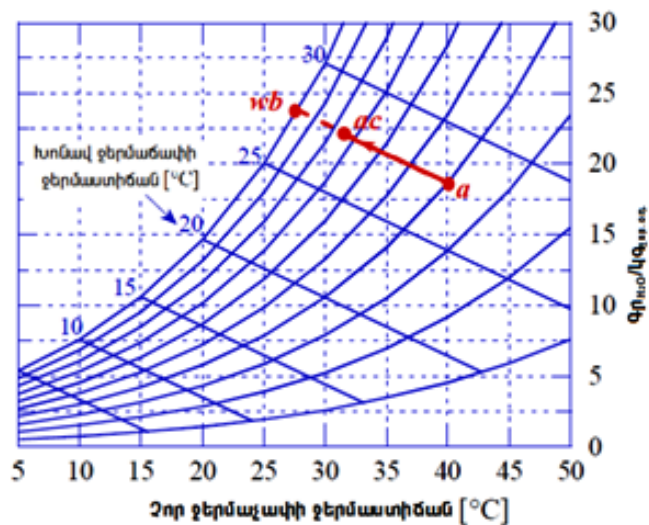


Նկ.1.14.Ջերմային էներգիայի կուտակում սառչի տեսքով

Հովացման ավանդական գորրշարար համակարգեր՝ այս համակարգերը ջրի գոլորշիացման համար օգտագործում են խոնավացված ցեյուլոզային նրբաթելերից կազմված բջիջներ, որոնք տեղադրվում են ԳՏՏ կոմպրեսոր օդի մատուցման տրակտում: Հնարավոր իրացվելիք ջերմաստիճանի իջեցումը մի կողմից ֆունկցիա է տեղակայանքի կառուցվածքից, և մյուս կողմից շրջակա միջավայրի պայմաններից: Հովացուցչի արդյունավետությունը (E) կարելի է ներկայացնել (1.8) բանաձևով (նկ.1.15.)

$$E = \frac{T_a - T_{ac}}{T_a - T_{wb}} 100 \%, \quad (1.8)$$

որտեղ T_a -ն մթնոլորտային օդի ջերմաստիճանն է, T_{ac} -ն հովացված օդի ջերմաստիճանն է, T_{wb} -ն խոնավ ջերմաչափի ջերմաստիճանն է,



Նկ.1.15. Պսիխիոմետրիկ դիագրամ ավանդական գոլորշարար հովացման համակարգի համար

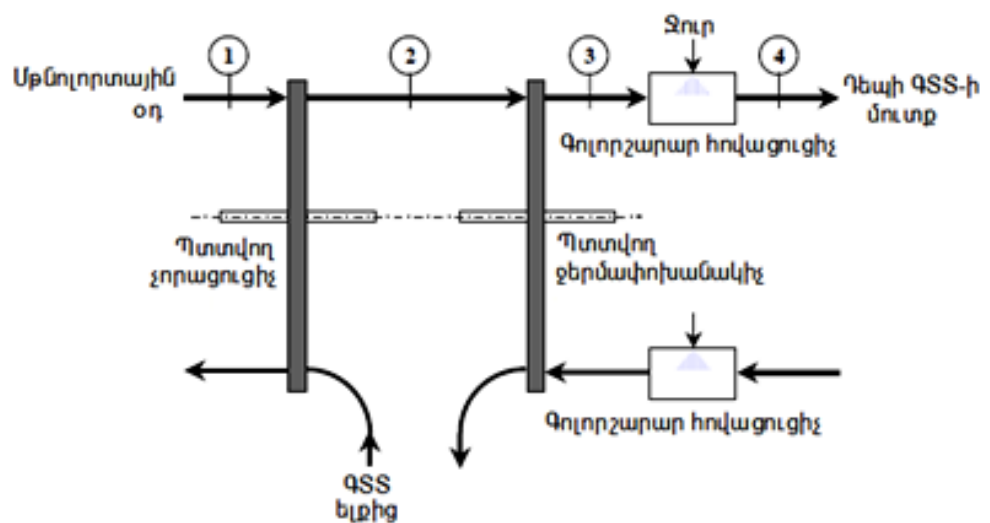
E-ի տիպիկ արժեքը ընկած է 85...90 % սահմաններում: Սա նշանակում է, որ հովացման հետևանքով օդի ջերմաստիճանը հնարավոր չէ հավասարեցնել խոնավ ջերմաչափի ջերմաստիճանին: Հովացման արժեքը կախված է օդի և ջրի շփան մակերևույթի մակերեսից և շփման տևողությունից և արագությունից:

Ենթադրենք $E=85\%$, (ΔT) ջերմաստիճանի անկումը կարելի է ներկայացնել՝

$$\Delta T = T_1 - T_2 = E(T_1 - T_{1WB}) = 0,85(T_1 - T_{1WB}) \quad (1.9)$$

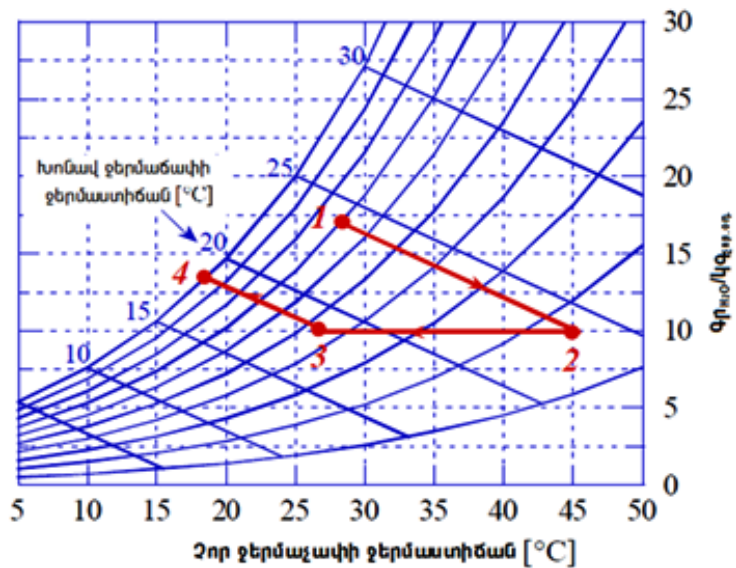
Դիտարկելով որպես օրինակ, միջավայրի $40\text{ }^\circ\text{C}$ ջերմաստիճան և 40 % հարաբերական խոնավության պայմաններ, արդյունքում համապատասխան խոնավ ջերմաչափի ջերմաստիճան՝ $28\text{ }^\circ\text{C}$, կունենանք առավելագույն հնարավոր ջերմաստիճանի $12\text{ }^\circ\text{C}$ անկում: Վերևում բերված նկատառումներից ելնելով, կարելի է ասել, որ նշված պայմաններում ավանդական գոլորշարար հովացման համակարգով կարելի է ԳՏՏ կոմպրեսոր մատուցվող օդի ջերմաստիճանը իջեցնել $0,85 \times 12 = 10,2\text{ }^\circ\text{C}$ ով:

Գոլորշարար հիբրիդ համակարգեր Այս համակարգերը կիրառում են օդի կոնդիցիոնացման տիպիկ տեղակայանքի գործողությունները: Նկ.1.15-ում պատկերված է գոլորշարար հիբրիդային հովացուցչային տեղակայանքի սխեման, և նկ.1.16-ում՝ դրա գործունեության փուլերին համապատասխան ձևափոխումները փսիխիոմետրիկ դիագրամի վրա:



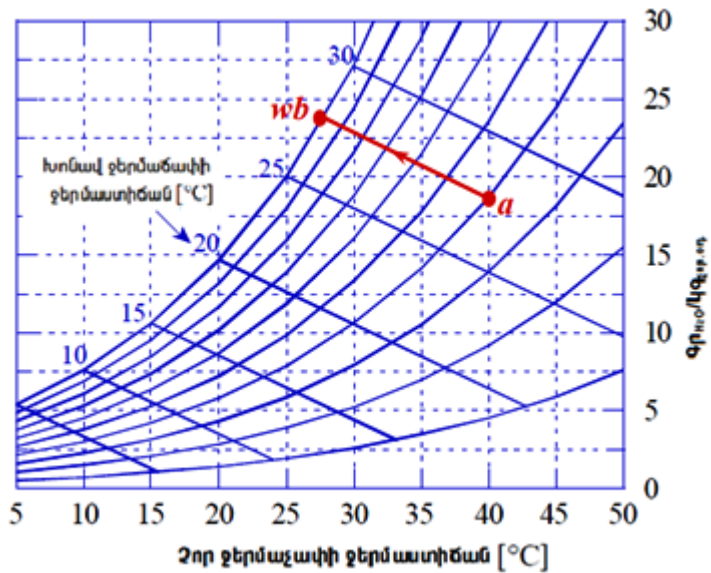
Նկ.1.16. Գոլորշարար հիբրիդ համակարգի սխեմա

Ինչպես կարելի է տեսնել այդ նկարներից, ադիաբատ գոլորշիացման միջոցով օդի հովացման ազդեցությունը ավելացնելու համար, նախ պտտվող չորացուցչի միջոցով իրականացվում է ադիաբատ խոնավագրկում (1-2 նկ.1.16), որը ռեգեներացվում է տուրբինի հեռացող ծխագազերի հաշվին, հետո իրականացվում է օդի հովացում առանց նրա խոնավացման (2-3 նկ.1.16) և ապա իրականացվում է օդի ադիաբատ հազեցում (3-4 նկ.1.16):



Նկ.1.17.Գոլորշարար հիբրիդ հովացման համակարգի փսիխոմետրիկ դիագրամ

Ջրային մշուշապատում (Մառախլապատում)՝ սա ԳՏՏ մատուցվող օդի հովացման մի մեթոդ է, որում աղազրկված ջուրը բարձր ճնշմամբ(70...200 բար) աշխատող հատուկ փողրակների միջոցով վերածվում է մշուշի: Հովացման երևույթը ապահովվում է ջրի գոլորշիացման միջոցով: Սա նշանակում է, որ օդի մատուցման տրակտում տեղի է ունենում օդի հոսքի ադիաբատ հազեցում:



Նկ.1.18. Փսիխոմետրիկ դիագրամ ($p=1,01325 \text{ բար}$)

Նկ.1.18-ում փսիխոմետրիկ դիագրամի վրա պատկերված է մշուշապատման միջոցով տեղի ունեցող պրոցեսը: Օդի ադիաբատ հագեցման երևույթի միջոցով օդի հովացման արդյունավետությունը կայանում է դրա ջերմաստիճանը չոր ջերմաչափի ջերմաստիճանից խոնավ ջերմաչափի ջերմաստիճանին հասցնելու մեջ ($a-wb$):

Կախված ներարկվող ջրի քանակից և տեղամասից, մշուշապատման 3 տարբեր տեսակներ կարող են իրականացվել՝

- բարձր ճնշումային մշուշապատում (գոլորշարար հովացում)՝ այս դեպքում օդի մատուցման տրակտ ներարկվող ջրի քանակը բացառապես հավասար է օդի հագեցման համար անհրաժեշտ քանակությանը: Այս մեթոդի դեպքում, կոմպրեսորի մուտքի մոտ ջրի ամբողջ քանակը գոլորշիացած է լինում:
- գերսնուցմամբ մշուշապատում ներարկված ջրի քանակությունը ավել է, քան անհրաժեշտ է օդի հագեցման համար: Ուստի, ջրի որոշ քանակություն հեղուկ վիճակում (սովորաբար ոչ ավել քան օդի մասսայական ծախսի 2 %), մուտք է գործում կոմպրեսոր, որտեղ գոլորշիացումը շարունակվում է մինչև վերջ:
- Միջանկյալ մշուշապատում այս մեթոդի դեպքում, ջրի ներարկումը կատարվում է (միայնակ կամ նախորդ մեթոդների հետ համատեղ) կոմպրեսորի ստատորի ուղղիչ թիակների միջով: Արդյունքը բավականին նման և մոտ է ավանդական բազմաստիճան սեղմմամբ հովացմամբ կոմպրեսորի աշխատանքին [13]:

ԳՏՏ մատուցվող օդի հովացման գոյություն ունեցող մեթոդներից ընտրելը հեշտ չէ, քանի որ պետք է հաշվի առնել շատ պարամետրեր, ինչպես օրինակ օդի ջերմաստիճանը, հարաբերական խոնավությունը, օդի հոսքի և գազատուրբինի արադրանքի հարաբերակցությունը, կամ օրվա ընթացքում հզորության վերականգնման անհրաժեշտ ժամանակահատվածի տևողությունը [14, 15]:

Հովացման տեխնոլոգիաների վերաբերյալ հիմնական գրականության [10,11,14-25] հիման վրա կազմվել է աղ.1.1-ը, որը ամբողջացնում է բոլոր հովացման տեխնոլոգիաների առավելությունները և թերությունները:

Աղյուսակ 1.1

ԳՏՏ կոմպրեսոր մատուցվող օդի հովացման մեթոդների հիմնական հատկանիշները

| Մեթոդ | Առավելություն | Թերություն |
|--|---|--|
| Շարունակական հովացում բաց ցիկլով | - համեմատաբար հեշտ է իրագործել | - պահանջվում է ջրի աղբյուր - հավելյալ ճնշման անկում - հովացման պոտենցիալը կախված է կլիմայական պայմաններից |
| Կոմպրեսորային սառնարանային տեղակայանքով շարունակական հովացում | - ապահովում է ակնթարթային հովացում - կարելի է հովացնել օդը խոնավ ջերմաչափի ջերմաստիճանից էլ ցածր - արդյունավետ է երբ պահանջվում է հզորության ավելացում երկար ժամանակով(ավելի քան 6...8 ժամ/օր) - չի պահանջում մեծ տարածք | - պահանջվում է սառնարանային ազենտ - ունի էլ. էներգիայի մեծ սպառում - կոմպրեսորի մուտքում ճնշման հավելյալ անկում - սառնարանային ազենտի արտահոսքի հետ կապված վտանգներ |

Աղյուսակ 1.1 -ի շարունակություն

| Մեթոդ | Առավելություն | Թերություն |
|--|--|--|
| <p>Աբսորբցիոն սառնարանային տեղակայանքով շարունակական հովացում</p> | <ul style="list-style-type: none"> - ապահովում է ակնթարթային հովացում - կարելի է հովացնել օդը խոնավ ջերմաչափի ջերմաստիճանից էլ ցածր - արդյունավետ է երբ պահանջվում է հզորության ավելացում երկար ժամանակով(ավելի քան 6...8 ժամ/օր) | <ul style="list-style-type: none"> - պահանջվում է ջերմության աղբյուր - հաջող իրագործման համար պետք է շատ բարձր ջերմաստիճանի գազ, մոտ 650 °C - պահանջվում է գոլորշային ցիկլ - էլ. էներգիայի սպառում - կոմպրեսորի մուտքում ճնշման հավելյալ անկում |
| <p>Ջերմային էներգիայի կուտակմամբ շարունակական հովացում</p> | <ul style="list-style-type: none"> - արդյունավետ է երբ պահանջվում է հզորության ավելացում օրեկան մի քանի ժամ - ջերմաստիճանի նշանակալի իջեցում - արդյունավետ է, երբ էլ. էներգիայի գնի տարբերությունը պիկային և ոչ պիկային ժամերին մեծ է | <ul style="list-style-type: none"> - բարդ տեղակայանք է - ցրտի աղբյուրի համար պահանջվում է էներգիայի սպառում - կոմպրեսորի մուտքում ճնշման հավելյալ անկում |
| <p>Հովացման ավանդական համակարգ</p> | <ul style="list-style-type: none"> - հարաբերականորեն փոքր կապիտալ ներդրումներ - հեշտ կառավարվող | <ul style="list-style-type: none"> - անհնար է հասնել 100 % հարաբերական խոնավության - բարձր խոնավությամբ տեղանքներում անիմաստ է - աղազրկված ջրի ծախս - կոմպրեսորի մուտքում ճնշման հավելյալ անկում |
| <p>Հիբրիդ համակարգ</p> | <ul style="list-style-type: none"> - հավելյալ հովացում, որը հանգեցնում է խոնավ ջերմաչափի ջերմաստիճանի | <ul style="list-style-type: none"> - ծայրահեղ բարդ - պահանջվում է ջուր, կամ այլ սառնարանային ազեցնող - բավականին թանկ |
| <p>Բարձր ճնշումային մշուշապատում</p> | <ul style="list-style-type: none"> - բավականին էժան - պահանջվում է կայանի նվազագույն ձևափոխություն - կոմպրեսորի մուտքում ճնշման հավելյալ նվազագույն անկում | <ul style="list-style-type: none"> - աղազրկված ջրի ծախս - անհնար է հովացնել օդը խոնավ ջերմաչափի ջերմաստիճանից ցածր - ոչ այնքան արդյունավետ բարձր խոնավությամբ գոտիներում |
| <p>գերսնուցմամբ մշուշապատում</p> | <ul style="list-style-type: none"> - բավականին էժան - պահանջվում է կայանի նվազագույն ձևափոխություն - կոմպրեսորի մուտքում ճնշման հավելյալ նվազագույն անկում - մշուշային հովացման համեմատ հավելյալ հզորության ավելացում | <ul style="list-style-type: none"> - աղազրկված ջրի ծախս - անհնար է հովացնել օդը խոնավ ջերմաչափի ջերմաստիճանից ցածր - ոչ այնքան արդյունավետ է բարձր խոնավությամբ գոտիներում - հնարավոր է կոմպրեսորի թիակների էռոզիա |
| <p>Միջանկյալ</p> | <ul style="list-style-type: none"> - կոմպրեսորի մաքրություն և արդյունավետություն | <ul style="list-style-type: none"> - պահանջվում է կոմպրեսորի ձևափոխություն |

| | |
|------------------------|--|
| <p>հովացում</p> | <ul style="list-style-type: none"> - դժվար է իրականացնել չնախատեսված տեղակայանքի վրա - հնարավոր է կոմպրեսորի թիակների էռոզիա |
|------------------------|--|

Առկա բոլոր հովացման տեխնոլոգիաներից, ջրային մշուշապատումը (և բարձր ճնշումային և ավելցուկային), վերջին մի քանի տարիներին արձանագրել են ներդրման լայնամասշտաբ աճ, շնորհիվ նախնական ներդրումների փոքրության ի տարբերություն մնացած համակարգերի, այդ թվում նաև ավանդական գոլորշարար տեղակայանքների և սառնարանային տեղակայանքների:

Արտադրողականության կարգավորման պահանջին զուգակցված է նվազագույն կապիտալ ներդրումներով արտադրանքի ավելացման աստիճանաբար աճող պահանջներին հասնելու նպատակը: Կոմպրեսոր մատուցվող օդի բարձր ճնշումային մշուշային հովացումը շատ լավ տեղավորվում է հզորության կարգավորման և վերականգնման ցածր արժեքով և բարձր արդյունավետությամբ տեխնոլոգիաների շարքում:

Մասնավորապես, մշուշապատման մոտեցումը ունի նախագծման, ձեռք բերման և ներդրման ծախսերի նվազագույն արժեք: Ավելին, այն միակ մոտեցումն է, որը բերում է վառելիքի տեսակարար ծախսի փոքր աճի, մինչև մնացած բոլոր տեխնոլոգիաները ավելացնում են այն նշանակալի չափով: Կապիտալ ներդրումների ամենաարագ ետգնումը ապահովում է մշուշապատումը օգտահանիչ կաթսայում հավելյալ այրում կազմակերպելու զուգակցմամբ: Վերջին տարիներին, մի քանի համակցված ցիկլերով աշխատող էլեկտրակայաններ, որոնք ունեն առաջատար տեխնոլոգիաներով աշխատող գազատուրբինային տեղակայանքներ և պիկային տեղակայանքներ ներդրել են մշուշապատումը որպես հզորության վերականգնման տեխնոլոգիա: Հաշվարկված է, որ ավելի քան 1000 ԳՏՏ օգտագործում են բարձր ճնշումային կամ ավելցուկային մշուշապատումը:

Երկու GE PG7241(FA) ԳՏՏ-ներից, երկու առանց հավելյալ այրման օգտահանիչ կաթսաներից և մեկ GE D11 շոգետուրբինից բաղկացած համակցված ցիկլի համար կատարված վերլուծությունները ցույց են տվել, որ հովացման բոլոր տարբերակների համեմատ ջրային մշուշապատումը կրում է ամենաքիչ ազդեցությունը տնտեսական պարամետրերի փոփոխության կողմից, հաշվի առնելով դրա աննշան ազդեցությունը կայանի ոչ պիկային աշխատանքի վրա, միջին ազդեցությունը պիկային բեռնվածքի դեպքում համակցված փոքր կապիտալ ներդրումների հետ [26]:

1.3 Մշուշապատման տեխնոլոգիան ՊՏՏ տեխնիկական հնարավորությունների ընդլայնման համար

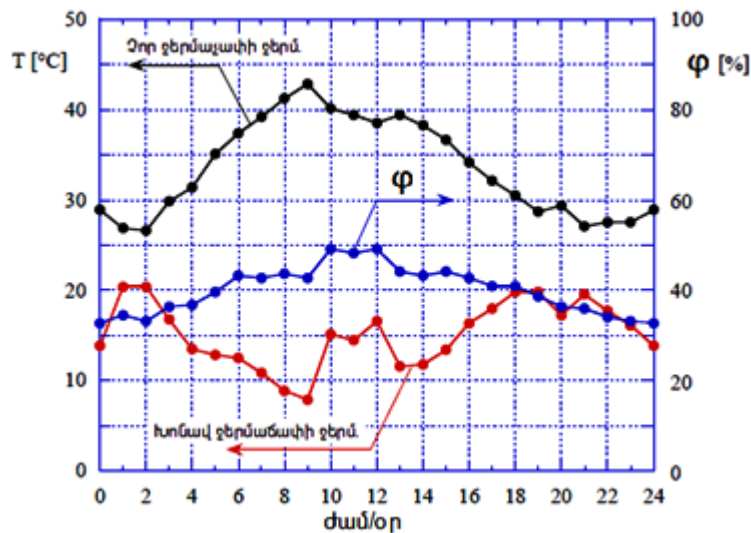
Կոմպրեսոր մատուցվող օդի մշուշապատումը օդի հովացման մեթոդ է, որի դեպքում աղազրկված ջուրը բարձր ճնշմամբ (սովորաբար 70...200 բար) աշխատող հատուկ նախագծված փոշիացուցիչ փողրակների միջոցով վերածվում է մշուշի: Այս մշուշը հանգեցնում է օդի հովացման, երբ այն գոլորշիանում է ՊՏՏ օդի մատուցման տրակտի մեջ: Այս տեխնոլոգիան հնարավորություն է տալիս ձեռք բերել գոլորշիացմամբ հովացման գրեթե 100 % արդյունավետություն, կոմպրեսորի մուտքում օդի ջերմաստիճանը խոնավ ջերմաչափի ջերմաստիճանին հասցնելու տեսանկյունից:

Տիպիկ բարձր ճնշումային մշուշային հովացման համակարգը բաղկացած է մի քանի մխոցային պոմպերից, որոնք բարձր ճնշմամբ աղազրկված ջուր են մատակարարում փոշիացման փողրակների շարքերին, որոնք սովորաբար տեղադրված են օդի մատուցման համակարգում՝ գտող տարրերից հետո: Փոշիացուցիչներին անհրաժեշտ է բարձր ճնշման ջուր, քանի որ փոշու կաթիլի չափը, մինչև որոշակի սահման, համեմատական է գործածված ճնշման a աստիճանին, որտեղ a էքսպոնենտը տատանվում է $-0,5...-0,2$ սահմաններում, կախված փողրակի տեսակից, երկրաչափական չափերից, հեղուկի բնութագրերից [27]: Այս փողրակները ստեղծում են մեծ քանակությամբ տարբեր չափի մանր կաթիլներ (50 մկմ-ից փոքր տրամագծով), որոնք գոլորշիանում են, երբ հոսում են ՊՏՏ օդի մատուցման համակարգի միջով: Հզոր գազատուրբինային տեղակայանքը կարող է ունենալ մի քանի հարյուր փողրակներից բաղկացած փոշիացման փողրակատախտակ: Բարձր ճնշումային մշուշային հովացման համար անհրաժեշտ է աղազրկված ջուր, կոմպրեսորի թիակների վնասման և բարձր ջերմաստիճանային գոտու կոռոզիոն երևույթներից խուսափելու համար:

1.3.1 ՊՏՏ մատուցվող օդի մշուշային հովացման կլիմայական և փսիխոմետրիկ գործոնները

Օդի խոնավություն պարունակելու ընդունակությունը կախված է նրա ջերմաստիճանից: Տաք օդը կարող է ավելի շատ խոնավություն կլանել քան սառը օդը: Հետևաբար, հարաբերական խոնավությունը ամենաբարձրն է առավոտյան և երեկոյան սառը ժամերին, և ամենացածրը ցերեկվա ամենաշոգ ժամանակահատվածում: Տեղանքից վերցրած իրական տվյալները, ինչպես ցույց է տրված նկ.1.19-ում, պարզորոշ ցուցադրում են թաց և չոր ջերմաչափերի ջերմաստիճանների տարբերությունները, որը վերհանում է գոլորշային հովացուցիչների պոտենցիալը:

Աշխարհի տարբեր տեղանքներ ներառող, կլիմայական պայմանների մանրամասն վերլուծությունները ցույց են տալիս, որ գոլորշարար հովացման համակարգերը ունեն նշանակալի պոտենցիալ, նույնիսկ բարձր հարաբերական խոնավություն ունեցող այնպիսի տեղանքներում, որտեղ ավանդաբար չէր դիտարկվում դրանց կիրառությունը (Բանկոկ, Մայամի և այլն) [28,29]:



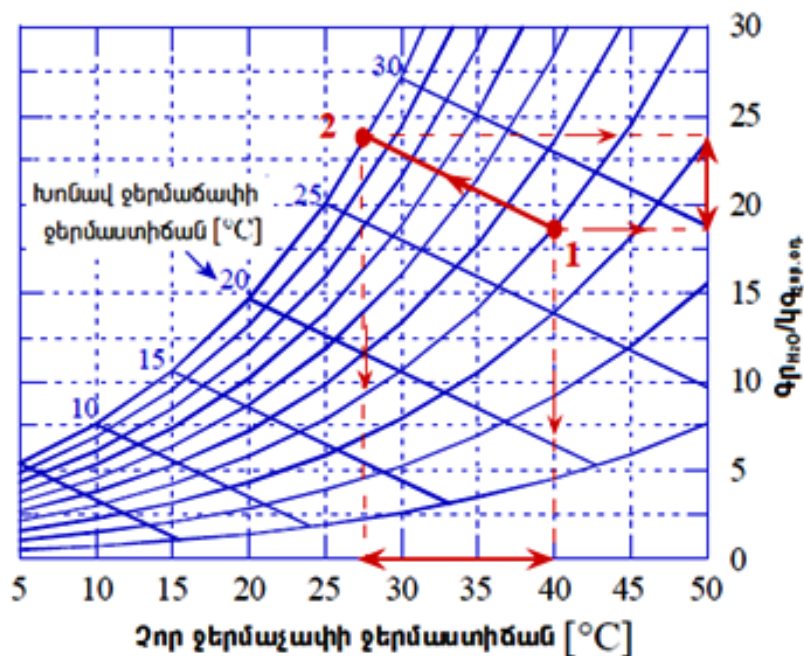
Նկ.1.19. Մթնոլորտային պայմանների օրեկան տատանումների օրինակ

Ջերմաստիճանի հաստատուն անկումը կոմպրեսորի մուտքում կարելի է հաշվարկել հետևյալ բանաձևով՝ $\Delta T = \frac{V^2}{2C_p}$, որտեղ V-ն օդի հոսքի արագությունն է, իսկ C_p -ն օդի տեսակարար ջերմունակությունն է, և կարող է վերցվել 1004 Ջ/կգԿ-ի հավասար:

Որոշ գազատուրբինային տեղակայանքների մոտ, այնպիսիք ինչպիսիք են ավիացիոն և որոշ առաջատար տեխնոլոգիաներով արտադրված տեղակայանքներ, կոմպրեսորի մուտքում օդի հոսքի արագությունը որոշ մասերում կարող է հասնել մինչև 175 մ/վ-ի, որը բերում է ջերմաստիճանի հաստատուն 15 °C անկման: Սակայն, ԳՏՏ-ների մեծամասնության մոտ, կոմպրեսորի մուտքում օդի հոսքի առավելագույն

արագությունը քիչ է 100 մ/վ-ից, որի դեպքում հաստատուն ջերմաստիճանային անկումը կարող է լինել մինչև 5 °C:

Մշուշային հովացման փսիխոմետրիան: Նկ.1.20-ում պատկերված փսիխոմետրիկ դիագրամը օգտագործվել է 200 կգ/վ օդի ծախս ունեցող ՊՏ մատուցվող օդի հովացման համար անհրաժեշտ ջրի քանակությունը գնահատելու մի մեթոդ ցուցադրելու համար: Հետևյալ մթնոլորտային պայմաններն են օգտագործված՝ 40 °C չոր ջերմաչափի ջերմաստիճան և 40 % հարաբերական խոնավություն (կետ 1, նկ.20): Այս պայմաններում խոնավության պարունակությունը օդում հավասար է $18,5 \times 10^{-3}$ կգ H₂O 1 կգ չոր օդում: Ենթադրվում է, որ օդը կհովացվի մինչև տվյալ պայմաններին համապատասխան խոնավ ջերմաչափի ջերմաստիճան, և վերջնական կետում օդի հարաբերական խոնավությունը կլինի 100 %: 2՝ հովացաց կետում օդում խոնավության պարունակությունը կլինի՝ $24,0 \times 10^{-3}$ կգ H₂O 1 կգ չոր օդում: Հետևաբար, խոնավության այն քանակությունը, որը անհրաժեշտ է ավելացնել օդի հոսքին, նրա ջերմաստիճանը խոնավ ջերմաչափի ջերմաստիճանին հասցնելու համար կլինի $5,5 \times 10^{-3}$ կգ H₂O 1 կգ չոր օդին: Հետևաբար, պահանջվող ջրի քանակությունը կլինի 1,1 կգ/վ: Սա ջրի այն քանակությունն է, որը անհրաժեշտ է 200 կգ/վ օդի ջերմաստիճանը 12 °C-ով իջեցնելու համար:



Նկ.1.20. Կոմպրեսոր մատուցվող օդի մշուշային հովացման փսիխոմետրիան

1.4 ՉՏՏ օդի մատուցման համակարգի կոնֆիգուրացիայի և փողրակի հատկությունների ազդեցությունը մշուշապատման վրա

ՉՏՏ օդի մատուցման համակարգերը լինում են տարբեր ձևերի և հարմարադասման: Հովաքցման համակարգերի տեղադրման հետ կապված օդի մատուցման համակարգերի բարդությունները հետևյալն են՝

- Օդի ներծծման բազմակողմանի հարմարադասում (2 կամ 3 կողմից օդի մուտք), որտեղ փոշիացման փողրակները պետք է այնպես դասավորվեն, որպեսզի ապահովեն հավասարաչափ հովաքցում (նկ.1.21):
- Չափազանց կտրուկ անկյուն ունեցող տանիքով հարմարադասում, որոնք պահանջում են փողրակների դասավորության աճող փոփոխություն, տանիքի թրջումից խուսափելու համար:
- Կարճ տրակտով հարմարադասում, որտեղ կաթիլի գտնվելու տևողությունը նվազագույնն է, պետք է կիրառվի փողրակների հատուկ դասավորվածություն՝ հոսքը օպտիմալացնելու համար: Հիմնական դեպքերում, փողրակների հորիզոնական դասավորվածությունն է կիրառվում:
- բարդություններ կապված տրակտի անսովոր խճողումների հետ կամ հարվածային դռների առկայությամբ:



Նկ.1.21. V-ձև օդի մատուցման տրակտ

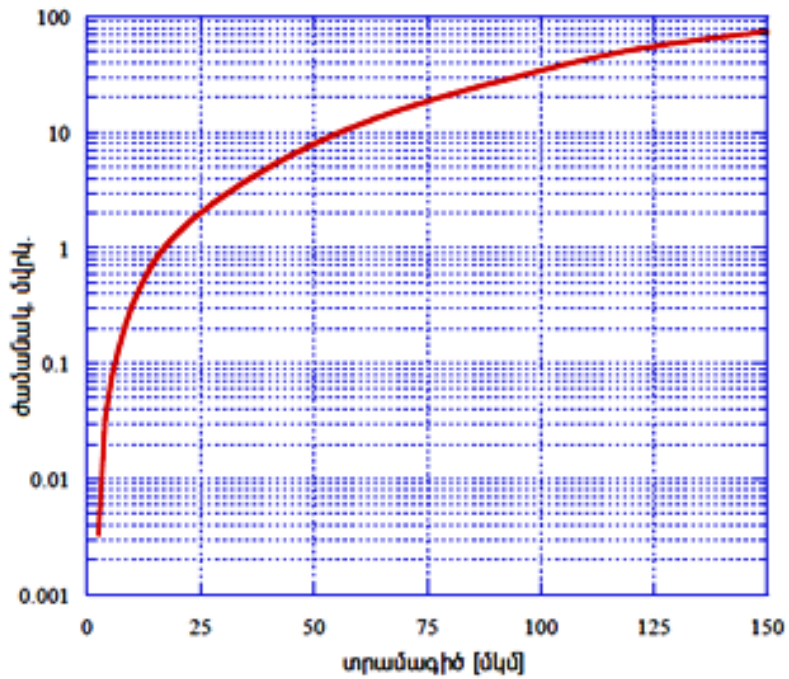
Օդի մատուցման տրակտերի մեծաքանակ տարատեսակների գոյությամբ պայմանավորված, փողրակների դասավորվածության, ուղղության և ջրահեռացման համակարգի օպտիմալացման համար հաճախ հիմնվում են և մոդելավորման և փորձի վրա [30]:

1.4.1 Փողրակների դիրքը

Փողրակների տեղակայման տարբեր հնարավորություններ կան, օրինակ օդի մաքրման համակարգից հետո և խլացուցիչների և կեղտից պաշտպանության վահանի միջև: Փողրակների տեղակայման վայրի որոշումը կախված է մի քանի գործոններից, ներառյալ տեղադրման հետ կապված կանգառի տևողականությունը, գերսնուցման կիրառման ցանկությունը, գոյություն ունեցող օդի մատուցման տրակտի հարմարադասումը, ամբողջ համակարգի արժեքը և կաթիլների մինչև կոմպրեսոր հասնելու տևողականությունը: Առկա տարբեր տարբերակներից, փողրակների տեղակայումը խլացուցից առաջ ապահովում է կաթիլի կոմպրեսոր հասնելու առավելագույն տևողականություն ինչպես նաև շահավետ է, և սովորական և գերսնուցմամբ մշուշապատման համար [31]:

Օտար մարմնի հասցրած վնասի հնարավորությունից խուսափելու համար, փողրակները միշտ պետք է տեղակայվեն կեղտից պաշտպանության վահանից առաջ: Որոշ հզոր QSS-ների դեպքում, կարող է պահանջվել երկու փողրակատախտակի տեղադրում, մեկը՝ ֆիլտրող էլեմենտներից հետո՝ գոլորշարար մշուշապատման համար, և մյուսը՝ կեղտից պաշտպանության վահանից առաջ՝ մշուշային գերսնուցմամբ հովացման համար:

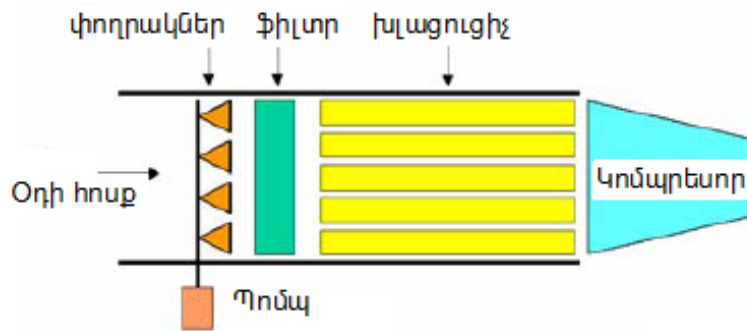
Կաթիլի մինչև կոմպրեսոր հասնելը օդում գտնվելու տևողականությունը կարևոր ցուցանիշ է, և այն պետք է զգուշորեն հաշվի առնվի: Սովորաբար, մշուշի կաթիլները ստանում են օդի հոսքի արագությունը մի քանի միլիվայրկյանների ընթացքում՝ մեծ քարշի ուժերի հետևանքով: Ինչպես պատկերված է նկ.1.29-ում բերված գրաֆիկում, կաթիլի, օդի հոսքի արագությունը ընդունելու ժամանակամիջոցը ֆունկցիա է կաթիլի չափից [32]:



Նկ.1.22. Ջրի կաթիլի օդի հոսքի արագությունը ընկալելու ժամանակամիջոցը որպես ֆունկցիա կաթիլի չափից [32]

Մշուշապատման փողրակներ ֆիլտրերից և խլազուցից առաջ: նկ.1.23, նկ.1.24:

Այսպիսի հարմարադասման առավելությունը կայանում է նրանում, որ փողրակների տեղադրումը կարելի է իրականացնել առանց ԳՏՏ-ի կանգառի: Այս դեպքում անհրաժեշտ է տեղադրել ևս մեկ ֆիլտր, մառախուղի կաթիլների ֆիլտր՝ փողրակներից հետո: Այն նախատեսված է չգոլորշիացած ջրի կաթիլները հեռացնելու համար: Սովորաբար, ենթադրվում է, որ ներարկված ջրի կեսը հեռացվում է այդ ֆիլտրի միջոցով: Այս համակարգը ներկայումս օգտագործվում է միայն հին տեղակայանքների վրա, և նոր ԳՏՏ-ների վրա շատ հազվադեպ է տեղադրվում: Այս համակարգը, մյուս տեսակների համեմատ, պահանջում է ավելի մեծ քանակի փողրակներ և շատ ջուր և ունի շահագործման ավելի մեծ ծախսեր: Սակայն գրականությունում այս համակարգի համար նշված են առավելություններ, հատկապես ֆիլտրերի մեծ բեռնվածքների դեպքում այս համակարգը առաջացնում է օդի որոշակի նախնական խոնավ մաքրում, որը հանգեցնում է գտող տարրերի շահագործման ժամանակամիջոցի ավելացման:

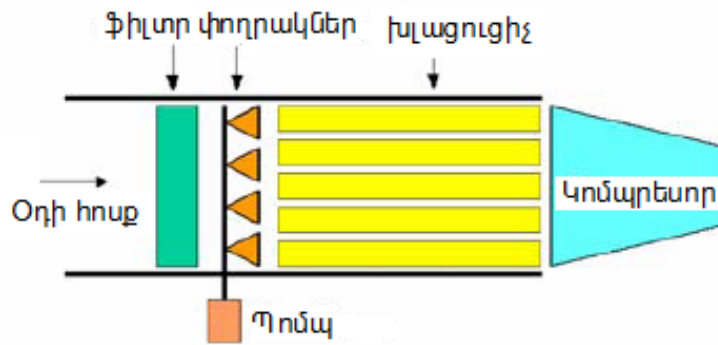


Նկ.1.23. Ֆիլտրից և խլացուցչից առաջ փողրակների տեղադրում



Նկ.1.24. Ֆիլտրից և խլացուցչից առաջ տեղադրված փողրակների աշխատանքը

Մշուշապատման փողրակներ ֆիլտրող էլեմենտների և խլացուցչի միջև: Սա բարձր ճնշումային մշուշային հովացման համակարգերում ամենահաճախ կիրառվող տեղակայման դիրքն է: Այս տիպի տեղակայումը (նկ.1.25) պահանջում է մեկ կամ երկու օր ԳՏՏ կանգառում, և օդի մատուցման համակարգի շատ քիչ փոփոխություններ: Տեղակայման այս տիպը պարտադիր է գերսնուցմամբ մշուշային հովացման համար: Տեղադրել փողրակները խլացուցչից առաջ նշանակում է կաթիլներին տալ ավելի շատ ժամանակ գոլորշիանալու համար մինչև կոմպրեսոր հասնելը: Այս տեսակի հիմնական թերությունը կայանում է նրանում, որ խլացուցչի վահանների վրա հավաքվող կեղտը մեծացնում է կոմպրեսորի խզման հավանականությունը, քանի որ այն ջրի հետ մաքրվում է և անցնում կոմպրեսոր, նստելով թիակների վրա:



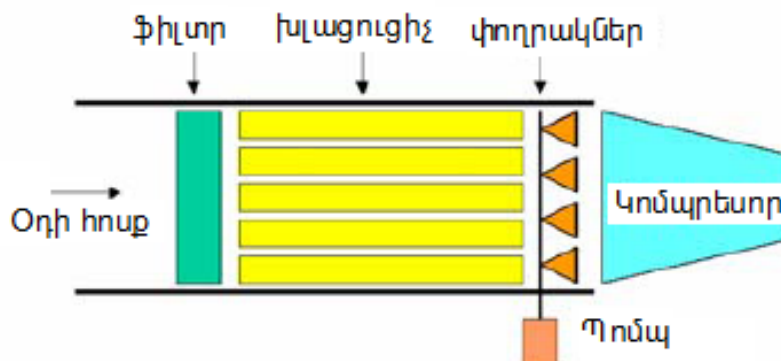
Նկ.1.25. փողրակների տեղադրում ֆիլտրից հետո՝ խլացուցչից առաջ

Մշուշային փողրակներ ֆիլտրող էլեմենտներից և խլացուցչից հետո:

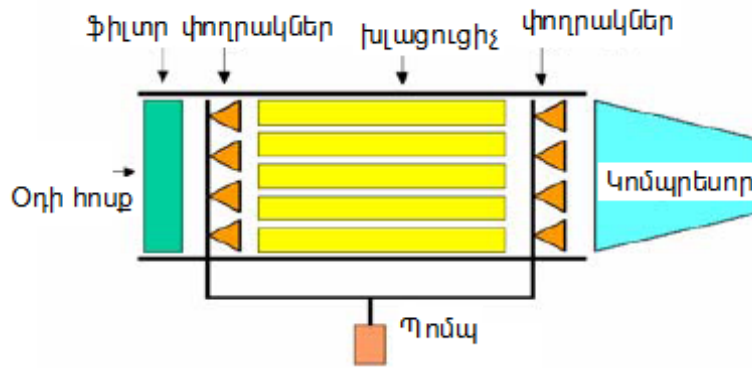
Հատկապես գերսնուցմամբ հովացման համար, այս դիրքը՝ անմիջապես աղբից պաշտպանող էկրաններից առաջ, ամենալավ հնարավորությունն է: Այս հարմարադասումը պահանջվում է խլացուցչի և տրակտի խոնավացումից խուսափելու համար (նկ.1.26): Ներդրման համար կանգառի ժամանակամիջոցը և օդի մատուցման համակարգի անհրաժեշտ փոփոխությունները հիմնականում նման են նախորդ տիպին: Այս դեպքում չի առաջանում խնդիր խլացուցիչների փոշու կոմպրեսորի թիակներին նստեցման հետ, բայց կրճատվում է կաթիլների գոլորշիացման համար օդում գտնվելու ժամանակամիջոցը:

Մշուշային փողրակներ ֆիլտրից հետո և խլացուցչից հետո:

Որոշ տեղակայումներ, հատկապես հզոր գազատուրբինային տեղակայանքների համար, ներկայացնում են ջրի ներարկման երկու դիրքեր՝ առաջինը՝ անմիջապես գտող տարրերից հետո, մինչև խլացուցիչը, և երկրորդը՝ խլացուցչից հետո՝ գերսնուցման համար (նկ.1.27):



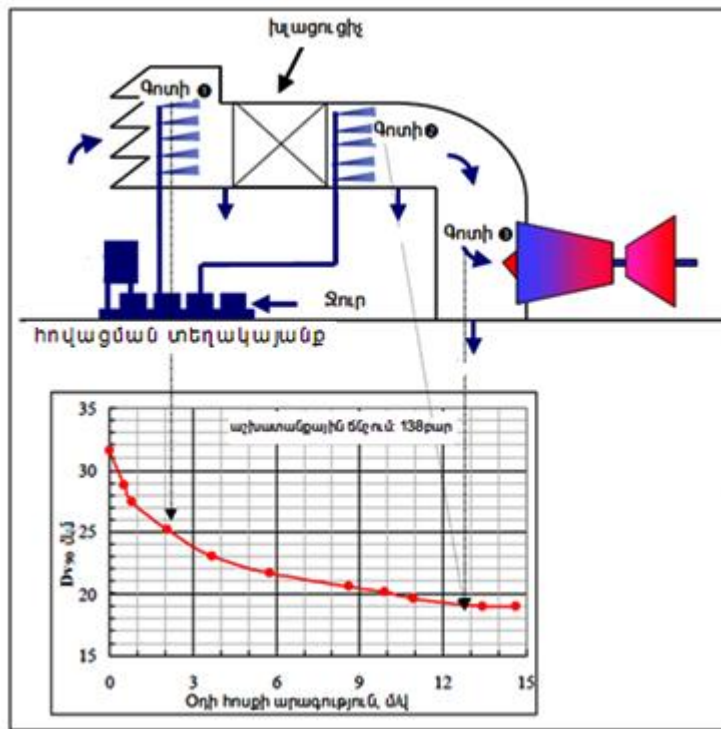
Նկ.1.26. Փողրակների տեղադրում խլացուցչից հետո



Նկ.1.27. փողրակների տեղադրում խլացուցչից առաջ և հետո

Նկ.1.28-ում բերված է փոշիացնող փողրակատախտակի դիրքի օպտիմիզացիայի օրինակ, որը հիմնված է կաթիլների չափի վրա, որպես օդի հոսքի արագության ֆունկցիա և գոլորշիացման արդյունավետության վրա, որպես կաթիլի օդում գտնվելու ժամանակամիջոցից ֆունկցիա: Այս դեպքում դիտարկվել են փողրակատախտակի երեք տարբեր դիրքեր`

- *Առաջին գոտի:* Օդի մատուցման համակարգի գտող տարրերին մոտ, որտեղ օդի հոսքի արագությունը մոտ $2,5$ մ/վ է, և կաթիլի օդում գտնվելու ժամանակամիջոցը կազմում է մոտ 1 վրկ.: Այս դիրքը հիմնականում կիրառվում է գոլորշարար հովացուցիչների համար:
- *Երկրորդ գոտի:* խլացուցչից հետո, որտեղ օդի արագությունը կազմում է մոտ $12,7$ մ/վ: Այս դիրքը նույնպես կիրառվում է գոլորշարար հովացման համար և նաև համակցված` գոլորշարար և գերսնուցմամբ հովացումների համար: Կաթիլի օդում գտնվելու ժամանակամիջոցը կազմում է մոտ $0,4$ մվրկ.:
- *Երրորդ գոտի:* Կոմպրեսորի օդի ներծծման մանիֆոլդին անմիջապես մոտ: Այս դիրքը տիպային է գերսնուցմամբ հովացման համար, և կաթիլի օդում գտնվելու ժամանակամիջոցը կազմում է $0,2$ մվրկ-ի կարգի, իսկ օդի արագությունը հավասար է $12,7$ մ/վ:



Նկ.1.28. Փողրակատախտակի դիրքի օպտիմալացումը հիմնված կաթիլների մեծության վրա, որպես ֆունկցիա օդի հոսքի արագությունից, և գոլորշիացման արդյունավետությունից, որպես ֆունկցիա կաթիլի մինչև կոմպրեսոր հասնելը օդի հոսքում գտնվելու ժամանակամիջոցից

Ինչպես վերևում ներկայացվել է, նկ.1.28-ը հաստատում է, որ փողրակատախտակի դիրքը օդի մատուցման համակարգում պետք է ընտրվի զգուշորեն: Գոլորշիացման երկար ժամանակի մեծ կաթիլների վրա ունեցած պարադոքսալ ազդեցության և կաթիլի մինչև կոմպրեսոր հասնելը օդի հոսքում գտնվելու ժամանակամիջոցի միջև պետք է հաշվարկվի օպտիմալ հարաբերակցություն: Փոշիացման փողրակատախտակի տեղադրումը զտող տարրերին մոտ (առաջին գոտի), որտեղ օդի հոսքի արագությունը փոքր է, բերում է կաթիլի օդում գտնվելու ժամանակամիջոցի մեծացման, հետևաբար ավելի լավ գոլորշիացման հովացման արդյունավետության: Սակայն փոշու ամպը պոլիդիսպերս է, և փողրակի վրա առաջացած մեծ կաթիլի ծակման արագությունը ավելի մեծ է, քան փոքրերինը, հետևաբար տեղի են ունենում կաթիլների բախումներ և վերամիավորումներ:

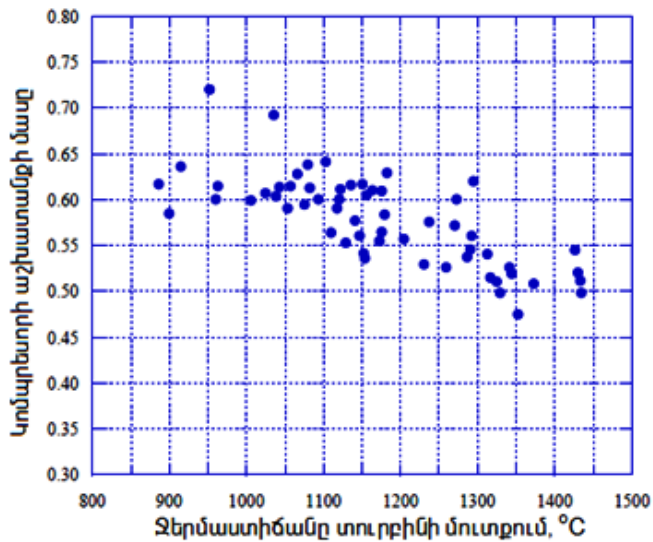
Խլացուցչից հետո փողրակատախտակի տեղակայմամբ (երկրորդ գոտի), վերամիավորման երևույթը նշանակալիորեն նվազեցվում է, պայմանավորված

փողրակի շրթին մոտ օդի հոսքի մեծ արագությամբ առաջացող կտրող պայմաններով, որը բերում է կաթիլների կոտրման արագության մեծացման և փոքր կաթիլների օդի հոսքի արագությունը ընդունելու ժամանակամիջոցի փոքրացման: Մեծ և փոքր կաթիլները տարածվում են տարբեր ուղղություններով հոսքերի և բախումները բավականին քչանում են:

1.5 Խոնավ սեղմում

Խոնավ սեղմումը (երկու դեպքերում էլ՝ գերսնուցում և կոմպրեսորի միջանկյալ հովացում ջրի ներարկմամբ) տեղի է ունենում ՊՏՏ կոմպրեսոր կաթիլների մատուցման միջոցով: ՊՏՏ կոմպրեսորը, ինչպես հայտնի է, ծախսում է գազատուրբինի արտադրած հզորության նշանակալի մասը, որը նաև երևում է նկ.1.29-ից, որը ցույց է տալիս հին և նոր տեղակայանքների շարքի համար կոմպրեսորի ծախսած աշխատանքի մեծությունը գազատուրբինի հզորության համեմատ: Գերսնուցմամբ հովացման հիմնական առավելությունը կայանում է սեղմման վրա ծախսվող աշխատանքի նվազեցման մեջ, որը տեղի է ունենում կոմպրեսորի մեջ ջրի շարունակական գոլորշիցման հետևանքով: Մյուս գործոնները որոնք բերում են հզորության ավելացման հետևյալն են՝ 1) գազատուրբինով աշխատող մարմնի ծախսի ավելացում և 2) գազատուրբինում աշխատող խառնուրդի ջերմունակության մեծացում: Տիպային գերսնուցման քանակը ընկած է 0,5...2 % սահմաններում՝ կոմպրեսորի մուտքում օդի ծախսի նկատմամբ:

Խոնավ սեղմման կիրառման գաղափարը այնքան հին է ինչքան որ ՊՏՏ-ների ստեղծումը: Այս մեթոդը ունի ավելի լավ արդյունք ՊՏՏ ցիկլի վրա, քան միջանկյալ հովացմամբ կոմպրեսորը, քանի որ օդից վերցված ջերմության քանակությունը այս դեպքում վերադարձվում է ցիկլ գոլորշու տեսքով: Խոնավ սեղմումը ոչ միայն մեծացնում է արդյունավետությունը տրված սեղմման աստիճանի դեպքում, այլ նաև մածացնում է ցիկլի սեղմման այն աստիճանը, որի դեպքում արդյունավետությունը հասնում է առավելագույնին, տուրբինի մուտքում տրված ջերմաստիճանի համար [32]: Գրականությունում բերված են մեծ քանակի վերլուծություններ և փորձնական հետազոտությունների արդյունքներ խանավ սեղմման վերաբերյալ [33-49]:



Նկ.1.29. Կոմպրեսորի ծախսած աշխատանքի կախվածությունը տուրբինի մուտքում ջերմաստիճանից տարբեր ԳՏՏ-ների համար

Սկզբնական աշխատությունները կապված են օդանավերի շարժիչների ջրի ներարկմամբ քարշի մեծացման ուսումնասիրությունների հետ, որոնցում ցույց է տրված բարձրության, Մախի թվի և մթնոլորտային ճնշման ազդեցությունները ջրի ներարկմամբ քարշի կարգավորման վրա [34,35]: Գոլորշիացման պարամետրի ($\omega\lambda/\theta$) տրված արժեքի համար ջրի ներարկմամբ աշխատանքի նվազման չափը կախված չէ կոմպրեսորի սեղմման աստիճանից: Ավելին, կոմպրեսորի ներսում գոլորշիացումը ազդում է աշխատանքի ըստ աստիճանների բաշխման վրա, և միջին աստիճանները ավելի են բեռնվում: Խառնման և գոլորշիացման պրոցեսը մեծ ազդեցության տակ է կոմպրեսորի երկրաչափական չափերից և արագությունից [36]:

Ժամանակակից հետազոտությունները ցույց են տալիս, որ իրական խոնավ սեղմման պոլիտրոպի ցուցիչը ավելի փոքր է, քան չոր սեղմման պրոցեսինը, որը բերում է սեղմման աշխատանքի նվազեցման և կոմպրեսորի ելքում ջերմաստիճանի նվազեցման և սեղմման արդյունավետության ավելացման: Խոնավ սեղմումը ավելի արդյունավետ է մեծ սեղմման աստիճանների դեպքում, և սեղմման աստիճանի և գոլորշիացման գործակցի տրված արժեքների դեպքում, սեղմման աշխատանքը կարող է նվազել և դառնալ չոր օդի իզոէնտրոպ սեղմման համար պահանջվող աշխատանքից էլ քիչ: Ավելի լավ գոլորշիացման ազդեցության կարելի է հասնել կաթիլների չափերի փոքրացման միջոցով [37]:

Խոնավ սեղմում օգտագործող 115 ՄՎտ ՉՏՏ-ի (Hitachi Frame 9E) մանրամասն անալիտիկ և փորձնական հետազոտությունը ցույց է տալիս հզորության 10 % և արդյունավետության 3 % աճ, 1 % գերսնուցման դեպքում: Պարզեցված մոդելը ցույց է տալիս որ տեղի ունի ոչ լրիվ գոլորշիացում կոմպրեսորի 17 աստիճաններից հետո, եթե կաթիլի տրամագիծը մեծ է 30 մկմ-ից: Սակայն 20 մկմ-ից փոքր կաթիլների համար գոլորշիացումը լրիվ է կոմպրեսորի ներսում [38]:

Կոմպրեսորի գծային միաչափ վերլուծությունը, որը իրականացվել է ընդունելով գազային հաստատունի, պոլիտրոպ արդյունավետության և թիակների արագության հաստատունությունը կոմպրեսորի ամբողջ երկայնքով գերսնուցման դեպքում, ցույց է տվել, որ հաստատուն ճնշման ջերմունակությունը և պոլիտրոպի ցուցիչը ունենում են առաջին կարգի փոփոխություն կոմպրեսորի երկայնքով գոլորշիացման հետևանքով [39]:

Կատարվել է ավելի մանրամասն ուսումնասիրություն, որը օգտագործում էր երկու անալիտիկ մոդելներ գերսնուցմամբ հովացման համար, դիտարկելով սեղմման աստիճանի, կաթիլի մեծության և պոլիտրոպ արդյունավետության ազդեցությունները կոմպրեսորի աշխատանքի վրա: Առաջին մոդելում, որը կոչվել է իդեալական, կոմպրեսորի երկայնքով օդա-ջրային խառնուրդը դիտարկվել է թերմոդինամիկական հավասարակշռվածության մեջ: Սա նշանակում է, որ կաթիլները շատ փոքր են և սեղմման պրոցեսը չի բերում թերմոդինամիկական փոփոխությունների: Երկրորդ մոդելում, որը կոչվում է կաթիլային մոդել, իդեալական մոդելի սահմանափակումներն են դիտարկվել: Վերլուծությունները ցույց են տալիս, որ առավելագույն հոսքը, որի դեպքում տրված սեղմման աստիճանի դեպքում, կոմպրեսորի ելքում չեն լինի կաթիլներ, կախված է սեղմման աստիճանից և պոլիտրոպ արդյունավետությունից և դրա արժեքը ավելի մեծ է փոքր արդյունավետությամբ կոմպրեսորների մոտ: Նաև պոլիտրոպ արդյունավետության փոփոխությամբ պայմանավորված տեսակարար աշխատանքի նվազման փոփոխությունը աննշան է 2 %-ից փոքր ջրի հոսքի դեպքում [40]:

Կոմպրեսորի աստիճան առ աստիճան ուսումնասիրությունը ցույց է տալիս, որ ներարկվող ջրի քանակի ավելացման հետ կոմպրեսորի աշխատանքային պարամետրերը շարժվում են դեպի ավելի բարձր ծախս և սեղմման աստիճան: Խոնավ սեղմման դեպքում օդի ծախսի ավելացումը պայմանավորված է գոլորշիացման հովացման հետ և այն ավելին է քան ներարկվող ջրի քանակությունը [41] :

Կատարվել են հետազոտություններ կոմպրեսոր ջրի ներարկմամբ տարբեր աստիճաններում և կոմպրեսորից առաջ: Արդյունքում պարզվել է, որ ներարկման աստիճանը ևս նշանակություն ունի արդյունավետության վրա, քանի որ փորձնական կոմպրեսորի համար ամենաարդյունավետ աստիճան ստացվել է 3-րդը, որը նաև ցույց է տալիս, որ բուն կոմպրեսորի մեջ ներարկումը ավելի արդյունավետ է կոմպրեսորից առաջ ներարկումից [50,51]:

GE Frame 7EA գազատուրբինի աշխատանքի վրա հիմնված աէրո-թերմոդինամիկական մոդելի ուսումնասիրությունը, կոմպրեսորի աստիճաններ ջրի ներարկման հետևանքները ուսումնասիրելու համար, ցույց է տալիս, որ տարբեր աստիճաններ հայտնվում են ոչ նախագծային կետերում, առաջին աստիճանները թերբեռնվում են, իսկ վերջինները գերբեռնվում: Տվյալ տուրբինի համար ուսումնասիրությունը ցույց է տալիս որ ջրի քանակի ավելացումը բերում է 17-րդ աստիճանի խզման սահմանին մոտեցման, որը ցույց է տալիս, որ ներաստիճանային ներարկման դեպքում ջրի քանակը պետք է զգուշորեն ընտրվի [52]:

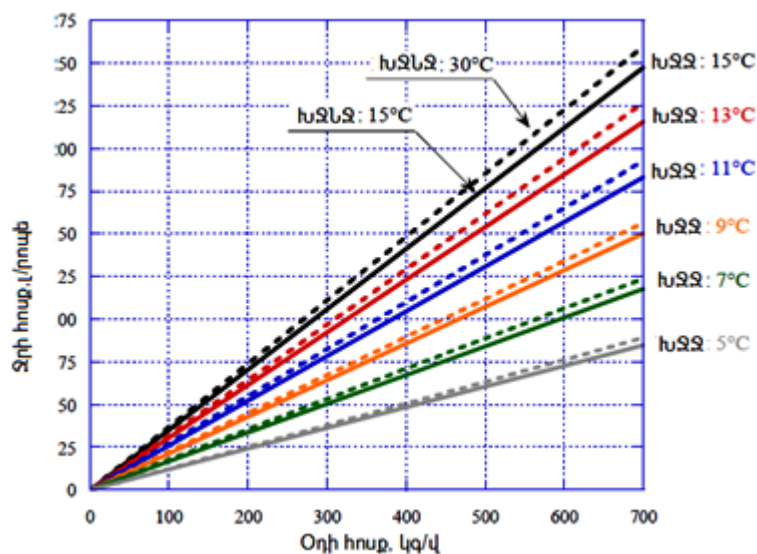
Թիակների մակերևույթի վրա կաթիլների հնարավոր ազդեցությունը բերում է շատ փոքր չափի կաթիլների անհրաժեշտության՝ 1...5 մկմ [53]: մրրկային-բռնկում տեխնոլոգիայի կիրառումը, որտեղ բարձր ճնշման տաք ջուրը փոշիացվում է մրրկային փողրակի միջոցով առաջացնում է 2,2 մկմ կաթիլներ լաբորատոր պայմաններում: Այս տեխնոլոգիան կիրառվել է մի շարք ՊSS-ների համար այդ թվում՝ GE Frame 6, Siemens V94.2, և ABB 9D [54-57]: Վերջինիս համար 2 % գերսնուցման դեպքում ստացվում է 14 % հզորության ավելացում: Սովորական մրրկային փողրակի կիրառումը զուգակցված տաք ջրի հետ բերում է մոտ 10 անգամ ավելի փոքր տրամագծի և 1000 անգամ փոքր ծավալի կաթիլների առաջացման [56]:

Գերսնուցումը, համեմատած գոլորշարար մշուշապատման հետ ունի առավելություն քանի որ այն թույլ է տալիս օդը հասցնել հագեցման, մթնոլորտային բարձր հարաբերական խոնավության և ցածր չոր ջերմաչափի ջերմաստիճանի պայմաններում, պայմանավորված փոքր կաթիլների մեծ քանակով, որը բերում է արագ գոլորշիացման:

1.6 Մշուշապատում օգտագործողների գործնական նկատառումներ

1.6.1 Ջրի քանակական պահանջները

Գոլորշարար մշուշապատման համակարգի համար անհրաժեշտ ջրի քանակը ֆունկցիա է կլիմայական պայմաններից և հնարավոր հասանելի ջերմաստիճանային անկումից: Տրված մթնոլորտային փսիխոմետրիկ պայմանների դեպքում պահանջվող ջրի քանակը գնահատելու համար կարելի է օգտվել նկ.1.30-ում պատկերված գրաֆիկից, որտեղ ցույց է տրված ջրի այն քանակությունը, որը անհրաժեշտ է օդի ջերմաստիճանը խոնավ ջերմաչափի նվազագույն ջերմաստիճանի (ԽՆՁՆ) 15 °C և 30 °C արժեքների հովացնելու, չոր և խոնավ ջերմաչափերի ջերմաստիճանների (ԽՁՁ) տարբերության 2...15 °C արժեքների համար: Այս գրաֆիկից երևում է, որ օրինակ օդի ջերմաստիճանը 45-ից 30 °C իջեցնելու համար պահանջվում է մոտավորապես 5 % ավել ջուր քան 30-ից 15 °C իջեցնելու համար: Եթե նաև դիտարկվում է գերսնուցում, ջրի ծախսը նշանակալիորեն ավելանում է: Սովորաբար գերսնուցման դեպքում ջրի ծախս/օդի ծախս հարաբերակցությունը չի անցնում 2 %-ից:



Նկ.1.30. Ջերմաստիճանի իջեցման 5...15 °C միջակայքում տարբեր օդի ծախս ունեցող ԳՏՏ-ների գոլորշարար հովացման համար պահանջվող ջրի քանակության կոպիտ գնահատում

1.6.2 Ջրի որակական պահանջներ

Մշուշապատման տեղակայանքների ջրի համար պահանջվող հիմնական որակական ցուցանիշները բերված են աղ.1.2-ում: Եթե ջրի որակը պահանջներին չի համապատասխանում, առաջանում է նշանակալի վնաս կոմպրեսորի վթարների և բարձր ջերմաստիճանային հատվածի կոռոզիայի տեսքով: Չնայած որ աղ.1.2-ը տալիս է ջրի որակի հիմնական պահանջները, բայց ամենալավ տարբերակում պետք է վերցնել ՊՏՏ արտադրողի կոմպրեսորի առանց անջատման լվացման ջրի համար պահանջվող պահանջները: Աղազրկված ջուրը սովորաբար ընդունելի է: Սակայն պարտադիր պայման է, որ հովացման համակարգի բոլոր խողովակները և դրանց միացումները լինեն չժանգոտվող պողպատից:

Աղյուսակ 1.2

ՊՏՏ օդի հովացման համակարգերում կիրառվող ջրի որակական պահանջներ

| | |
|--|-------------------|
| Ջրի որակի ցուցանիշ | Արժեք |
| Ջրի pH | 6,5 ... 7,5 |
| Գումարային պինդ մարմիններ (լուծված և չլուծված) | 5 մգ/լ |
| Գումարային ալկալային մետաղներ և այլ մետաղներ, որոնք նպաստում են բարձր ջերմաստիճանային կոռոզիային | 0,5 մգ/լ |
| Հաղորդունակություն | 0,5 ... 1 մՕհմ/սմ |

1.6.3 Օտար մարմնի հասցրած վնաս

Քանի որ փողրակները տեղադրված են օդի հոսքի մեջ, փողրակի կամ փողրակատախտակի կոմպոնենտի միջոցով օտար մարմնի հասցրած վտանգից խուսափելու համար պետք է միջոցներ ձեռնարկվեն: Սովորաբար փողրակները տեղադրվում են հոսքի ցածր արագությունների գոտում՝ ֆիլտրերից հետո: Փորձարկումներ օդի և ջրի հոսքի առաջացրած վիբրացիայի և դրանից փողրակային համակարգի պաշտպանության միջոցառումներ պետք է ձեռք առնվեն, համոզվելու համար որ համակարգը կդիմանա: Գերսնուցմամբ հովացման համակարգի դեպքում, փողրակներ են տեղադրվում անմիջապես կոմպրեսոր օդի մատուցման մանիֆոլդի մեջ սովորաբար հորիզոնական հարթությունում: Փորձը ցույց է տալիս, որ ճիշտ

նախագծման միջոցով օտար մարմնի հասցրած վնասից կարելի է հեշտորեն խուսափել:

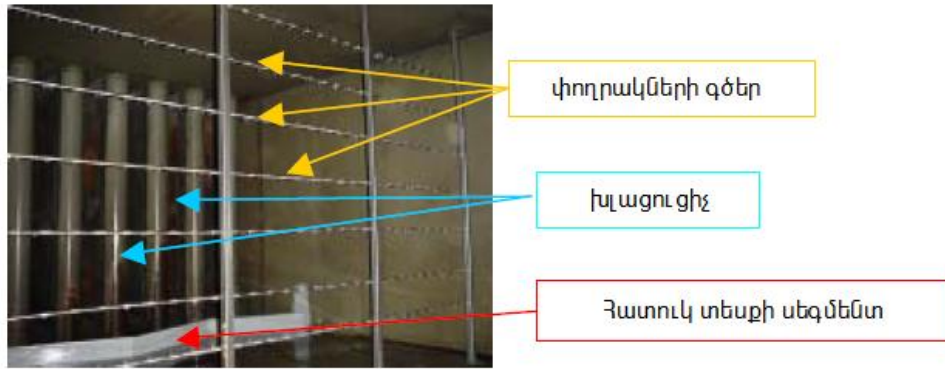
1.6.4 ՊՏՏ կոմպրեսորի մուտքի սառցակալում

Հովացման համակարգի կառավարման համակարգը պետք է ավտոմատ կերպով անջատի համակարգը, երբ կա սառցակալման վտանգ, կապված ջերմաստիճանի ստատիկ անկման հետ կոմպրեսորի մուտքում օդի արագացման հետ, որը հզոր ՊՏՏ-ների մոտ հասնում է Մախի թվի 0,5 արժեքի: Որոշ համակարգեր անջատվում են 15 °C-ից, չնայած որ որպես նվազագույն ջերմաստիճան կարելի է ունենալ 13 °C-ը: Որոշ արտադրողներ հրապարակում են հակասառցապատման համակարգերի գործի դրման ջերմաստիճան-հարաբերական խոնավություն հարաբերակցությունների աղյուսակներ: Երբ մշուշապատման համակարգը կոմպրեսորի մուտքում ունենում է 100 % հարաբերական խոնավություն մինչև 10 °C կարելի է իջեցնել ջերմաստիճանը: Սակայն ավելի անվտանգ գոտում լինելու համար, 13 °C-ի մոտ ջերմաստիճաններն են սովորաբար օգտագործվում որպես թույլատրելի նվազագույն, քանի որ այդ դեպքում կարելի է վստահ լինել սառցակալման վտանգի բացակայության մեջ:

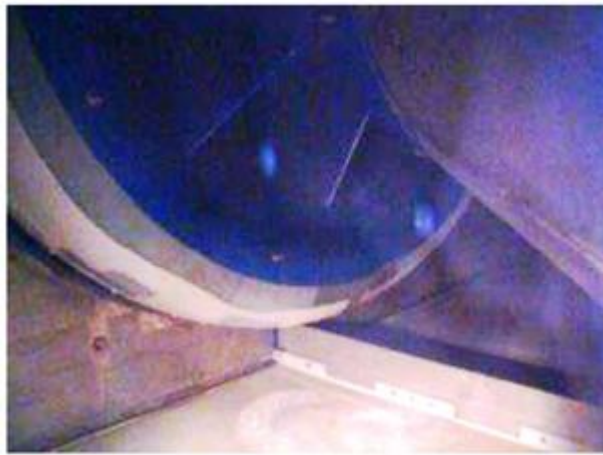
1.6.5 Տրակտի ջրահեռացման համակարգ

Ջրահեռացման համակարգը պետք է տեղադրված լինի խլացուցչին մոտ և նաև կոմպրեսորի ներածման հարմարանքի մոտ: Այն պետք է նախատեսված լինի շարունակական ջրահեռացման համար: Դրենաժման կետերը կարող են ընտրվել նաև փորձից ելնելով, հիմնվելով նաև տրակտի կառուցվածքային առանձնահատկությունների վրա, որը կարող է ունենալ այնպիսի տեղանքներ, որտեղ կարող է հավաքվել ջուրը: Հատուկ տեսքի սեգմենտներ կարող են տեղադրվել հատակին, ջուրը դեպի ջրահեռացման համակարգ ուղղորդելու համար նկ.1.31:

Հատուկ ուշադրություն պետք է դարձվի կոմպրեսոր օդի մատուցման մանիֆոլդի հատակի դրենաժմանը: Որոշ դեպքերում, այնտեղ հավաքված ջուրը կարող է անցնել կոմպրեսոր (նկ.1.32): Այդ դեպքերում հատուկ միջոցառումներ պետք է կիրառվեն նորմալ ջրահեռացում ապահովելու համար:



Նկ.1.31. Հատուկ սեգմենտային համակարգ ջրի դրենաժման համակարգի համար

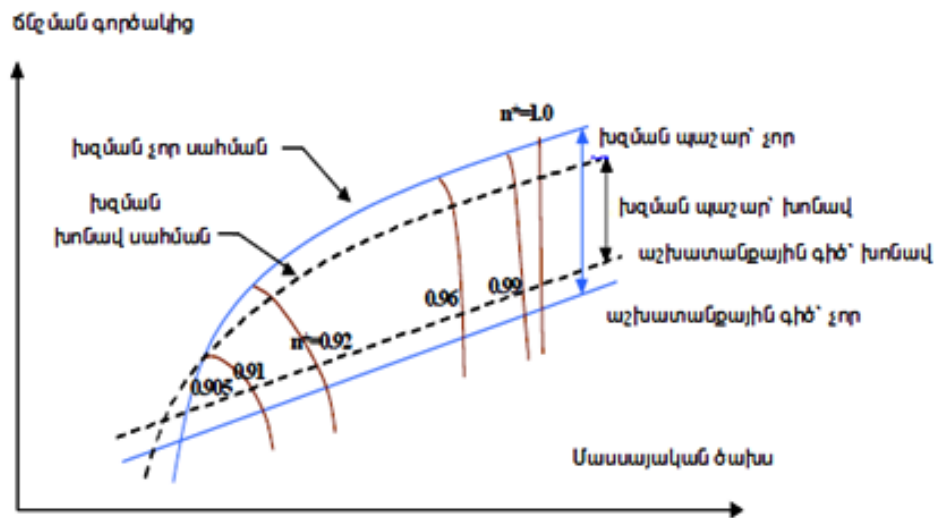


Նկ.1.32. Կոմպրեսորի մանիֆոլդում հավաքված ջուր

1.6.6 Կոմպրեսորի խզում

Կոմպրեսորի խզումը ավելի շատ խնդիր է գերսնուցմամբ հովացման համակարգերի համար: Հիմնական դեպքերում, գերսնուցման ջրի քանակը մի փոքր ավել է աշխատանքի ընթացքում կոմպրեսորի լվացման համար թույլատրելի ջրի քանակից: Գերսնուցման ազդեցությունը լինում է այն, որ կոմպրեսորի դիագրամի վրա աշխատանքային կետերը մոտենում են խզման գծին: Չորս GE Frame 7EA գազատուրբինային տեղակայանքներ, որոնք աշխատում են գերսնուցմամբ հովացման համակարգերով 4 տարվա ընթացքում չեն ունեցել կոմպրեսորի խզման որևէ դեպք, հատկապես երբ գերսնուցման աստիճանը ընկած է 0,5...1 %-ի սահմաններում: Սովորաբար աշխատանքի ընթացքում կոմպրեսորի լվացման համակարգի ջրի թույլատրելի քանակը ընկած է լինում 0,4...0,5 % միջակայքում հիմնական հզոր տեղակայանքների համար: Նույնիսկ մշուշային հովացման համար կոմպրեսորի մուտքում ջերմաստիճանի բաշխվածությունը և փոփոխության աստիճանը պետք է

հատուկ ուսումնասիրվի կառավարման համակարգի նախագծման համար: Չերսնուցման դեպքում, տեղի է ունենում տեղակայանքի աշխատանքային սահմանի փոփոխություն, ինչպես երևում է նկ.1.33-ից [58]:



Նկ.1.33. Կոմպրեսորի խզման սահմանի փոփոխություն կապված Չերսնուցմանը մշուշային հովացման հետ [58]

1.6.7 Կոմպրեսորի մուտքում ջերմաստիճանային անհամաչափություն

Առանցքային կոմպրեսորները ունեն մուտքի ջերմաստիճանի և ճնշման անհամաչափության հստակ չափորոշիչ: Խնդիրներ կապված թիակների թրթռման հետ, որոնք կարող են առաջանալ լայնածավալ աղավաղումների պատճառով: Մշուշապատման համակարգերը նախատեսվում են տարբեր աստիճանների համար, և յուրաքանչյուր աստիճան ունի փողրակատախտակի վրա փողրակների այնպիսի դասավորվածություն, որը ապահովում է ջրի համեմատաբար հավասարաչափ բաշխում: Սա կարևոր դիտարկում է, քանի որ կոմպրեսորի խզման զգայունությունը կարող է ազդվել ջերմաստիճանային խիստ անհամաչափությունից: Կա նաև չափորոշիչ կապված կոմպրեսորի մուտքում ջերմաստիճանի կտրուկ փոփոխության հետ, սակայն մշուշապատումը երբեք չի կարող բերել այս չափորոշիչի գերազանցման, նույնիսկ հովացման համակարգի վթարային անջատման դեպքում:

ԳՏՏ կոմպրեսորի մանիֆոլդի մեջ ջերմաստիճանային տվիչները սովորաբար չեն տեղադրվում այնպես, որ ցույց տան ջերմաստիճանային դաշտի անհավասարաչափությունը: Որոշ տեղակայանքների մոտ, որոնք ունեն բարդ տրակտ,

ճնշման և ջերմաստիճանի զգալի անհամաչափություններ առանց հովացման էլ արդեն գոյություն ունեն, և անսովոր չեն ջերմաստիճանի տվիչների միջև 2 °C տարբերությունները: Որոշ տեղակայանքների մոտ տվիչները կարող են տեղադրված լինել հոսքից հեռու գոտիներում: Այս տիպի բնական անհամաչափությունները կարող են ավելի ակնհայտ դառնալ մշուշապատման համակարգի կիրառման արդյունքում: Երբ ջերմաստիճանային տվիչները խոնավանում են, դրանք սկսում են տալ իրականից ավելի ցածր չափումներ, այդ պրոբլեմից խուսափելու համար հարկավոր է կիրառել հատուկ պաշտպանիչ վահաններով կահավորված տվիչներ:

1.6.8 Օդի մատուցման տրակտի դիտարկումներ [59]

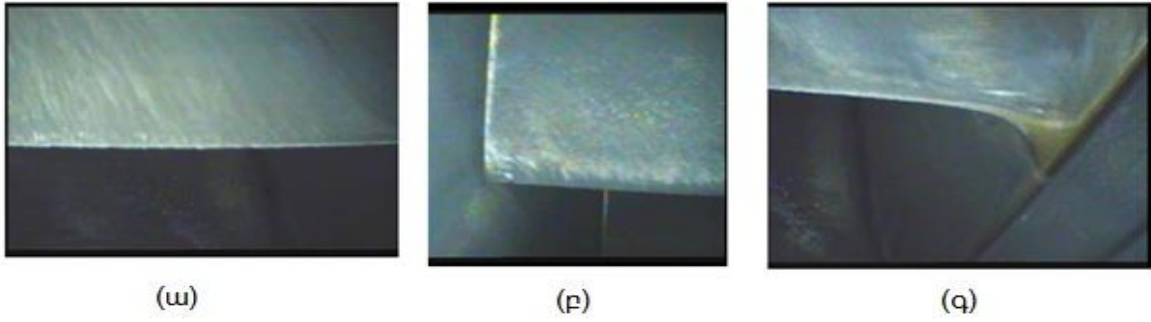
Օդի մատուցման տրակտին հենց վերաբերվող մի քանի հարցեր կան մշուշային հովացման դեպքում, որոնք պետք է դիտարկվեն: Վերակառուցվող տեղակայանքների դեպքում, կարող է իդեալական իրավիճակ չլինի “իդեալական” պայմաններ ստանալու համար, ուստի հաշվենկատ փոխզիջումներ են պետք: Օրինակ, կարող է անհնար լինել գտնել տրակտի ամբողջ ազատ լայնություն առանց որևէ կառուցվածքի և կարող են լինել այնպիսի խանգարող հանգամանքներ, ինչպիսին է տուրբինից առումով տաքացման խողովակները (սովորաբար առկա են այն տեղակայանքներում, որոնք որոշ աշխատանքային ռեժիմներում այրման խցի պայմանները կարգավորում են օդի առումներով): Ավելին, որոշ տեղակայանքներում կիրառվում են աղբից պաշտպանության վահաններ, որոնք այս դեպքում կաշխատեն որպես կուտակիչներ առաջացնելով ջրի մեծ կաթիլներ: Որոշ տեղակայանքների կոմպրեսորի մուտքում օդի մատուցման տրակտը ունի կոնաձև կառուցվածք, որի վրա հավաքվող կաթիլները կարող են հոսել դեպի կոմպրեսոր: Սակայն Վեբերի թվի ազդեցության պատճառով, մեծ արագությունները հաճախ բերում են կաթիլների կոտրման և հետևաբար այդ պրոբլեմի աստիճանը նվազագույնն է: Մշուշային հովացման համակարգի մատակարարը պետք է տեղյակ լինի այս պրոբլեմներից և համակարգը նախագծի դրանք նվազագույնի հասցնելու նկատառումներով:

1.6.9 Առանցքային կոմպրեսորի խափանում [60,61]

Կարևոր է տարբերել բնական մառախուղի և մշուշապատման համակարգի առաջացրած բարդությունները: Բնական բարձր խոնավությունը և կլիմայական մառախուղը սովորաբար առաջանում են գիշերները և վաղ առավոտյան, կարող են առաջացնել ֆիլտրերի դիֆերենցիալ ճնշման տարբերության հետ կապված անջատումներ և որոշ դեպքերում ուժեղ աղտոտված ֆիլտրերը թեքվում են և առաջանում է դրանց խզում, հետևաբար և կոմպրեսորի խափանում: Սակայն եթե օդի ֆիլտրման համակարգը աշխատում է նորմալ, մշուշապատման համակարգի առաջացրած խոնավության բարձրացումը չի ավելացնում կոմպրեսորի խափանումը: Կոմպրեսորի խափանումը այնքան յուրօրինակ է յուրաքանչյուր տեղակայանքի համար, որ անհնար է կանխատեսել դրա վարքագիծը: Այն դեպքում երբ համար 1 առանցքակալը ունի յուղի արտահոսք, սա համատեղած բարձր խոնավության հետ կարող է բերել կոմպրեսորի խափանման: Մինչև հովացման համակարգի թողարկումը կարևոր է խլացուցիչների լավ լվանալը, որպեսզի կանխվի մշուշապատման համակարգի միացումից հետո այդ կեղտի կոմպրեսոր ներթափանցումը:

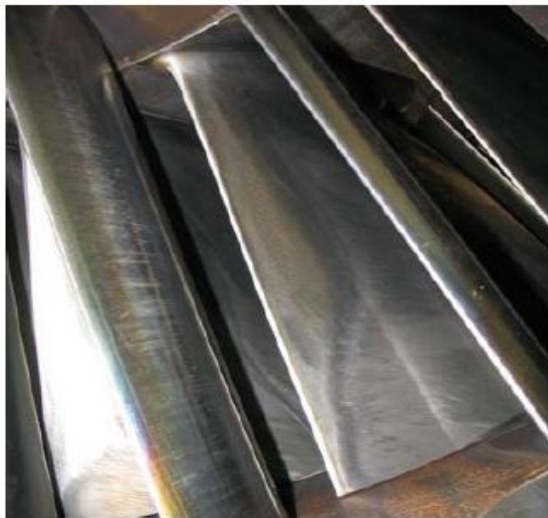
1.6.10 Կոմպրեսորի թիակների էռոզիա [62]

Մաքուր գոլորշարար հովացման համակարգերում, համակարգի պարամետրերը կարելի է կարգավորել այնպես, որ մառախուղը մինչև կոմպրեսորի մուտքին հասնելը հաստատապես գոլորշիացած լինի: Սակայն հնարավոր է, որ որոշ կաթիլներ մուտք գործեն կոմպրեսոր: Համեմատաբար փոքր չափի (15...20 մկմ-ից փոքր) կաթիլի համար, ուսումնասիրությունները ցույց են տվել, որ այն ձգտում է հետևել օդի հոսքին: Կա նաև մեծ կաթիլների առաջացման հետ կապված խնդիր՝ աղբի դեմ պայքարի վահանների և կոմպրեսորի մուտքի կոնաձև մասի վրա, բայց ճիշտ նախագծման և լավ ջրահեռացման համակարգի միջոցով կարելի է խուսափել այդ խնդիրներից: Կարևոր է նշել, որ գերսնուցմամբ հովացման համակարգերով աշխատանքի փորձը ցույց է տալիս, որ ուժեղ էռոզիա չի առաջանում (նկ.1.34, նկ.1.35), և որոշ արտադրողներ ներկայումս առաջարկում են հովացման այդ տեխնոլոգիան իրենց QSS-ների համար:



Նկ.1.

34. GE Frame 6B խոնավ սեղմամբ ԳՏՏ-ի կոմպրեսորի թիակների էռոզիայի աստիճան: (ա)- առաջին աստիճանի թիակի ծայր, (բ)- առաջին աստիճանի թիակի միջնամաս, (գ)- առաջին աստիճանի թիակի հիմք



Նկ.1.35. Ալստոն GT24 ԳՏՏ-ի կոմպրեսորի առաջին աստիճանի թիակի վիճակ

1.6.11 ԳՏՏ օդի մատուցման տրակտի կոռոզիա

Աղագրկված ջրի օգտագործումը կարող է դեգրադացնել օդի մատուցման տրակտի արդեն իսկ դեգրադացված, մաշված հատվածները, մեծ խոնավությունը հաստատապես կոռոզիոն գործոն է: Բավարար նորոգումների և ներկման միջոցով այս պրոբլեմը կարելի է վերացնել: SS316L չժանգոտվող պողպատի կիրառությունը օդի մատուցման համակարգում գնալով ավելանում է, քանի որ չնայած ավելի մեծ կապիտալ ներդրումներին, այս դեպքում շահագործման-նորոգման ծախսերը զգալիորեն կրճատվում են: Պետք է նշել, որ շատ տրակտեր աշխատում են արդեն իսկ վատ վիճակում, ինչպես օրինակ պատկերված է նկ.1.36-ում, և կարևոր է այդպիսի իրավիճակների շտկումը մինչև գոլորշարար հովացում իրականացնելը:



Նկ.1.36. ՊՏՏ օդի մատուցման տրակտի կոռոզիայի ենթարկված հատվածի տեսք

1.6.12 Կոմպրեսորի թիակների և ծածկույթի վնասում [63]

Որոշ ՊՏՏ-ներ, որոնք ունեցել են գերսնուցմամբ հովացման համակարգ, ունեցել են կոմպրեսորի ծածկույթի վնասումներ մի քանի առաջին աստիճաններում: Հիմնական դեպքերում, սա կարելի է հասցնել նվազագույնի փողրակների ճիշտ դասավորության, տրակտի և օդի մատուցման մանիֆոլդի մեջ ջրի հավաքումներից խուսափելուն ուղղված և մի քանի այլ միջոցառումների միջոցով:

Կոռոզիոն շրջակա պայմանները, ինչպես օրինակ քլորիդները կամ HCl-ի հետքերը կարող են առաջացնել թթվային միջավայր և հետևաբար ծածկույթի վնասվածքներ: Օդի մեջ պարունակվող աղտոտիչների նույնիսկ շատ փոքր քանակությունը հաճախ կարող է բերել շատ թթվային միջավայրի կոմպրեսորի թիակների համար: Սա խնդիր է, որը պետք է լուծվի օդի ֆիլտրման համակարգի կողմից, հատկապես ագրեսիվ արդյունաբերական միջավայրերում: Գերսնուցմամբ հովացման դեպքերում, իրավիճակը պետք է հաշվարկվի դեպք առ դեպք գնահատելով թիակների և դրանց ծածկույթի առկա տեխնոլոգիաները:

Վնասներ հասցնելու հնարավոր գործոնները ներառում են՝

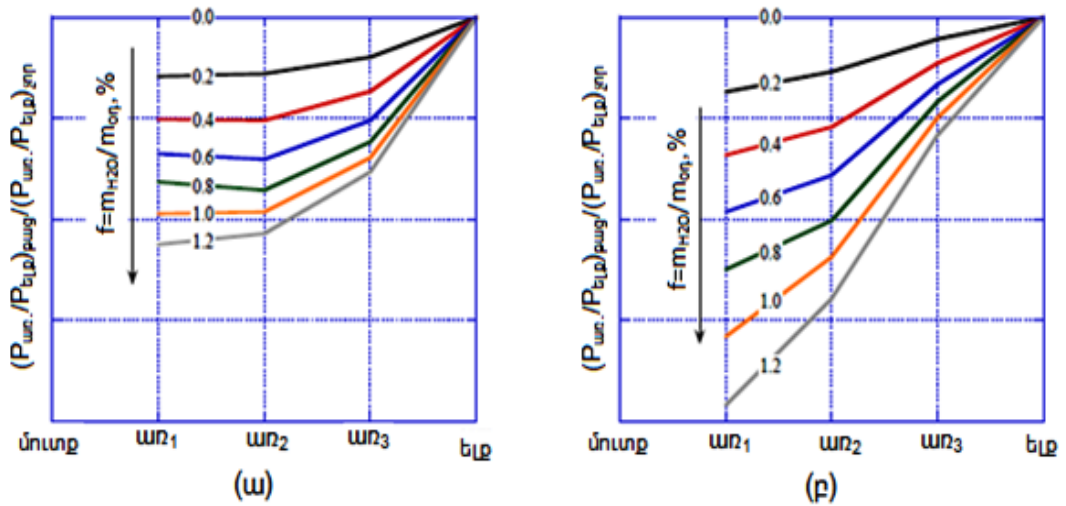
- գերսնուցման չափից ավել կամ ոչ համապատասխան կիրառություն
- փոշիացնող փողրակների ոչ ճիշտ դասավորվածություն,
- ջրահեռացման համակարգի անկատարություն,

- կոռոզիոն ակտիվ մթնոլորտային պայմաններ, որոնք կբերեն թթվայնության հետևաբար և ծածկույթի վնասների:

Որոշ դեպքերում, եթե թիակի սկզբնամասի ծածկույթի վնասվածքներ արդեն առկա են մշուշապատման հետևանքով, ապա դրանք կարող են զարգանալ վերևում նկարագրված գործոնների առկայության դեպքում:

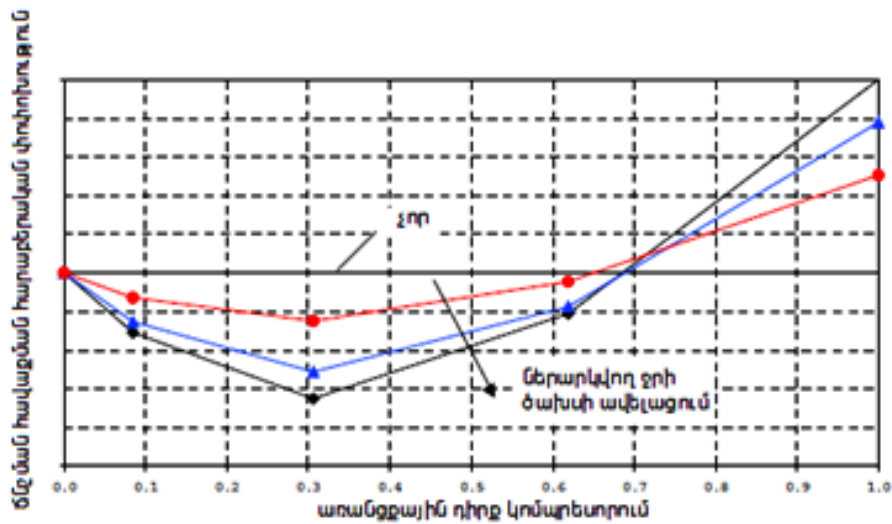
1.6.13 Չերսնուցմամբ մշուշային հովացման համակարգի կիրառությամբ ՉSS-ներում թիակների հովացման օդի հետ կապված դիտարկումներ

Կատարվել են մանրամասն ուսումնասիրություններ ՉSS-ի և կոմպրեսորի աշխատանքի երկրորդային օդի համակարգում հաստատուն կամ փոփոխական պարամետրերի օդի օգտագործման դեպքերում, որոնք հստակորեն ցույց են տալիս, երկրորդային օդի համակարգի ազդեցությունը ճնշման հավաքման վրա (նկ.1.37): Նկ.1.37-ում նկատելի w_1 , w_2 և w_3 կետերը, որոնք ներկայացնում են օդի առման տեղերը, մինչդեռ “մուտք” և “ելք” –ը ներկայացնում են կոմպրեսորի մուտքի և ելքի կտրվածքները համապատասխանաբար: Ճնշման բարձրացման գործակիցը տարբեր տեղամասերում նորմալացված է իր չոր սեղմման արժեքներով: Ակնհայտ է, որ չոր սեղմման համար նախատեսված տեղակայվածություն, ներարկվող ջրի քանակը սահմանափակվում է կապված երկրորդային օդի համակարգում հոսքի փոփոխությամբ, կոմպրեսորի ճնշման հավաքման հատվածների փոփոխմամբ, խզման սահմանի փոփոխմամբ և այլն: Չերսնուցմամբ հովացման դեպքում, ճնշման և ջերմաստիճանի հավաքման պրոցեսը կոմպրեսորի աստիճաններում փոփոխվում է և որոշ դեպքերում կարող է պահանջվել առումների թողունակությունը ապահովող փողրակների ձևափոխություն [64]:



Նկ.1.37. Ճնշման փոփոխությունը կոմպրեսորում, մուտքի օդի կարգավորիչ թիակներով (ա) և առանց (բ) տուրբիններում

Նկ.1.38-ում պատկերված է կոմպրեսորում ճնշման հավաքումը աստիճան առ աստիճան գերսնուցմամբ հովացման և առանց դրա դեպքերում [64]: Հորիզոնական առանցքում պատկերված է ճնշման հավաքման հարաբերական փոփոխությունը կոմպրեսորում և գերսնուցման քանակի աճի ազդեցությունը դրա վրա, և երևում է առաջին և միջին աստիճանների բեռնաթափումն ու վերջին աստիճանների գերբեռնումը:



Նկ.1.38. գերսնուցմամբ հովացման դեպքում կոմպրեսորում ճնշման ավելացման փոփոխությունը [58]

1.7 Հովացման համակարգեր օգտագործողների տեսակետներ և փորձ

Ընդհանուր առմամբ, մշուշային հովացման պրակտիկ իրականացումների փորձը բավականին դրական է, ինչպես ապացուցվում է վերջին տարիների մի շարք զՏՏ-ներով (1000-ից ավել), որոնք կահավորված են այդ համակարգերով: զՏՏ-ների մոդելների ցուցակը, որոնք ունեն հովացման մշուշային համակարգ ներդրված երրորդ կողմի միջոցով, պարզորոշ ցույց է տալիս մուտքի օդի մշուշային հովացման իրականացումը զՏՏ արտադրող բոլոր հզոր ընկերությունների կողմից (աղ.1.3): Պետք է նշել, որ երկու մշուշային հովացման և գերսնուցմամբ մշուշային հովացման համակարգերը իրականացվել են լայն աշխատանքային տիրույթի զՏՏ-ների վրա (բազիսային, պիկային, պարզ ցիկլով, կոգեներացիոն կամ համակցված ցիկլերով և այլն): Ավելին աղ.1.3-ը չի ներառում զՏՏ արտադրողների կողմից ներդրված հովացման համակարգերը:

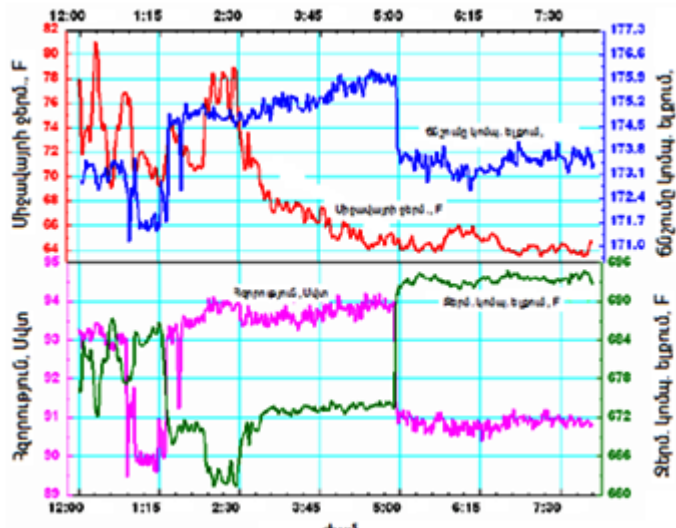
Աղյուսակ 1.3

Երրորդ կողմի միջոցով ներդրված մշուշային հովացման համակարգեր ունեցող զՏՏ-ների ցանկ

| զՏՏ արտադրող | զՏՏ մոդել | Մառախլապատում ունեցող տեղակայանքների թիվ |
|---------------------|--|--|
| Alstom | GT26, 13D2, 13E, 13E2, GT-11N, GT-10B, Tornado, 9D, GT24 | 26 |
| GE-Frame 5 | 5271, 5361, 5371, MS5001, 5001P, GT11 | 62 |
| GE-Frame 6 | 6001, 6531B, 6541, 6541B, 6551B, 6561B, 6F, 6101FA | 59 |
| GE-Frame 7 | 7001, 7001E, 7001B, 7001C, 7121EA, 7061EC, 7191F, 7121FA, 7221FA, 7231FA, 7241FA, 7661, 7821 | 347 |
| GE-Frame 9 | 9161E, 0171E, 9FA++ | 18 |
| GE-ավիացիոն և այլն | LM2500, LM5000, LM6000, LM6000PD, LM2500PE, PGT10 | 28 |
| Միթսուբիշի | M701-F, M501G, MF111AB, MW-701D | 6 |
| Պոետ և Ուիտնեյ | FT4, FT4 TwinPac, GG4/FT4, FT4-A5, FT8 TwinPac, GG4A9 Twin, TP4-2C1 | 51 |
| Ռոլլս-Ռոյս | 501KB7, AVON, SK30, RB211 | 7 |
| ՄոլարՏուրբինզ | Mars, Mars100, Centaur 50, Taurus 60, Taurus 70 | 10 |
| Միմենս-Վեստինգհաուզ | V64.3, V64.3A, V84.2, V94.2, V94.3, W501F | 31 |
| Միմենս-Վեստինգհաուզ | W191G, W251B11, W251E, W501AA, W501B4, WH E4-2, W501 D5A | 37 |

1.7.1 Մուտքի օդի գոլորշարար մշուշապատում 80 ՄՎտ հզորությամբ կոզեներացիոն ցիկլով աշխատող զՏՏ-ի վրա

8-ժամյա աշխատանքային պարամետրերի կտրվածքը, որը պատկերված է նկ.1.39-ում, ցույց է տալիս այս 80 ՄՎտ հզորությամբ զՏՏ-ի կարևոր աշխատանքային պարամետրերի փոփոխությունը ISO պայմանների համեմատ առանց հովացման մշուշային համակարգի և դրանով: Հովացման համակարգով աշխատելիս կարելի է տեսնել միջինում 2,5...3 ՄՎտ հզորության ավելացում: Նաև տեսանելի են կոմպրեսորի ելքում ջերմաստիճանի և դրա հետ կապված ճնշման անկումը հովացման համակարգի կիրառման հետևանքով: Երբ հովացման համակարգը անջատվում է (Ժ 5-ին մոտ), զՏՏ-ն ձեռք է բերում իր չոր հզորությունը: Այս տվյալները վերցվել են այս զՏՏ-ի վերջերս տեղի ունեցած հիմնական նորոգումից հետո:



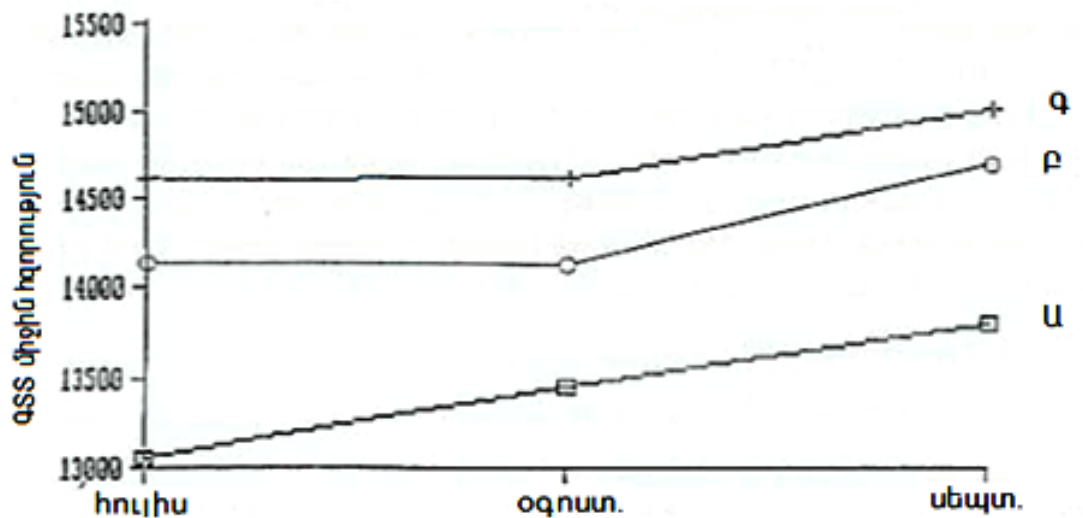
Նկ.1.39. Մուտքի օդի գոլորշարար հովացման ազդեցությունը 80 ՄՎտ զՏՏ-ի վրա

1.7.2 Ձերսնուցմամբ մշուշային հովացման համակարգի կիրառումը Frame 5 զՏՏ-ներով կոզեներացման տեղակայանքի վրա

Խոնավ սեղմման կամ զերսնուցմամբ մշուշային հովացման տեղակայանքի առաջին կիրառությունը եղել է 3 Frame 5 զՏՏ-ների (մոտ 73 կգ/վ օդի ծախս) վրա [65]: Այս կոզեներացիոն բլոկը տեղակայված է Ռիֆլ քաղաքում, Կոլորադո, ԱՄՆ, որը ունի երկար և չոր ամառներ: Դիտարկվել էր նաև ավանդական գոլորշարար հովացուցիչ տեղակայանքը, բայց որոշում էր կայացվել տեղադրել ուղղակի զերսնուցմամբ

հովացման մշուշային համակարգ, հաշվի առնելով ցածր կապիտալ ներդրումները: Հովացման համակարգը բաղկացած է 540 փողրակներից, որոնք թույլ են տալիս գումարային մոտ 1 կգ/վ ջրի հոսք 40 բար ճնշմամբ, որը տալիս են 3 մխոցային պոմպերը:

Արդյունավետ կերպով հասանելի (այսինքն 100 % գոլորշիացման արդյունավետությամբ) խոնավ ջերմաչափի ջերմաստիճանները տատանվում են 21...37 °C տիրույթում: Նկ.1.40-ը ցույց է տալիս ԳSS միջին արտադրանքը Հուլիս-Սեպտեմբեր ամիսների ընթացքում: Այս գրաֆիկում, ներքևի կորը (Ա), ցույց է տալիս բոլոր 3 տեղակայանքների միջին արտադրանքը առանց հովացման համակարգի աշխատանքի: Միջին (Բ) կորը ցույց է տալիս կանխատեսված արտադրանքը, եթե հովացման համակարգը ապահովի խոնավ ջերմաչափի միջին ջերմաստիճանները: Եվ, վերջապես (Գ) կորը այս տեղակայանքների իրական աշխատանքի կորն է հովացման համակարգերով: (Բ) և (Գ) կորերի միջև տարբերությունը պայմանավորված է մշուշի սեղմման պրոցեսին մասնակցելու (խոնավ սեղմում) ազդեցությամբ: Այս համակարգի ներդրման տնտեսական վերլուծությունը ցույց է տվել գնի ետ բերման 3,2 ամիս տևողություն [65]:



Նկ.1.40. Frame 5 ԳSS-ի վրա առաջին գերսնուցմամբ հովացման համակարգի կիրառությունը [65]

2. ՇՊՏ-ՆԵՐԻ ԱՇԽԱՏԱՆՔԱՅԻՆ ՌԵԺԻՄՆԵՐԸ ԴՅ ԷՆԵՐԳԱՅԱՍԱԿԱՐԳԻ ԱՌԿԱ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐԻ ՏԵՍԱՆԿՅՈՒՆԻՑ: ԵՐՁԷԿ-Ի ԶԱՍԱԿՑՎԱԾ ՑԻԿԼՈՎ ՆՈՐ ԷՆԵՐԳԱՔԼՈԿԸ

2.1 ԴՅ ԷՆԵՐԳԱՏՈՒՄԻ ԿԱՐԳԸ

Հայաստանի Հանրապետության էներգահամակարգը նախագծվել և շահագործվել է որպես ավելի մեծ էներգահամակարգի՝ Խորհրդային Միության Տրանս-Կովկասյան էներգահամակարգի մաս: Տեղակայված հզորությունները և բաշխիչ ցանցը մշակվել և գործել են մեկ միացյալ էներգահամակարգի կազմում: Հայկական էներգահամակարգի առանձնահատկությունն այն է, որ Հայաստանում գործնականում չկան էներգետիկ հանածոներ, դրանք մշտապես ներմուծվել են: Որպես այդպիսին, արտադրող հզորությունները կառուցվել են ներկրվող վառելիքներով աշխատելու նկատառմամբ [66,67,68]:

Սակայն, Հանրապետության էլեկտրակայաններում տեղակայված հզորությունները գերազանցում էին ներքին սպառումը և արտադրված էլեկտրաէներգիայի մի մասը (20-25%) արտահանվում էր հարևան հանրապետություններ [67]:

Լինելով շրջապատված ածխաջրածնային հանածոների հարուստ պաշարներ ունեցող երկրներով, Հայաստանի տարածքում կատարված երկրաբանական հետազոտությունները ցույց են տվել հանածո վառելիքների փոքրաթիվ պաշարներ, որոնք չունեն նշանակալի տնտեսական արժեք, ունեն ցածր կալորիականություն և կարող են կիրառվել սահմանափակ պահանջարկ բավարարելու համար: Հետևաբար, դրանք տնտեսապես շահավետ չեն արդյունահանելու համար [67]:

Այսօր, Հայաստանի Հանրապետությունը, ներքին ռեսուրսների հաշվին, կարող է բավարարել ներքին ընդհանուր պահանջարկի միայն 35 %-ը, հետևաբար նա մեծապես կախված է ներկրվող էներգակիրներից: Հարկ է նաև նշել, որ էներգախնայողությունը Հայաստանի տնտեսությունում շատ ավելի ցածր զարգացման աստիճան ունի զարգացած երկրների ցուցանիշների համեմատ:

Խորհրդային Միության փլուզմանը հետևեց ԴՅ էներգահամակարգի ճգնաժամը՝ պայմանավորված էներգակիրների ներմուծման դժվարություններով և արդյունաբերական ձեռնարկությունների կողմից էլեկտրական էներգիայի սպառման կտրուկ կրճատումով:

Այսօր, նպատակաուղղված բարեփոխումներից հետո, ԴՅ էներգետիկայի բնագավառը տնտեսության լիովին և արդյունավետ գործող բնագավառներից մեկն է:

ՀՀ-ն լիովին ծածկում է ներքին շուկայի պահանջարկը և արտահանում էլեկտրական էներգիա Վրաստան, ինչպես նաև իրականացնում է փոխանակում ԻԻՀ-ի հետ փոխշահավետ հիմունքներով:

Այնուամենայնիվ, տեղակայված հզորությունների մեծ մասը հին է, և պահանջում է արդիականացում կամ փոխարինում: Տեղակայված հզորությունների 38 %-ը աշխատանքի մեջ է ավելի քան 30 տարի: Ջերմային էլեկտրակայաններում առաջնային տեղակայանքները հասել են 200000 շահագործման ժամաքանակի և չեն համապատասխանում համաշխարհային ընդունված տեխնիկական և բնապահպանական նորմերին: Հիդրոէլեկտրակայանների տեղակայանքների 70 %-ը աշխատանքի մեջ է ավելի քան 30 տարի, (50%-ը՝ ավելի քան 40 տարի): ՀՀ-ի էլեկտրական էներգիայի փոխանցման տեղակայանքների միջին տարիքը 45 տարին է: 220 կՎ լարման էլեկտրահաղորդման գծերի 90 %-ը պահանջում են վերակառուցում: Կոպիտ հաշվարկով, ցածր լարման ենթակայանների 42 %-ը գտնվում են անբավարար տեխնիկական վիճակում, մոտ 14000 ավտոտրանսֆորմատորներ գտնվում են զերբեռնված կամ թերբեռնված աշխատանքային վիճակում: Որոշ տվյալների համաձայն 2006-2011 թթ.-ի դրությամբ, ՀՀ էլեկտրակայանների աշխատունակ տեղակայված հզորությունը կազմում է 2120-2420 ՄՎտ, մինչդեռ տեղակայված գումարային հզորությունը կազմել է 3091 ՄՎտ (աղ. 2.1.) [67,69, 70]:

Աղյուսակ 2.1.

ՀՀ էներգահամակարգի տեղակայված հզորություններ [71]

| Տեղակայված հզորություններ , ՄՎտ | |
|---------------------------------|------|
| Ջերմային | 1610 |
| Միջուկային | 415 |
| Հիդրո | 1066 |
| Ընդհանուր | 3091 |

Վերը նկարագրված պատճառներից հետևում է ՀՀ արտադրող հզորությունների արդիականացման, վերակառուցման կամ փոխարինման խիստ անհրաժեշտությունը:

Այդ անհրաժեշտությունից ելնելով, ՀՀ-ում կառուցվել և շահագործման են հանձնվել երկու նոր շոգեգազային էներգաբլոկներ Երևանում և Հրազդանում:

ՀՀ էներգահամակարգի իրական պատկերը տեսնելու համար դիտարկենք ՀՀ Հանրային Ծառայությունները Կարգավորող Հանձնաժողովի հրապարակած տվյալները 2012թ.-ին ՀՀ-ում արտադրված և առաքված էլեկտրական էներգիայի մասով [72]: Ըստ

այդ տվյալների կազմված 2.2 աղյուսակը ցուցադրում է ՀՀ էներգահամակարգում 2012թ.-ին առկա հզորությունները:

Աղյուսակ 2.2

ՀՀ էներգահամակարգում առկա հզորությունները 2012թ.-ին

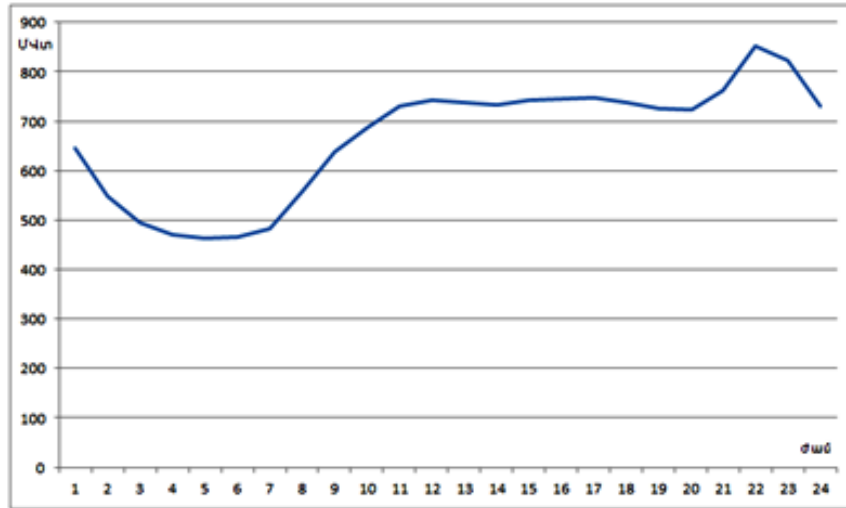
| Տիպ | Կայան | Աշխատունակ տեղակայված Հզորություն, ՄՎտ | Ընդհանուր, ՄՎտ |
|------------|--|--|----------------|
| Ջերմային | “Հրազ ՋԷԿ” ԲԲԸ | 400 | 1060 |
| | “Երևանի ՋԷԿ” ՓԲԸ (շոգեգազ. ցիկլով աշխ. էներգաբլոկ) | 220 | |
| | “Հրազդան-5” “Հայրուսզազարդ” ՓԲԸ | 440 | |
| Միջուկային | “Հայկական ԱԷԿ” ՓԲԸ | 385 | 385 |
| Հիդրո | «Միջազգային էներգետիկ կորպորացիա» ՓԲԸ | 360* | 740 |
| | «Որոտանի ՀԷԿՀ» ՓԲԸ | 380* | |

*¹ Հիդրոէլեկտրակայանների հզորությունները անվանականներից տարբերվում են, քանի որ տարվա կտրվածքով, ՀԷԿ-ի անվանական բեռնվածքը փոփոխվում է կապված ջրային ռեսուրսների սեզոնայնության հետ:

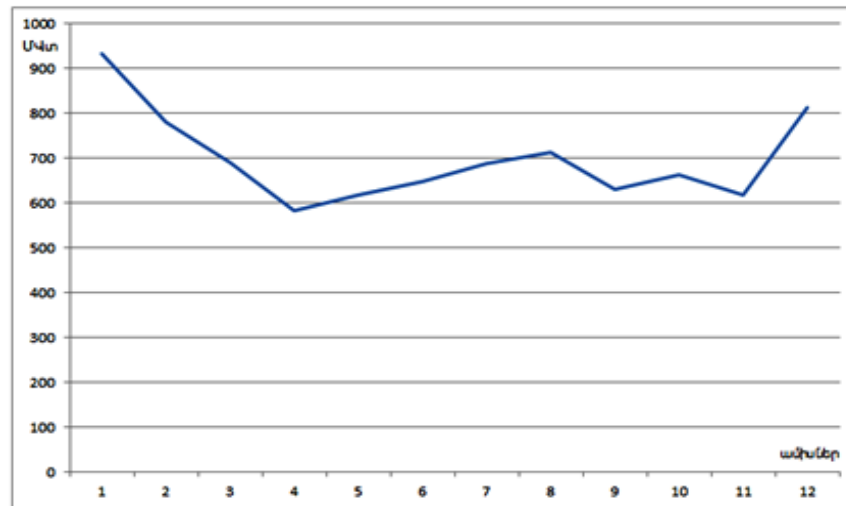
Այսպիսով, 2012թ.-ի դրությամբ, կարելի է փաստել, որ ՀՀ էլեկտրակայանների աշխատունակ տեղակայված հզորությունը կազմում է 2185 ՄՎտ:

Դիտարկենք, թե ինչպես է տեղի ունենում էլեկտրական էներգիայի արտադրության բաշխումը ՀՀ էներգահամակարգում՝ տարբեր տեսակի էլեկտրակայանների միջև:

Ընդհանուր առմամբ, էլեկտրական էներգիայի պահանջարկը տատանվում է կախված տարվա եղանակից, շաբաթվա օրից և օրվա ժամից: Այն ավելի բարձր է ցերեկային ժամերին, քան գիշերը, և ավելի ցածր է շաբաթվա վերջին օրերին, քան շաբաթվա աշխատանքային օրերին: Ամռան և ձմռան էլեկտրապահանջարկները իրարից ավելի խիստ են տարբերվում, կախված ջեռուցման և հովացման համակարգերի կիրառությունից:

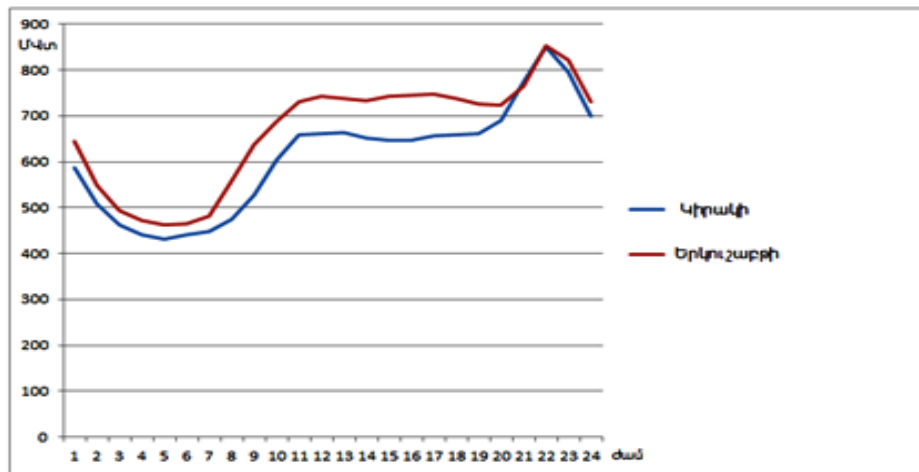


Նկ. 2.1. ՀՀ էներգահամակարգում էլեկտրական էներգիայի սպառման ժամային գրաֆիկ



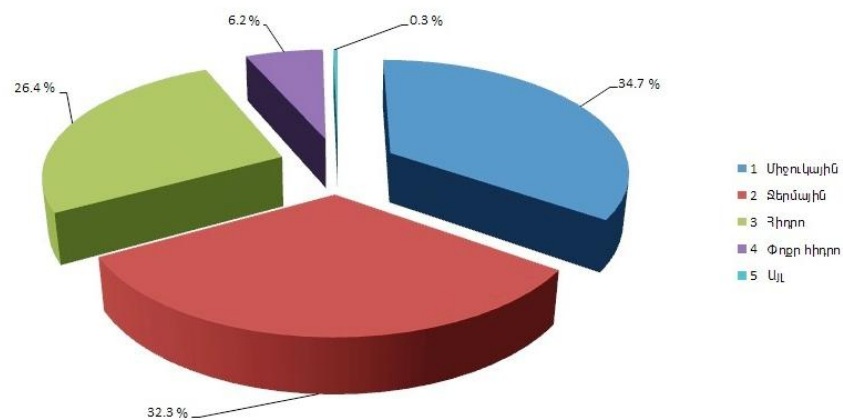
Նկ.2.2. ՀՀ էներգահամակարգում էլեկտրական էներգիայի սպառման տարեկան գրաֆիկ

2.1 և 2.2 նկարներում պատկերված գրաֆիկներում բերված են էլեկտրական էներգիայի սպառման ժամային և սեզոնային տատանումները ՀՀ էներգահամակարգում 2008թ.-ի տվյալներով: Նկ. 2.3-ում ներկայացված է 2008թ.-ին ՀՀ էներգահամակարգի էլեկտրական էներգիայի պահանջարկները երկուշաբթի և կիրակի օրերին պատկերող գրաֆիկը:



Նկ. 2.3. ՀՀ էներգահամակարգի էլեկտրական էներգիայի պահանջարկների գրաֆիկները երկուշաբթի և կիրակի օրերին

Տարբեր տեսակի էլեկտրակայանների կողմից տարվա կտրվածքով էլեկտրաէներգիայի արտադրության տեսանկյունից պատկերը 2011թ.-ի համար ներկայացված է նկ.2.4-ում:

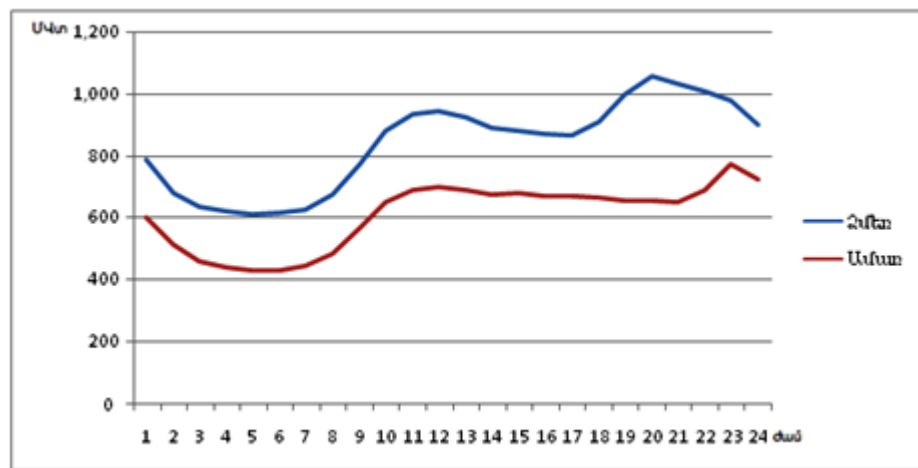


Նկ. 2.4. 2011թ.-ին ՀՀ-ում արտադրված էլեկտրական էներգիայի բաշխումը

Նկ.2.4-ում ներկայացված գրաֆիկից երևում է, որ 2011թ.-ին ՀՀ-ում արտադրված էլեկտրական էներգիայի 34,7 %-ը արտադրվել է ատոմային էլեկտրակայանում: 32,3 % և 26,4 % արտադրվել է ջերմային և խոշոր հիդրոէլեկտրակայաններում համապատասխանաբար: Փոքր ՀԷԿ-երին բաժին է ընկնում տարեկան արտադրանքի 6,2 %-ը: Նկարագրված տոկասային հարաբերությունները հետևանք են տարվա ընթացքում իրականացված հզորությունների բաշխման:

Հզորությունների բաշխումը կախված է տարվա եղանակից, գնից և առաջնային էներգահզորությունների պատրաստականությունից: Ատոմային էլեկտրակայանը և փոքր ՋԷԿ-երը աշխատում են որպես բազիսային հզորություններ: Որոտանի ՋԷԿ-երի կասկադը աշխատում է որպես պիկային հզորություններ ծածկող, իսկ ՋԷԿ-երը՝ միջանկյալ: Սևան-Յրազդան ՋԷԿ-երի կասկադի աշխատանքը սեզոնային է, այն աշխատում է որպես բազիսային միայն ոռոգման սեզոնին (ամառ-աշուն), և որպես պիկային՝ մնացած ժամանակ:

Ինչպես երևում է նկ.2.5-ում պատկերված գրաֆիկներից՝ և ամառային և ձմեռային օրեկան էներգասպառման գրաֆիկները առանձնանում են որոշակի ժամերի տեղի ունեցող կտրուկ աճերով և կտրուկ անկումներով:



Նկ.2.5. ՀՀ էներգասպառման օրեկան գրաֆիկները տիպիկ ամառային և ձմեռային օրերի համար

ՀՀ համար, ինչպես բոլոր ԱՊՀ երկրների համար, պիկային բեռի ծածկման հարցը համեմատաբար նոր խնդիր է: Դա պայմանավորված է նրանով, որ մինչև 1980-85թթ էներգահամակարգերի բեռի գրաֆիկներն աչքի են ընկել բավական մեծ խտությամբ, իսկ խորհրդային միացյալ համակարգը կենտրոնացված կառավարմամբ հնարավոր է դարձրել փոխհոսքերի միջոցով հարթեցնել դա: Ընդ որում կայանների մեծամասնությունն աշխատել է շուրջօրյա առավելագույն հզորությամբ մոտ բեռնվածությամբ: Հազվադեպ էր առաջանում սարքավորման բեռնաթափման անհրաժեշտություն:

Վերջին երկու տասնամյակների ընթացքում, էներգահամակարգերում էներգետիկական սարքավորումների, և արդյունաբերությունում արտադրական սարքավորումների պաշարների առաջացման, միացյալ համակարգի տրոհման,

աշխատանքային օրվա կրճատման հետևանքով ՀՀ էներգահամակարգի բեռի գրաֆիկների խտությունները նվազել են:

Օրեկան բեռի գրաֆիկի էական անհամաչափությունը միշտ ստեղծում է որոշակի բարդություններ էներգահամակարգերի և կայանների աշխատանքում: Մինչդեռ ԱՊՀ երկրների էներգահամակարգերում այս բարդություններն առավել էական են, քանի որ գործող կայանները պատրաստ չեն փոփոխական բեռնվածքով աշխատելուն:

Ուստի բնական է, որ ՀՀ էներգահամակարգը պատրաստ չէ այսօրվա պայմաններին: Նախկինում տեղակայված հզորությունները պատրաստ չեն փոփոխական բեռնվածքով աշխատելուն: Այսպես մի շարք կայաններում կաթսաների նվազագույն տեխնիկապես թույլատրելի բեռնվածքը էկրանային խողովակներում շրջանառության խտորումների վտանգի պատճառով սահմանափակվում է դրվածքային հզորության 65-80 %-ով: Շատ կայանների ջրանշակման սխեմաները նախատեսված չեն ագրեգատների ցածր բեռնվածությամբ և պարբերաբար կանգնեցումներով աշխատելու համար [73, 74]:

Բեռի գրաֆիկների անհամաչափության հետևանքով առաջացող բարդությունների վերացման աշխատանքների մեջ է մտնում նոր էլեկտրակայանների հարմարեցումը բեռի էական տատանումներով աշխատանքին:

Ըստ կանխատեսումների ԱՊՀ երկրների էներգահամակարգերի բեռի գրաֆիկների անհամաչափությունները ապագայում ոչ միայն կպահպանվեն այլև կավելանան, և դրանք պետք է պատրաստ լինեն նման պայմաններում հուսալի և շահավետ աշխատանքի:

ՀՀ էներգահամակարգի սպառման գրաֆիկի խտությունը տատանվում է 0,787...0,793 կախված տարվա եղանակից, որը բավականին մեծ թիվ է: Օրեկան բեռնվածքի գործակիցը (անվանական բեռի հարաբերությունը առավելագույն բեռին) ամառային օրերին կազմում է 0,55 իսկ ձմեռային օրերին՝ 0,58:

Այսպիսով ՀՀ էներգահամակարգի համար արդիական է բեռի գրաֆիկի պիկերի ծածկման խնդիրը: Այդ առումով առանձնակի տեղ են գրավում գազատուրբինային և շոգեգազատուրբինային տեղակայանքները, որոնք օժտված լինելով շատ բարձր մանևրային հատկություններով, արագ գործարկվում են, նույնպիսի արագությամբ կանգնեցվում են և շատ արագ բեռ են հավաքում: Նշված տեղակայանքները շատ հարմար են գազաթնային և կիսագազաթնային գոտում աշխատելու համար: Իհարկե այս գոտում հաջողությամբ կարող են աշխատել նաև ՀԷԿ-երը, եթե օրեկան կարգավորման ջրամբարների օգտակար ծավալը դա թույլ տա:

Գազատուրբինային տեղակայանքները, հետևաբար նաև դրանց հիման վրա աշխատող շոգեգազային տեղակայանքների հզորությունը նշանակալի ազդեցության տակ են ԳՏՏ կոմպրեսոր ներծծվող օդի ջերմաստիճանից: Ուստի, գազաթնային կամ կիսագազաթնային ռեժիմները դիտարկելիս անհրաժեշտ է հստակ նկատի առնել այդ կախվածությունը: Մյուս կողմից, կոմպրեսոր ներծծվող օդի հովացման համակարգերի կիրառությունը, հնարավորություն է տալիս կտրուկ ավելացնել հզորությունը և հատկապես հարմար է կիրառել բեռի գրաֆիկի գազաթնային մասերը սահուն անցնելու համար:

2.2 ՇԳՏ-ների աշխատանքային ռեժիմները

Չաշվի առնելով նախորդ բաժնում նկարագրվածը, կարելի է ասել, որ ՀՀ էներգահամակարգում գազատուրբինային և շոգեգազային տեղակայանքները նպատակահարմար են օգտագործել գազաթնային և կիսագազաթնային գոտիներում: Այդ դեպքում նշված տեղակայանքներն աշխատում են փոփոխական բեռնվածքներով, ընդ որում հիմնականում անվանական բեռնվածքից բավականին ցածր: Նվազագույն հանձնարարվող բեռնվածքը համապատասխանում է թույլատրելի նվազագույն բեռնվածքին, որը ԳՏՏ-ների դեպքում շատ ավելի փոքր է շոգետուրբինային տեղակայանքների համեմատ: Ակրնհայտ է, որ ոչ անվանական բեռնվածքով աշխատելիս, տեղակայանքների արդյունավետության և էներգետիկական ցուցանիշները ընկնում են: Այդ առումով առանձնանում են միայն այն շոգեգազային տեղակայանքները, որոնցում կաթսայական ագրեգատում նախատեսված է հավելյալ այրում, այդ դեպքում բեռի գրաֆիկի փոփոխական հատվածները կարելի է կարգավորել գազատուրբինային տեղակայանքի միջոցով, իսկ կաթսայական ագրեգատում և շոգեուժային ցիկլում պահել անվանական բեռնվածք, որը բերում է գոլորշային ցիկլի արդյունավետության պահպանման, որն էլ բերում է ամբողջ շոգեգազային ցիկլի արդյունավետության ավելի փոքր անկման, քան օգտահանիչ կաթսայով սխեմայի դեպքում:

Օգտահանիչ կաթսաներով համակցված ցիկլերում շոգետուրբիններն առավել շահավետ աշխատում են օգտագործելով սահող պարամետրերի՝ սահող ճնշում, սահող ջերմաստիճան պրոցեսը, այսինքն դրանք աշխատում են “չկառավարվելով”: Շոգու պարամետրերը պայմանավորված են միայն գազատուրբինից հեռացող ծխագազերի ջերմաստիճանով և ծախսով: Ի տարբերություն նշենք, որ ավանդական ՋԷԿ-երում շոգետուրբինային տեղակայանքները ցանկացած բեռի դեպքում աշխատում են թարմ

գոլորշու ֆիքսված պարամետրերով: Դա հեշտացնում է մասնակի բեռնվածքի հաշվարկները, քանի որ կարելի է շոգետուրբինը և կաթսայական ագրեգատը իրարից անկախ դիտարկել՝ գոլորշու ճնշումը և ջերմաստիճանը նախապես հայտնի են: Գազատուրբինային տեղակայանքների դեպքում հարկ է լինում օգտվել ուղղիչ կորերից [75]:

Ժամանակակից, առանց հավելյալ այրման համակցված ցիկլերով աշխատող էլեկտրակայանի ՕԳԳ-ն հիմնականում կախված է ԳՏՏ-ի ՕԳԳ-ից:

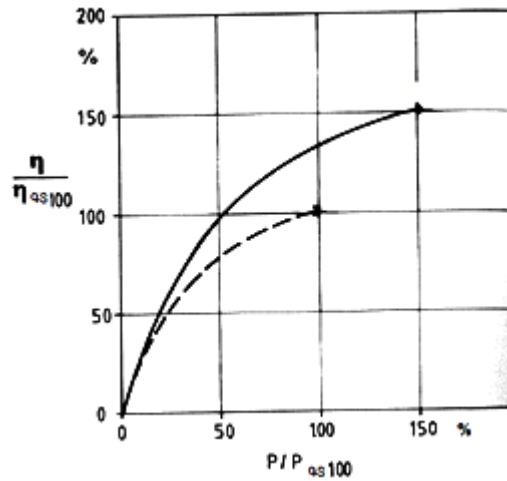
Նկ2.6–ում պատկերված է համակցված ցիկլով էլեկտրակայանի և դրա գազատուրբինային տեղակայանքի ՕԳԳ-ների կորերը ի համեմատություն ԳՏՏ-ի նոմինալ բեռնվածքի ՕԳԳ-ին: Այս գրաֆիկում պատկերված երկու կորերի նմանությունը փաստում է, որ համակցված ցիկլի ՕԳԳ-ն որևէ կետում մոտ 50%-ով բարձր է ԳՏՏ-ի ՕԳԳ-ից: Այսինքն, ԳՏՏ-ի և ՇՏ-ի արտադրանքների հարաբերակցությունը մնում է համեմատաբար հաստատուն բեռնվածքի ողջ տիրույթում:

Եվ ԳՏՏ-ի և անբողջ էներգաբլոկի ՕԳԳ-ները շատ արագ անկում են ապրում բեռնվածքի անկման հետ: Դա պայմանավորված է գազատուրբինի հզորության կարգավորման հետ (տուրբինից առաջ ջերմաստիճանի փոփոխմամբ): Մասնակի բեռնվածքների ժամանակ, միալիսեռ տեղակայանքների դեպքում, օդի ծախսը մնում է գրեթե հաստատուն, որը բերում է տուրբինից առաջ ջերմաստիճանի անկման բեռնվածքի իջեցմանը զուգահեռ: Սա բերում է ջերմության հաղորդման միջին ջերմաստիճանի անկման, և հետևաբար ՕԳԳ-ի անկման: Այս երևույթի դեմ կարելի է կիրառել հետևյալ միջոցառումները՝

- Նվազեցնել օդի ծախսը մասնակի բեռնվածքների դեպքում
- Մի քանի ԳՏՏ տեղակայել

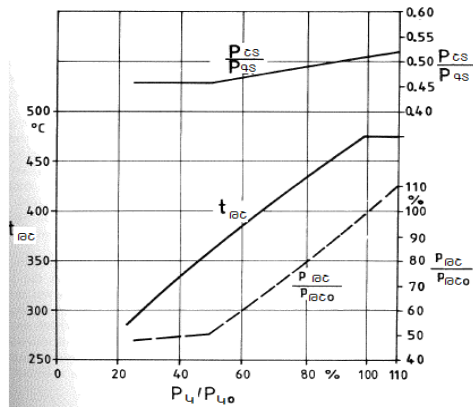
Օդի ծախսը կարելի է նվազեցնել հետևյալ միջոցառումներով

- Կոմպրեսորում տեղադրել մուտքի կարգավորվող թիակներ
- Նախատաքացնել մատուցվող օդը
- Օգտագործել երկառանցք տեղակայանքներ



Նկ.2.6. ԳՏՏ-ի և Համակցված ցիկլով ՋԷԿ-ի ՕԳԳ-ի կախվածությունը բեռնվածքից, ----- ԳՏ, ___-համակցված ցիկլ, P/P_{qs100} -հարաբերական արտադրանք, η/η_{qs100} -հարաբերական ՕԳԳ [74]

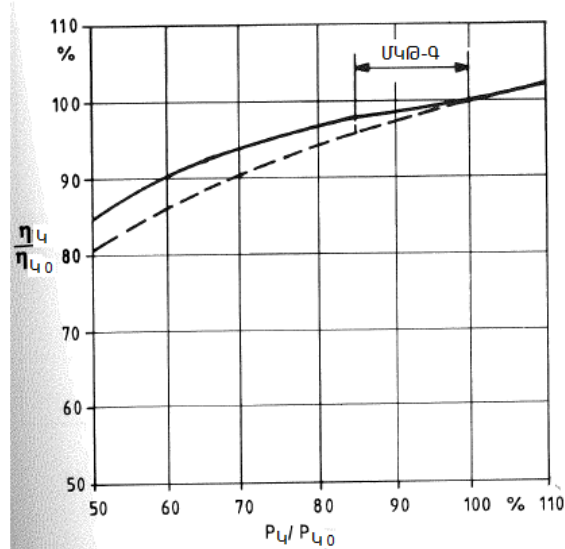
Կոմպրեսորի մուտքի կարգավորվող թիակները հնարավորություն են տալիս իջեցնել ԳՏՏ-ի հզորությունը մինչև 80-85 % առանց տուրբինի մուտքում ջերմաստիճանի փոփոխության: Դրանից ցածր հզորությունների դեպքում ծխագազերի ջերմաստիճանը պետք է իջեցնել, տուրբինի վերջին թիակների գերտաքացումից խուսափելու համար: Նկ.2.7–ում պատկերված են արտադրված հզորությունների և թարմ գոլորշու պարամետրերի կորերը:



Նկ.2.7.Համակցված ցիկլով աշխատող էլեկտրակայանի ԳՏ-ի և ՇՏ-ի հզորությունների և թարմ գոլորշու պարամետրերի կախվածությունը կայանի բեռնվածքից P_4/P_{40} -համակցված էլեկտրակայանի հարաբերական հզորությունը, P_{cs}/P_{qs} - ՇՏ-ի և ԳՏ-ի հզորությունների հարաբերությունը, $P_{\text{ԹԸ}}/P_{\text{ԹԸ0}}$ - թարմ շոգու հարաբերական ճնշում, $t_{\text{ԹԸ}}$ -թարմ շոգու ջերմաստիճան

50 % -ից ցածր բեռնվածքների ժամանակ թարմ շոգու ճնշումը պահվում է գրեթե հաստատուն շոգետուրբինի կարգավորող փականների միջոցով:

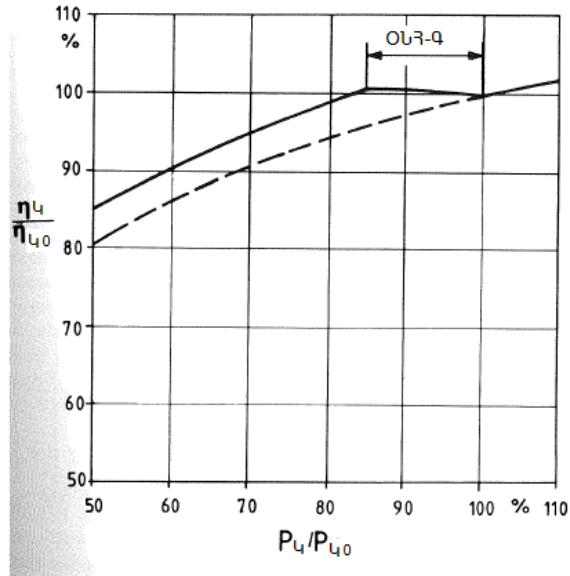
Նկ.2.8-ում պատկերված է համակցված էլեկտրակայանի մասնակի բեռնվածքի ՕԳԳ-ի կախվածությունը բեռնվածքից պատկերող կորը՝ ԳՏՏ-ի կոմպրեսորում մուտքի կարգավորվող թիակների տեղակայմամբ:



Նկ.2.8. համակցված էլեկտրակայանի մասնակի բեռնվածքի ՕԳԳ-ն ԳՏՏ-ի կոմպրեսորում մուտքի կարգավորվող թիակների տեղակայմամբ
 ----- - առանց կոմպրեսորում մուտքի կարգավորվող թիակների ԳՏՏ-ով համակցված էլեկտրակայան, _____ - կոմպրեսորում մուտքի կարգավորվող թիակներով ԳՏՏ-ով համակցված էլեկտրակայան, ՄԿԹ-Գ- կոմպրեսորում մուտքի կարգավորվող թիակների գոտի, P_u/P_{u0} -համակցված էլեկտրակայանի հարաբերական հզորությունը, η_u/η_{u0} -համակցված էլեկտրակայանի հարաբերական ՕԳԳ:

Գոյություն ունի ՕԳԳ-ի նկատելի մեծացում, բեռնվածքի գրաֆիկի ողջ երկայքով, ի տարբերություն այն տուրբինների, որոնք կարգավորվում են միայն մուտքի ջերմաստիճանի կարգավորմամբ: Օդի նախատաքացման առավելությունը կայանում է նրանում, որ այն իրականացնելու համար չկա որևէ առանձնահատուկ դժվարություն: Սակայն անհրաժեշտ է ջերմության աղբյուր:

Որպես օդի նախատաքացման ջերմաղբյուր կարող է հանդես գալ օգտահանիչ կաթսայից վերցվող ցածր ճնշման գոլորշին: Նկ.2.9-ը ցույց է տալիս օդի նախատաքացմամբ էլեկտրակայանի ՕԳԳ-ի կախվածությունը բեռնվածքից: Մեծ բեռնվածքների դեպքում օդի նախատաքացումը տալիս է ավելի մեծ օգուտ, քան կոմպրեսորում մուտքի կարգավորվող թիակների տեղակայումը, բայց այս համակարգը ունի թերություն, դրա արդյունավետությունը ընկնում է շրջակա միջավայրի օդի բարձր ջերմաստիճանների դեպքում: Օդը կարող է տաքացվել մինչև մոտ 50-55°C առանց կոմպրեսորի խզման սահմանի անցման:



Նկ.2.9. ԳՏՏ-ի կոմպրեսոր մատուցվող օդի նախատաքացման կիրառմամբ համակցված էլեկտրակայանի ՕԳԳ-ն մասնակի բեռնվածների դեպքում:
 ----- - առանց կոմպրեսոր մատուցվող օդի նախատաքացման համակարգի ԳՏՏ-ով համակցված էլեկտրակայան, _____ - կոմպրեսոր մատուցվող օդի նախատաքացման համակարգով ԳՏՏ-ով համակցված էլեկտրակայան, ՕՆՅ-Գ - կոմպրեսոր մատուցվող օդի նախատաքացման համակարգի գործունեության գոտի, P_4/P_{40} - համակցված էլեկտրակայանի հարաբերական հզորությունը, η_4/η_{40} - համակցված էլեկտրակայանի հարաբերական ՕԳԳ:

Ցածր բեռնվածքների դեպքում կայանի ՕԳԳ-ի առավել մեծ բարելավման հասնելու համար պետք է կիրառել մի քանի ԳՏՏ-ներով համակցված ցիկլեր: Սա հնարավորություն է տալիս մասնակի բեռնվածքների դեպքում անջատել ԳՏՏ-ներից մեկը կամ մի քանիսը: Աշխատանքի մեջ մնացած ԳՏՏ-ները շարունակում են աշխատել նոմինալ կամ բարձր բեռնվածքներով, տուրբինի մուտքում բարձր ջերմաստիճաններով, որը և բերում է ընդհանուր ՕԳԳ-ի բարելավման: 4 ԳՏՏ և 1 ՇՏ ունեցող համակցված էլեկտրակայանի ՕԳԳ-ի կախվածությունը բեռնվածքից: Կայանի հզորությունը նվազեցվում է հետևյալ կերպ՝

- Մինչև 75 % բեռնվածք, բոլոր 4 ԳՏՏ-ներն էլ հավասարաչափ բեռնաթափվում են,
- 75 % բեռնվածքի դեպքում ԳՏՏ-ներից մեկը կանգառվում է,
- Մինչև 50 % բեռնվածք, աշխատանքի մեջ մնացած 3 ԳՏՏ-ները հավասարապես բեռնաթափվում են,

- 50 % բեռնվածքի դեպքում երկրորդ ԳՏՏ-ն է կանգառվում, և այսպես շարունակ

Այս սխեմայի կիրառման դեպքում, կայանի ՕԳԳ-ները 50 %, 75 % և 25 % բեռնվածքների դեպքերում պրակտիկորեն հավասար են նոմինալ բեռնվածքի ՕԳԳ-ին:

2.3 Երևանի ՁԷԿ-ի նոր կառուցված էներգաբլոկի նկարագրությունը

ՀՀ էներգահամակարգում գործող ջերմային էլեկտրակայանները մեծամասամբ սպառել են իրենց աշխատանքային ռեսուրսները, կամ գտնվում են դրա սպառման եզրին: Երևանի ՁԷԿ-ի առաջին՝ 50 ՄՎտ հզորությամբ ագրեգատը հանձնվել է շահագործման 1963 թվականի մարտի 31-ին: Ինչը վկայում է Երևանի ՁԷԿ-ում այսօր գոյություն ունեցող սարքավորումների և ֆիզիկական և բարոյական մաշվածության ծայրահեղ աստիճանի մասին:

XX դարի վերջին արդեն արդիական էր դարձել ԵրՁԷԿ-ի արդիականացման անհրաժեշտությունը: Աշխատանքային վիճակում գտնվող ՁԷԿ-ի ոչ բլոկային մասի միացքների արդյունավետության վրա անցանկալի ազդեցություն էին գործում ձեռնարկությունների արդյունաբերական հանգույցի (առաջին հերթին «Նաիրիտ» ձեռնարկության) շոգու պահանջարկի անհամաչափ և երկարատև դադարները: Այդպիսի միացքի աշխատանքը համակարգի տեսակետից դառնում է աննպատակահարմար:

Հանրապետության մայրաքաղաքի միակ ՁԷԿ-ի վերակառուցումը և հանդերձումը ժամանակակից, բարձր արդյունավետության սարքավորումներով հնարավորություն է տալիս պահանջվող պարամետրերի էլեկտրական և ջերմային էներգիա մատակարարել սպառողներին ճկուն և արդյունավետ ռեժիմներով, միևնույն ժամանակ ապահովելով բնապահպանական առավել նպաստավոր պայմաններ մայրաքաղաքի համար:

Ուստի որոշում կայացվեց ԵրՁԷԿ-ը վերակառուցել էլեկտրաէներգիայի արտադրության և ջերմության վերականգնման բարձր արդյունավետ համակարգի ներդրման միջոցով՝ որպիսին հանդիսանում է համակցված շոգեգազային ցիկլով աշխատող համակարգը: ԵրՁԷԿ-ի և Հրազդանի 5-րդ էներգաբլոկի շահագործման հանձնմամբ ՀՀ էներգահամակարգը դուրս եկավ նոր մակարդակի [76, 77, 78, 79]

Վերակառուցման ծրագրի շրջանակներում, գոյություն ունեցող ենթակառուցվածքների կիրառմամբ և ըստ անհրաժեշտության արդիականացմամբ, կառուցվել է հատկորոշված ջերմային էներգիայի առաքմամբ, առանց լրացուցիչ այրման տիպի համակցված շոգեգազային ցիկլով էլեկտրակայան:

Նոր էլեկտրակայանը համակցված ցիկլով բազմառանցք էլեկտրակայան է, բաղկացած թվով մեկ հատ առանց լրացուցիչ այրման ջերմաօգտագործիչ կաթսայից, մեկական շոգետուրբինից ու գազատուրբինից և նրանց գեներատորներից, թվով երկու գեներատորային բարձրացնող տրանսֆորմատորներից՝ լրացված անհրաժեշտ հարակից սարքավորումներով ու հարմարանքներով: Հագեցման ցիկլը ըստ առաջնային շոգու երկակի ճնման է, առանց միջանկյալ գերատաքացման: Այն օգտագործում է գոյություն ունեցող էլեկտրակայանի 110 կՎ և 35 կՎ անջատիչային սարքվածքները:

Այն ունի 189.01 ՄՎտ նոմինալ էլեկտրական հզորություն 434.9 ԳՁ/ժ ջերմային առաքմամբ մթնոլորտային օդի 12 °C-ի դեպքում և 222.87 ՄՎտ էլեկտրական հզորություն առանց ջերմային առաքման՝ 0 °C-ի դեպքում:

Նոր էլեկտրակայանում որպես վառելիք օգտագործվում է միայն բնական գազը, որն առաքվում է Երևանի ջերմաէլեկտրակայանի՝ (գոյություն ունեցող էլեկտրակայան) տարածքում գտնվող սահմանազատման կետից՝ 0,8-1,2 ՄՊա ճնշմամբ:

Շոգետուրբինից հնարավոր է իրականացնել ջերմային էներգիայի առաքում՝ 2,5 ՄՊա և 1,3 ՄՊա ճնշմամբ շոգու տեսքով՝ արդյունաբերության, իսկ 0,18 ՄՊա ճնշմամբ ջերմամատակարարման համար նախատեսված շոգին վերցվում է հագեցման ցիկլի ցածր ճնշման կոնտուրից:

Էներգաբլոկի կառավարումը իրականացվում է գլխավոր մասնաշենքում տեղակայված ԿԿԿ-ից (Կենտրոնական Կառավարման Կետ): ՁեԿ-երի ղեկավարման վահանակների համար արդեն ավանդական դարձած մենեմոսխեմաները փոխարինված են ժամանակակից վիդեոգրամմաներով: ՁեԿ-ի շահագործման պայմանները կառավարվում են օպերատորի դիմաց գտնվող համակարգչի միջոցով, իսկ ամբողջ շահագործման ընթացքին կարելի է հետևել ԿԿԿ-ում սարքավորված պլազմային արտապատկերման տեսակի 80" լայնէկրանի վրա:

Շոգետուրբինի կոնդենսատորի և էներգաբլոկի օժանդակ սարքավորումների հովացումը իրականացվում է միևնույն տեխնիկական ջրամատակարարման համակարգի միջոցով: Այն իրենից ներկայացնում է շրջանառու համակարգ և կահավորված է ստիպողական քարշով թաց աշտարակահովացուցիչներով: Համակարգի լրասնուցման նպատակով օգտագործվում է քիմիապես աղազրկված ջուր:

Էներգաբլոկի գլխավոր մասնաշենքում տեղակայված են գազատուրբինային տեղակայանքն ու իր գեներատորը, շոգետուրբինն ու իր գեներատորը՝ իրենց հարակից օժանդակ մեխանիկական և էլեկտրական սարքավորումներով, կառավարման սենյակը, էլեկտրական բաշխիչ սարքվածքի սենյակը, կուտակիչների սենյակը և այլն:

Էներգաբլոկի հիմնական սարքավորումների նկարագրությունը՝

Գազատուրբինային տեղակայանք

տիպ- GT13E2 MXL Ալստոմ ֆիրմայի, արդյունաբերական, E դասի,
նախագծային հզորություն – 172 ՄՎտ MXL ռեժիմում և 179.9 ՄՎտ MCL ռեժիմում,
պտուտաթվեր – 3000 պտ/ր,
Ջաճախություն – 50 Յց,
Կոմպրեսորի աստիճանների թիվ – 21,
տուրբինի աստիճանների թիվ – 5,
տուրբինի հովացվող թիակների թիվ – 3,
տուրբինի հովցվող փողրակների թիվ – 2,
այրման խցի թիվ – 1,
այրիչների թիվ – 72:

Գազատուրբինի գեներատոր

տիպ – օդա-ջրային հովացման 50WY21Z-095,
արտադրող - Ալստոմ,
հաճախություն – 50 Յց,
հզորության գործակից – 0,85,
լարում – 15+/-5% կՎ,
հոսանքի ուժ – 7890 Ա,
պտուտաթվեր – 3000 պտ/ր,
բևեռների թիվ – 2,
ՕԳԳ - 98.81%:

Շոգետուրբինային տեղակայանք

տիպ – շոգու առումներով, ներթողմամբ և կոմպենսատորով,
արտադրող – ՖՈՒՋԻ,

բարձր ճնշման գոլորշու պարամետրեր՝

ջերմաստիճան – 493,7 °C,

ճնշում – 7,02 ՄՊա,

բարձր ճնշման գոլորշու ծախս – 56,79 կգ/վ,

առումներ՝

կարգավորվող – 290,1 °C, 1,46 ՄՊա,

չկարգավորվող – 396,6 °C, 3,46 ՄՊա,

ներթողվող շոգի՝

ճնշում – 0,45 ՄՊա,

ջերմաստիճան – 264,4 °C,

ծախս – 7,46 կգ/վ,

ճնշումը կոնդենսատորում – 0,0058 ՄՊա,

հզորություն – 38600 կՎտ:

Շոգետուրբինի գեներատոր

տիպ - եռաֆազ, սինքրոն, ստատիկ գրգռիչով,

արտադրող – ՖՈՒՋԻ,

լարում – 13,8+/-5% կՎ,

հզորության գործակից – 0,85,

բևեռների թիվ – 2,

հաճախություն – 50 Հց,

պտուտաթվեր – 3000 պտ/ր,

հովացնող ջրի ջերմաստիճան – 35 °C,

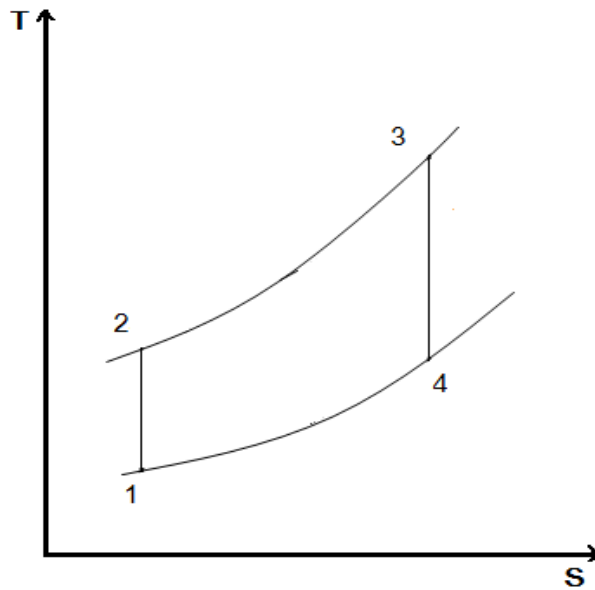
միացում - աստղաձև:

2.4 ԳՏՏ ջերմային հաշվարկի մեթոդների ուսումնասիրություն

Ինչպես և մյուս բոլոր գազատուրբինային և համակցված տեղակայանքները, Երևանի համակցված էներգաբլոկը նույնպես տուժում է տարվա ընթացքում ԳՏՏ կոմպրեսոր մատուցվող մթնոլորտային օդի ջերմաստիճանի բարձրացումներից: Աշխատանքի նպատակն է պարզել տարեկան կտրվածքով այդ ազդեցությունը Երևան քաղաքի պայմաններում, ինչպես նաև հաշվարկել հովացման խոնավ համակարգի կիրառման ազդեցությունը տնտեսական շահավետության տեսանկյունից:

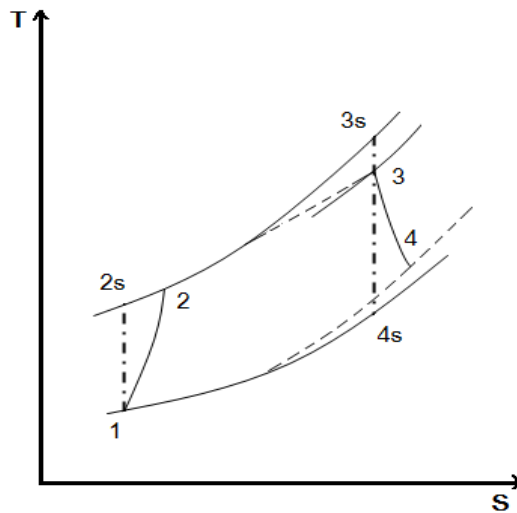
Խնդրի լուծման համար անհրաժեշտ է ԳՏՏ ջերմային հաշվարկի այնպիսի մեթոդ, որը հնարավորություն կտա հաշվի առնել հովացման համակարգի կիրառման հետ կապված բոլոր փոփոխությունները: Այդպիսի հաշվարկային մեթոդիկա գտնելու համար այս պարագրաֆում կատարվել է գրականությունում բերված ԳՏՏ ջերմային հաշվարկի մեթոդների ուսումնասիրություն:

ԳՏՏ ջերմային հաշվարկի վերաբերյալ առկա բոլոր գրականությունում նախ և առաջ նկարագրվում են ԳՏՏ տեսական և իրական ցիկլերը, և դրանց բնութագրիչ մեծությունները [80-85]:



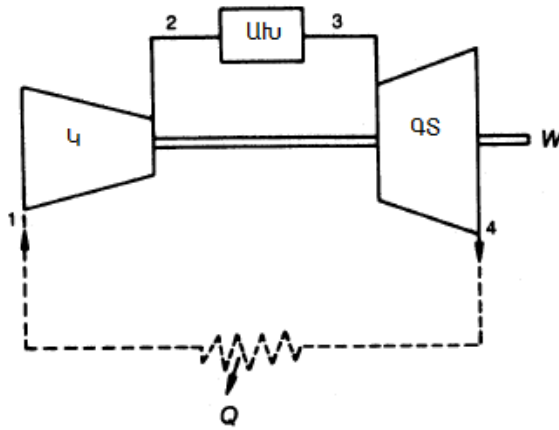
Նկ.2.10. Պարզ ԳՏՏ իդեալական ցիկլ

Այսպես, նկ.2.10-ում բերված է ԳՏՏ տեսական ցիկլը T-s դիագրամում, իսկ նկ.2.11-ում իրական ցիկլը, որը հաշվի է առնում տուրբինում և կոմպրեսորում ընթացող պրոցեսների անհակադարձելիությունը և հիդրավլիկական կորուստները գազատարներում և այրման խցում:



Նկ.2.11. Պարզ ԳՏՏցիկլ հաշվի առած շփման և այլ անհակադարձելի կորուստները

Այսպիսի ցիկլով աշխատող ԳՏՏ սխեման բերված է նկ.2.12-ում:



Նկ.2.12. ԳՏՏ պարզ սխեմա

Պարզ ԳՏՏ ցիկլի համար կոմպրեսորում ծախսվող և տուրբինում ստեղծվող աշխատանքները համապատասխանաբար ներկայացվում են հետևյալ բանաձևերով՝

$$W_{\text{Կ}} = m_{\text{օդ}}(h_2 - h_1) / \eta_{\text{Կ}}, \quad (2.1)$$

$$W_{\text{Տ}} = (m_{\text{օդ}} + m_{\text{վ}})(h_{3\text{Տ}} - h_4) \eta_{\text{Տ}}: \quad (2.2)$$

Հետևաբար ստեղծված օգտակար աշխատանքը հավասար կլինի՝

$$W = W_{\text{Տ}} - W_{\text{Կ}}: \quad (2.3)$$

Աշխատող մարմնի ջերմաստիճանը $2_{\text{Տ}}$ կետից $3_{\text{Տ}}$ բարձրացնելու համար պահանջվող վառելիքի ծախսը հավասար է՝ $m_{\text{վ}} = \frac{h_{3\text{Տ}} - h_{2\text{Տ}}}{\eta_{\text{ԱԽ}} Q_{\text{վ}}^{\text{բ}}}$: (2.4)

Ուստի ցիկլի ադիաբատ ջերմային ՕԳԳ-ն ներկայացվում է հետևյալ բանաձևի միջոցով՝ $\eta_{\text{ԳՏՏ}} = \frac{W}{m_{\text{օդ}} Q_{\text{վ}}^{\text{բ}}}$: (2.5)

Կոմպրեսորի և տուրբինի ՕԳԳ-ները ներկայացվում են համեմատության մեջ իզոենտրոպ պրոցեսի նկատմամբ՝

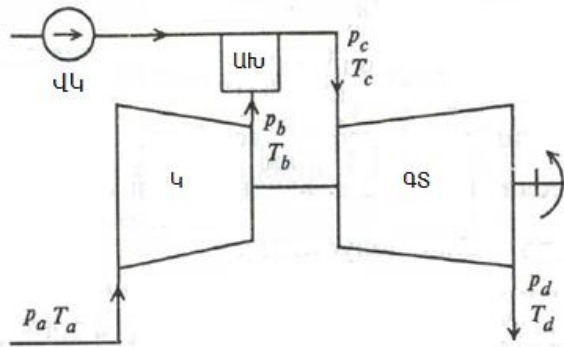
$$\eta_{\text{Կ}} = \frac{h_{2\text{Տ}} - h_1}{h_2 - h_1}, \quad (2.6)$$

$$\eta_{\text{Տ}} = \frac{h_3 - h_4}{h_{3\text{Տ}} - h_{4\text{Տ}}}: \quad (2.7)$$

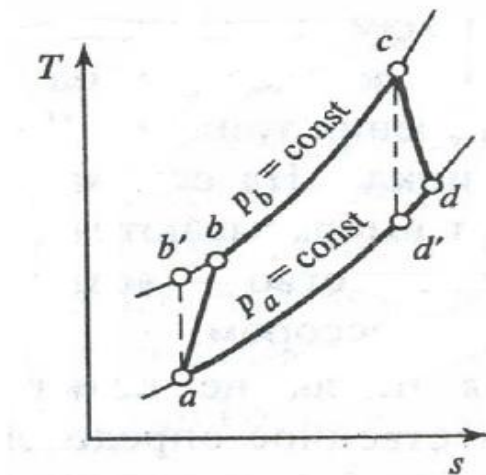
Այժմ դիտարկենք ԳՏՏ հաշվարկի մանրամասն մեթոդները բերված գրականության մեջ: Առաջին դիտարկվող մեթոդը “Трухний А. Д., Газотурбинные установки”-ում բերված մեթոդն է [84]:

Այստեղ դիտարկված է ԳՏՏ ցիկլ T-s դիագրամում, որը բերված է նկ.2.14-ում, առանց հաշվի առնելու ճնշման կորուստները օդային և գազային տրակտերում, որոնք

սակայն հաշվի են առնված հաշվարկներում: a կետը որոշում է օդի սկզբնական պարամետրերը կոմպրեսորի մուտքում (P_a, T_a): ab -ն համապատասխանում է կոմպրեսորում օդի սեղմման պրոցեսին մինչև P_b և T_b պարամետրերը, իսկ ab' հատվածը համապատասխանում է մինչև նույն վերջնական ճնշում իզոէնթալպ սեղմմանը և T_{bt} ջերմաստիճանին: bc հատվածը համապատասխանում է այրման խցում ջերմության իզոբար մատուցմանը, որի ժամանակ օդի ջերմաստիճանը աճում է T_b -ից մինչև T_c :



Նկ.2.13. Պարզ ԳՏՏ սխեմա



Նկ.2.14. Պարզ ԳՏՏցիկլ T-S դիագրամում

Իրականում այրման խցում տեղի է ունենում ճնշման անկում հիդրավլիկական կորուստների հետևանքով, այդ պատճառով $P_c < P_b$: Կարելի է գրել՝

$$P_c = \lambda_1 P_b, \quad (2.8)$$

որտեղ λ_1 -ը գործակից է, որը հաշվի է առնում կոմպրեսորի և այրման խցի միջև օդային տրակտի և այրման խցի հիդրավլիկական կորուստները՝ $\lambda_1 = 0,97 \dots 0,98$:

cd հատվածը ցույց է տալիս տուրբինում գազերի ընդարձակման պրոցեսը մինչև Pd ճնշում: Տուրբինից հետո տրակտում ճնման կորուստների հետևանքով $P_d > P_a$:

$$P_a = \lambda_2 P_d, \quad (2.9)$$

որտեղ λ_2 -ը գործակից է, որը հաշվի է առնում կոմպրեսոր օդի մատուցման համակարգի և տուրբինի էլքային տրակտի հիդրավլիկական կորուստները՝ $\lambda_2 = 0,96 \dots 0,98$:

Կոմպրեսորում և տուրբինում ճնշումների հարաբերությունների համար համապատասխանաբար կարող ենք գրել՝

$$\varepsilon = P_b / P_a, \quad (2.10)$$

$$\delta = P_c / P_d: \quad (2.11)$$

Եթե գրենք $\lambda = \lambda_1 \lambda_2$, ապա կստանանք՝

$$\delta = \lambda \varepsilon: \quad (2.12)$$

ԳՏՏ օգտակար տեսակարար աշխատանքը կլինի՝

$$H = H_{տ} - H_{կ}, \quad (2.13)$$

որտեղ $H_{տ}$ -ն տուրբինում 1 կգ գազի ընդարձակման աշխատանքն է, իսկ $H_{կ}$ -ն կոմպրեսորում 1 կգ օդի սեղմման վրա ծախսվող աշխատանքը՝

$$H_{տ} = c_{pգ}(T_c - T_d), \quad (2.14)$$

$$H_{կ} = c_{pօդ}(T_b - T_a), \quad (2.15)$$

որտեղ $c_{pգ}$ -ն և $c_{pօդ}$ -ն համապատասխանաբար գազի և օդի միջին իզոբար ջերմունակություններն են, վերցվում են համապատասխան աղյուսակներից:

Վերջին երկուսը կարելի է ներկայացնել կոմպրեսորի և տուրբինի իզոէնտրոպ ՕԳԳ-ների միջոցով՝

$$\eta_S = \frac{h_c - h_d}{h_c - h_{dt}} = \frac{c_{pգ}(T_c - T_d)}{c_{pգ}(T_c - T_{dt})} = \frac{T_c - T_d}{T_c - T_{dt}}, \quad (2.16)$$

$$\eta_{կ} = \frac{h_{bt} - h_a}{h_b - h_a} = \frac{c_{pօդ}(T_{bt} - T_a)}{c_{pօդ}(T_b - T_a)} = \frac{T_{bt} - T_a}{T_b - T_a}: \quad (2.17)$$

Իզոէնտրոպի հավասարումները տուրբինի և կոմպրեսորի պրոցեսների համար՝

$$\frac{T_{bt}}{T_a} = \varepsilon^{m_{օդ}}, \quad \frac{T_c}{T_{dt}} = \varepsilon^{m_{գ}}, \quad (2.18)$$

որտեղ

$$m_{օդ} = \frac{k_{օդ} - 1}{k_{օդ}}, \quad m_{գ} = \frac{k_{գ} - 1}{k_{գ}}: \quad (2.19)$$

Օգտվելով (2.16)-ից, (2.17)-ից և (2.18)-ից կստանանք՝

$$T_d = T_c(1 - (1 - \delta^{-m\epsilon})\eta_S), \quad (2.20)$$

$$T_b = T_a \left(1 + \frac{\epsilon^{m\sigma} - 1}{\eta_U}\right): \quad (2.21)$$

(2.20)-ը և (2.21)-ը հաշվի առնելով, (2.14)-ը և (2.15)-ը կարելի է գրել՝

$$H_{in} = \eta_S c_{pq} T_c (1 - \delta^{-m\epsilon}), \quad (2.22)$$

$$H_U = \frac{1}{\eta_U} c_{pq} T_a (\epsilon^{m\sigma} - 1): \quad (2.23)$$

Այրման խցում մատուցված տեսակարար ջերմությունը որոշվում է c և b կետերում էնթալպիաների տարբերությամբ՝

$$q_1 = \frac{1}{\eta_{\omega}} c_p (T_c - T_b), \quad (2.24)$$

η_{ω} –ն հաշվի է առնում վառելիքի ոչ լրիվ այման և դեպի շրջակա միջավայր տեղի ունեցող ջերմության կորուստները, $\eta_{\omega} = 0,97 \dots 0,99$:

Ցիկլի ՕԳԳ-ն արտահայտվում է՝

$$\eta = (H_S - H_U) / q_1 = H / q_1: \quad (2.25)$$

Նկարագրված մեթոդը ավելի լավ պատկերացնելու համար ստորև դիտարկենք դրանով որևէ ԳՏՏ հաշվարկի օրինակ, որը բերված է ուսումնասիրվող գրականության մեջ:

Որպես ելակետային տվյալներ հանդես են գալիս՝

- ԳՏՏ էլ. հզորությունը,
- տուրբինից առաջ ծխագազերի ջերմաստիճանը,
- կոմպրեսորի մուտքում օդի ջերմաստիճանը,
- կոմպրեսորում ճնշման բարձրացման աստիճանը,
- ճնշման կորուստի աստիճանը,
- այրման խցում ջերմության օգտագործման գործակիցը,
- տուրբինի մեխանիկական ՕԳԳ-ն
- գեներատորի էլ. ՕԳԳ-ն
- կոմպրեսորի իզոէնթալպ ՕԳԳ-ն
- տուրբինի իզոէնթալպ ՕԳԳ-ն
- արտահոսքերի գործակիցը

- վառելիքի այրման ստորին բանվորական ջերմությունը

Ելակետային ներմուծվող տվյալ է համարվում նաև մեկ կգ գազի այրման համար անհրաժեշտ օդի նվազագույն քանակը՝ 15,5 կգ:

Չափարկի կատարման հերթականությունը հետևյալն է՝

1. հաշվարկվում է օդի ջերմունակությունը՝ $c_p = R/m$ բանաձևով, որտեղ

$$R = 0,287 \text{ կՋ/(կգԿ)}, \text{ իսկ } m = 0,28, c_p = 1,025:$$

Չափարկվում է կոմպրեսորի ելքում օդի ջերմաստիճանը՝

$$T_{ել} = T_{ս} (1 + (\varepsilon^m - 1) / \eta_{կ}):$$

$$\text{Դիտարկվող օրինակի դեպքում՝ } T_{ել} = 407,98 \text{ }^\circ\text{C}:$$

Կոմպրեսորի մուտքում և ելքում օդի էնթալպիաների համար օգտվում ենք չոր օդի և տրված վառելիքի համար բերված աղյուսակից, որում տրված են օդի և վառելիքի իզոբար ջերմունակությունները և էնթալպիաները տարբեր ջերմաստիճանների դեպքում: Տվյալ օրինակի դեպքում՝

$$h_{ս} = -10,03 \text{ կՋ/կգ},$$

$$h_{ել} = 394,7 \text{ կՋ/կգ}:$$

Չափարկվում է սեղմման պրոցեսի ընթացքում օդի իզոբար ջերմունակության միջին արժեքը՝ $C_{pմ} = (h_{ել} - h_{ս}) / (t_{ել} - t_{ս}) = 1,0299$:

ճշգրտվում է m -ը՝ $m = R / C_{pմ} = 0,2787$ և $T_{ել-ը}$ ՝ $T_{ել} = 405,36 \text{ }^\circ\text{C}$:

ճշգրտվում է $h_{ել-ը}$ ՝ $h_{ել} = h_{ել}(405,36) - h_{ել}(25) = 416,98 - 25.08 = 391,9 \text{ կՋ/կգ}$:

2. Չափարկվում է օդի ավելցուկի գործակիցը՝ α , որի համար նախապես հաշվարկվում է՝

$$h_{օդ} = h_{օդ}(1200) - h_{օդ}(25) = 1305 \text{ կՋ/կգ},$$

$$h_{\delta\text{խ}} = h_{\delta\text{խ}}(1200) - h_{\delta\text{խ}}(25) = 1452,78 \text{ կՋ/կգ},$$

$$\alpha = \frac{Q_{ս}^{\delta} \eta_{ախ} + L_0 h_{օդ} + h_{ս} - (1 + L_0) h_{\delta\text{խ}}}{L_0 (h_{օդ} - h_{ել})},$$

ընդունելով, որ $h_{ս} = 0$, կստանանք՝ $\alpha = 2,9503$:

3. Տուրբինից առաջ ծխագազերի էնթալպիան հաշվարկվում է հետևյալ բանաձևով՝

$$h_{տա} = \frac{1 + L_0}{1 + \alpha L_0} h_{\delta\text{խ}} + \frac{(\alpha - 1)L_0}{1 + \alpha L_0} h_{օդ} = 1357,25 \text{ կՋ/կգ} :$$

4. Տուրբինում ընդարձակման պրոցեսի պարամետրերի որոշումը:

Տուրբինի ելքում գազերի ջերմաստիճանը որոշվում է՝

$$T_{ս} = T_{ս} (1 - (1 - \delta^{-m_q}) \eta_{տ}) = 560,24 \text{ }^\circ\text{C} :$$

Տուրբինի ելքում ծխագազերի էնթալպիան հաշվարկելու համար, որոշվում են ըստ աղյուսակի ծխագազերի և օդի էնթալպիաները ելքի ջերմաստիճանում`

$$h_{o\eta} = h_{o\eta}(560,24) - h_{o\eta}(25) = 560,37 \text{ կՋ/կգ},$$

$$h_{\delta\tau} = h_{\delta\tau}(560,24) - h_{\delta\tau}(25) = 614,0,6 \text{ կՋ/կգ} :$$

Ծխագազերի էնթալպիան այս երկուսից հաշվարկվում է նույն բանաձևով, որով, որ հաշվարկվում է տուրբինի մուտքում էնթալպիան`

$$h_d = 0,35355 h_{\delta\tau} + 0,64645,$$

$$h_{o\eta} = 579,35 :$$

Հաշվարկվում է տուրբինում ընդարձակման պրոցեսում ծխագազերի միջին իզոբար ջերմունակությունը`

$$C_{p,q} = (h_c - h_d) / (t_c - t_d) = 1,2159 \text{ կՋ/(կգԿ)} :$$

Այրման արգասիքների մեջ օդի ծավալային պարունակությունը որոշվում է հետևյալ բանաձևով`

$$r_{o\eta} = \frac{q(\alpha - 1)}{1 + q(\alpha - 1)},$$

որտեղ` $q = \frac{\mu_{\delta\tau} L_o}{\mu_{o\eta} 1 + L_o} = 0,92747$, $r_{o\eta} = 0,64398$:

Այրման արգասիքների մոլեկուլյար մասսան և գազային հաստատունը`

$$\mu_q = \mu_{o\eta} r_{o\eta} + \mu_{\delta\tau} (1 - r_{o\eta}) = 28,69,$$

$$R_q = 8,314 / 28,69 = 0,2898 \text{ կՋ/(կգԿ)},$$

m_q -ի ճշգրտված արժեքը կլինի`

$$m_q = R_q / C_{p,q} = 0,2383 :$$

Ջերմաստիճանը տուրբինից հետո`

$$T_d = 1473(1 - (1 - 15,2^{-0,2383})0,88) = 581,48 \text{ } ^\circ\text{C} :$$

Այդ ջերմաստիճանը կիրառում ենք որպես վերջնական և դրանով որոշում`

$$h_{o\eta} = h_{o\eta}(581,48) - h_{o\eta}(25) = 583,95 \text{ կՋ/կգ},$$

$$h_{\delta\tau} = h_{\delta\tau}(581,48) - h_{\delta\tau}(25) = 640,29 \text{ կՋ/կգ} :$$

Այնուհետև ճշգրտվում է h_d -ի արժեքը`

$$h_d = 0,35355 * 640,29 + 0,64645 * 583,95 = 603,87 \text{ ԿՁ/Կգ:}$$

5. 1 կգ գազի ընդարձակման աշխատանքը տուրքինում`

$$H_u = h_c - h_d = 753,38 \text{ ԿՁ/Կգ:}$$

6. կոմպրեսորում 1 կգ օդի սեղմման վրա ծախսվող աշխատանքը`

$$H_k = h_b - h_a = 401,93 \text{ ԿՁ/Կգ:}$$

7. ԳՏՏ աշխատանքը լիսեռի վրա`

$$H_t = H_{տղմ} - b H_k = 354,60 \text{ ԿՁ/Կգ,}$$

որտեղ $b = \frac{\alpha L_0 (1 + \alpha \gamma)}{1 + \alpha L_0} = 0,98279:$

8. ԳՏ-ով ծխագազերի ծախսը` $G_u = N_{t_l} / (H_e \eta_a) = 287,18 \text{ Կգ/վ:}$

9. ԳՏՏ կոմպրեսորով սեղմվող օդի ծախսը` $G_k = b G_u = 282,23 \text{ Կգ/վ:}$

10. Վառելիքի ծախսը` $B = \frac{G_u}{1 + \alpha L_0} = 6,346 \text{ Կգ/վ:}$

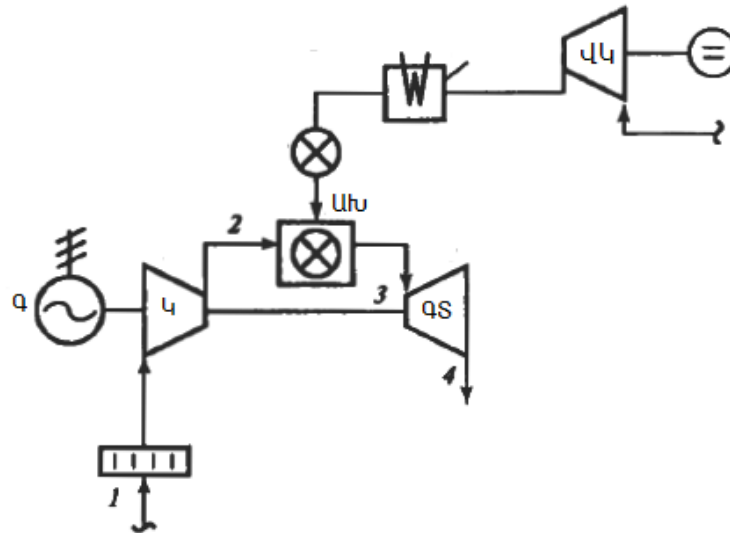
Նկարագրված մեթոդը կիրառելի չէ մեր առջև դրված խնդրի լուծման համար, քանի որ`

- ԳՏՏ էլ. հզորությունը հանդիսանում է ելակետային տվյալ: Մեր առջև դրված խնդրի դեպքում ԳՏՏ հզորությունը անհայտ է, ուստի այն պետք է լինի հաշվարկային տվյալ, այլ ոչ ելակետային:
- ԳՏՏ մատուցվող օդի էնթալպիայի հաշվարկում հաշվի չի առնվում օդի մեջ պարունակվող խոնավությունը, որը մատուցվող օդի հովացման խոնավ համակարգի դեպքում խիստ անհրաժեշտ է, քանի որ երբ հաշվարկվում է հովացման համար պահանջվող ջրի քանակությունը անհրաժեշտ է իմանալ օդում մինչև խոնավացումը պարունակվող ջրի քանակությունը: Ինչպես նաև դա բերում է էնթալպիայի հաշվարկի սխալանքի: Երբ գործում է ԳՏՏ կոմպրեսոր մատուցվող օդի հովացման համակարգը, կոմպրեսորի մուտքում օդի հարաբերական խոնավությունը լինում է հավասար 100%-ի և խոնավության էնթալպիայի հաշվի չառնելը բերում է սխալանքի մեծացման:
- Օդի և ծխագազերի էնթալպիայի հաշվման աղյուսակային տարբերակը բերում է որոշակի սխալանքի:
- 1 կգ գազի այրման համար անհրաժեշտ օդի նվազագույն քանակի աղյուսակային արժեքը ևս բերում է որոշակի սխալանքի:

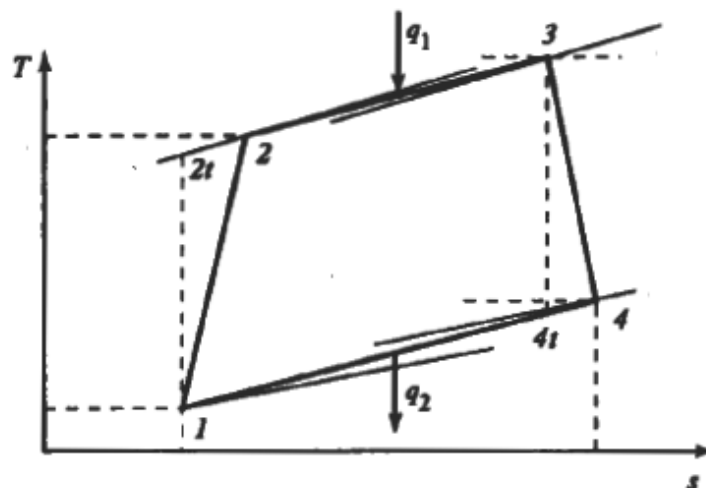
- վառելիքի էնթալպիան ընդունվում է հավասար 0-ի, որը նույնպես բերում է սխալանքի:

Գրականությունում բերված դիտարկվող հաջորդ հաշվարկի մեթոդիկայում առաջարկվում է ԳՏՏ տուրբինում գազերի ընդարձակման պրոցեսը բաժանել հատվածների, ըստ աստիճանների, որը բերում է հաշվարկի ճշտության մեծացման[84]: Սակայն այս մեթոդում ևս առկա են նախորդ երկու մեթոդներին հատուկ թերությունները: Նաև ժամանակակից ԳՏՏ արտադրողներից ոչ մեկը չի բացահայտում իր տեղակայանքի աստիճանների ճնշումները և հարաբերական ՕԳԳ-ները, և հայտնի են միայն նախնական և վերջնական պարամետրերը:

Դիտարկենք մեկ այլ մեթոդ, բերված գրականության մեջ [85]: Դիտարկենք նկ.2.15-ում բերված ԳՏՏ աշխատանքային սխեմայի և T-s դիագրամում դրա թերմոդինամիկական ցիկլի, ներկայացված նկ.2.16-ում, բնութագրերը և դրանց վերլուծությունը:



2.15 Պարզ ԳՏՏ աշխատանքային սխեմա



2.16. Պարզ ԳՏՏ թերմոդինամիկական ցիկլ T-S դիագրամում

Կոմպրեսորում օդի ճնշման բարձրացման աստիճանը և տուրբինում ծխագազերի ճնշման իջեցման աստիճանները համապատասխանաբար նշանակվում են՝

$$\pi_{\text{կ}} = P_{\text{կհ}} / P_{\text{կա}}, \quad (2.26)$$

$$\pi_{\text{գՏ}} = P_{\text{տա}} / P_{\text{տհ}}, \quad (2.27)$$

որտեղ համապատասխանաբար $P_{\text{կհ}}$ -ն և $P_{\text{կա}}$ -ն կոմպրեսորից հետո և առաջ օդի ճնշումներն են, իսկ $P_{\text{տա}}$ -ն և $P_{\text{տհ}}$ -ն՝ տուրբինից առաջ և հետո գազերի ճնշումները:

Այրման կամերայում օդի ճնշման փոքր անկումը պայմանավորված «կոմպրեսոր-գազային տուրբին» տրակտի աերոդինամիկական կորուստներով գնահատվում է հետևյալ գործակցով՝

$$\lambda_1 = P_{\text{տա}} / P_{\text{կհ}}: \quad (2.28)$$

Իսկ λ_2 գործակցով գնահատվում են կոմպրեսոր օդի մատուցման համակարգի և տուրբինի ելքում տեղի ունեցող հիդրավլիկական կորուստները:

Տուրբինում աշխատող մարմնի ընդարձակման տեսակարար աշխատանքը հաշվարկվում է հետևյալ բանաձևով՝

$$H_{\text{գՏ}} = C_{\text{pգ}}(T_{\text{Տա}} - T_{\text{Տհ}}), \quad (2.29)$$

որտեղ $T_{\text{Տա}}$ -ն և $T_{\text{Տհ}}$ -ն համապատասխանաբար տուրբինից առաջ և հետո գազերի ջերմաստիճաններն են: Հետևաբար, տուրբինի ՕԳԳ-ի համար կարելի է գրել՝

$$\eta_{\text{գՏ}} = H_{\text{գՏ}} / H_{\text{գՏ0}}, \quad (2.30)$$

որտեղ $H_{\text{գՏ0}}$ -ն ծխագազերի ընդարձակման տեսական աշխատանքն է տուրբինում:

Նմանապես հաշվարկվում է նաև կոմպրեսորում օդի սեղմման տեսակարար աշխատանքը, հաշվի առնելով դրա ՕԳԳ-ն՝

$$H_{\text{կ}} = C_{\text{pօդ}}(T_{\text{կհ}} - T_{\text{կա}}), \quad (2.31)$$

$$\eta_{\text{կ}} = H_{\text{կ0}} / H_{\text{կ}}, \quad (2.32)$$

որտեղ $T_{\text{կհ}}$ -ն և $T_{\text{կա}}$ -ն համապատասխանաբար կոմպրեսորից հետո և առաջ օդի ջերմաստիճաններն են, իսկ $H_{\text{կ0}}$ -ն կոմպրեսորում օդի սեղմման տեսական աշխատանքն է:

Էներգետիկական ԳՏՏ-ում գեներատորի պտտման համար օգտագործվող տեսական օգտակար աշխատանքը տրվում է հետևյալ բանաձևով՝

$$H_{qSS} = \frac{G_q H_{qS} - G_u H_u}{G_u} = (1 + g_u) H_{qS} - H_u \quad \text{կՁ/կգ}, \quad (2.33)$$

որտեղ G_u -ն օդի զանգվածն է կոմպրեսորի մուտքում, G_q -ն գազերի զանգվածն է տուրբինի մուտքում, իսկ $g_u = B_{qS}/G_u$ -ն վառելիքի հարաբերական ծախսն է կգ/կգ:

ԳՏՏ տուրբինի և կոմպրեսորի ներքին հզորությունները հաշվարկվում են հետևյալ բանաձևերով՝

$$N_{iqS} = G_q H_{qS}, \quad (2.34)$$

$$N_{iu} = G_u H_u, \quad (2.35)$$

Հաշվարկների համար կոմպրեսորում սեղմման աշխատանքի համար օգտագործվում է հետևյալ բանաձևը՝

$$H_u = T_{o\eta} C_P (\pi_u^{R_{o\eta}/C_{pm}} - 1), \quad (2.36)$$

որտեղ $T_{o\eta}$ -ն կոմպրեսորի մուտքում օդի ջերմաստիճանն է, C_P -ն և C_{pm} -ն օդի ջերմունակությունը և $T_{o\eta}$ -ից T_{uh} միջակայքում միջին լոգարիթմական ջերմունակությունների միջին թվաբանական արժեքներն են համապատասխանաբար, π_u -ն կոմպրեսորում ճնշման բարձրացման աստիճանն է, $R_{o\eta}$ -ն օդի գազային հաստատունն է:

Սեղմումից հետո օդի ջերմաստիճանի հաշվարկման համար օգտագործվում է հետևյալ բանաձևը՝

$$T_{uh} = T_{uw} \left(1 + \frac{\pi_u^{R_{o\eta}/C_{pm}} - 1}{\eta_u} \right): \quad (2.37)$$

Կոմպրեսորից հետո օդի ճնշումը կարելի է հաշվել օգտագործելով կոմպրեսորում ճնշման բարձրացման աստիճանը՝

$$P_{uh} = P_{uw} \pi_u: \quad (2.38)$$

Այրման խցիկով օդի ծախսը հավասար է կոմպրեսորում օդի ծախսից հանած ԳՏՏ հովացման համար օգտագործվող օդի առումների ծախսերը և կոմպրեսորի արտաքին քվադրանտներով օդի արտահոսքերի ծախսը՝

$$G_{ut} = G_u - (G_{արտ} + G_{հով}): \quad (2.39)$$

Քվադրանտներով տեղի ունեցող արտահոսքը՝ $G_{արտ}$ կազմում է $(0,003-0,005)G_u$:

Կոմպրեսորից հետո սեղմված օդի էնթալպիան հաշվարկվում է օդի և գազերի ջերմաֆիզիկական հատկությունների աղյուսակի միջոցով, վերցնելով գազի կազմը ամբողջությամբ հավասար օդի և 28,97 մոլեկուլյար մասայով: Հաջորդ քայլով

կատարվում է այրման խցիկի ջերմային հաշվարկ, որի նպատակն է հաշվարկել վառելիքի ծախսը, տուրբինից առաջ գազերի էնթալպիան և օդի ավելցուկի գործակիցը:

$$G_{տն}h_{տն} + B_{գՏ}(Q_{տն}^F \eta_{տն} + h_{տն}) = G_{տա}h_{տա}, \quad (2.40)$$

որտեղ $G_{տն}$ -ն և $G_{տա}$ -ն համապատասխանաբար կոմպրեսորից հետո օդի և տուրբին մատուցվող գազերի ծախսերն են, $h_{տն}$, $B_{գՏ}$ -ն վառելիքի ծախսն է, $h_{տա}$ -ն այրման խցիկի ջերմության օգտագործման գործակիցն է, $h_{տն}$, $h_{տա}$ -ն համապատասխանաբար սեղմված օդի, վառելիքի և տուրբինի մուտքում գազերի էնթալպիաներն են, $\eta_{տն}$ -ն վառելիքի այրման ամբողջականության գործակիցն է:

1 կգ վառելիքի նկատմամբ ջերմային հաշվեկշիռը կլինի՝

$$\alpha_{տն} L_0 h_{տն} + 1(Q_{տն}^F \eta_{տն} + h_{տն}) = (1 + \alpha_{տն} L_0) h_{տա}: \quad (2.41)$$

Այս հավասարումը լուծվում է հաջորդական մոտեցումների մեթոդով, դրա համար աղյուսակներով հաշվարկվում է տուրբինից առաջ գազերի էնթալպիան և օդի ավելցուկի գործակիցը: Վառելիքի ծախսի համար օգտագործվում է՝

$$B_{գՏ} = \frac{G_{տն}(h_{տա} - h_{տն})}{Q_{տն}^F \eta_{տն} + h_{տն} - h_{տա}}: \quad (2.42)$$

Հաշվարկի հաջորդ էտապում հաշվարկվում է տուրբին մտնող գազերի ճնշումը՝

$$P_{տա} = P_{օդ} \pi_{տն} (1 - \zeta_{տն}) (1 - \zeta_{տն-գՏ}) = P_{տն} (1 - \zeta_{տն-գՏ}), \quad (2.43)$$

որտեղ $\zeta_{տն}$ -ը գՏՏ ելքային տրակտի հիդրավլիկական կորուստների գործակիցն է $\zeta_{տն-գՏ}$ -ն՝ “կոմպրեսոր-այրման խուց-տուրբինի մուտք” հատվածի:

Այս մեթոդում գՏՏ-ի հզորությունը գեներատորի ելքում հզորության տեսքով հաշվարկվում է հետևյալ բանաձևով՝

$$N_{գՏ}^E = (N_{i-գՏ} \eta_{i-գՏ} - N_i / \eta_{i-գՏ}) \eta_{էգ}, \quad (2.44)$$

որտեղ $\eta_{i-գՏ}$ -ն, $\eta_{i-գՏ}$ -ն և $\eta_{էգ}$ -ն համապատասխանաբար տուրբինի և կոմպրեսորի մեխանիկական և գեներատորի էլեկտրական ՕԳԳ-ներն են:

Այս մեթոդի հիմնական թերություններն են՝

- աշխատող մարմինների էնթալպիաների աղյուսակային հաշվարկ, որը բերում է սխալանքի
- օդի ավելցուկի գործակցի հաշվարկի աղյուսակային մեթոդ
- այրման խցիկի ջերմային հաշվեկշռի բանաձևում հաշվի չեն առնված դեպի շրջակա միջավայր տեղի ունեցող ջերմային կորուստները:

- ԳՏՏ մատուցվող օդի էնթալպիայի հաշվարկում հաշվի չի առնվում օդի մեջ պարունակվող խոնավությունը

Գրականության մեջ նաև մանրամասն քննարկվում է ԳՏՏ ոչ հաշվարկային ռեժիմների հաշվարկի մեթոդիկան [83-85]: Սակայն մեր խնդրի դրվածքի դեպքում տեղի է ունենում նախնական պարամետրերի փոփոխություն ԳՏՏ բազային ռեժիմի դեպքում:

Վերոնշյալ թերությունների պատճառով նկարագրված մեթոդները ցանկալի չէ կիրառել մեր առջև դրված խնդրի լուծման համար: Այդ մեթոդներից որևէ մեկի կիրառությունը կհանգեցնի հովացման համակարգի արդյունավետության թերազնահատման կամ գերազնահատման: Ուստի նպատակահարմար է մշակել մի մեթոդ, որը զերծ կլինի նշված թերություններից: Այդ մեթոդով պետք է հնարավոր լինի հաշվարկել այրման խցիկի ջերմային հաշվարկը ելնելով միայն մեկ հաստատուն պարամետրից՝ այրման ջերմաստիճանից, քանի որ դա ցանկացած տուրբինի դեպքում ունի իրեն հատուկ հաստատուն արժեք, որը ամենաօպտիմալն է, և ԳՏՏ-ն կարգավորվում է այնպես, որ այդ արժեքը չփոփոխվի: Այդ կարգավորումը տեղի է ունենում օդի և վառելիքի հարաբերակցության կարգավորմամբ:

Ստորև բերված աղյուսակում ընդհանրացված ձևով ներկայացված է ուսումնասիրված գրականության դրական և բացասական կողմերը:

Աղյուսակ 2.3

ԳՏՏ ջերմային հաշվարկի ուսումնասիրված մեթոդների առավելություններ և թերություններ

| Գրականության անվանում | Դրական կողմեր | Բացասական կողմեր |
|--|---|---|
| Gas Turbine Handbook - Principles and Practices 3rd edition (Tony Giampaolo) | Տրված է ԳՏՏ տեսական և իրական ցիկլերի բնութագրիչ պարամետրերի և ցուցանիշների համապարփակ նկարագրություն և հաշվարկային բանաձևեր | Չեն պարունակում ԳՏՏ ջերմային ցիկլի իրական հաշվարկի կետ առ կետ նկարագրված մեթոդներ |
| Gas Turbine Engineering Handbook (Meherwan P. Boyce) | | |
| ADVANCED GAS TURBINE CYCLES (J. H. Horlock) | | |

Աղյուսակ 2.3-ի շարունակություն

| Գրականության անվանում | Դրական կողմեր | Բացասական կողմեր |
|--|--|--|
| <p>Паровые и газовые турбины (Шляхин П.Н.)</p> | <p>Առաջարկվում է ԳՏՏ տուրբինում գազերի ընդարձակման պրոցեսի ավելի ճշգրիտ հաշվարկ, բաժանելով պրոցեսը ստուրբինի աստիճանների</p> | <p>ԳՏՏ արտադրողները չեն բացահայտում տուրբինի աստիճանների ճնշումները</p> |
| <p>Газотурбинные установки (Трухний А.Д.)</p> | <p>Հանդիսանում է ԳՏՏ ջերմային հաշվարկի քայլ առ քայլ նկարագրված մեթոդ</p> | <ul style="list-style-type: none"> • ԳՏՏ աշխատող մարմինների էնթալպիաները հաշվարկվում են աղյուսակային մեթոդով • ԳՏՏ կոմպրեսորներով օդի խոնավապարունակությունը հաշվի չի առնվում • ԳՏՏ այրման խցիկում հաշվի չեն առնվում դեպի շրջակա միջավայր տեղի ունեցող ջերմային կորուստները • Անդրադարձ չկա ԳՏՏ կոմպրեսորի ճնշման բարձրացման աստիճանի ներծծվող օդի ջերմաստիճանից կախվածությանը |
| <p>Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций (ЦаневС.В.)</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Մանրամասն նկարագրված է ԳՏՏ այրման խցիկի ջերմային հաշվարկը • Նշված է այրման ջերմաստիճանի հաստատուն լինելու փաստը | |

Ընդհանուր առմամբ այն մեթոդը, որը նշակվել է հաջորդ գլխի շրջանակներում, իրենից ներկայացնում է նկարագրված մեթոդների մի ամբողջություն, որում սակայն կատարվել են շտկումներ վերացնելու համար վերևում նշված թերությունները:

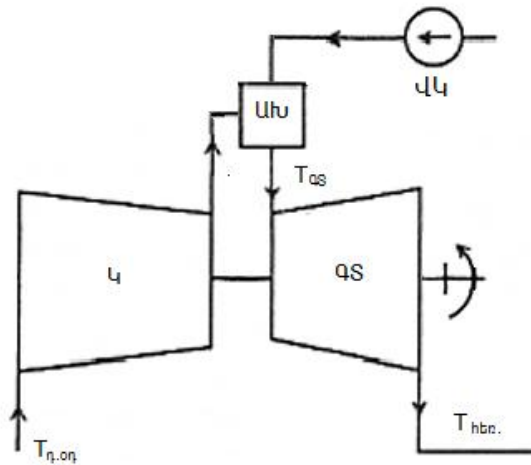
Նաև հարկ է նշել, որ ԳՏՏ կոմպրեսոր ներծծվող օդի ջերմաստիճանը ազդեցություն է թողնում կոմպրեսորում ճնշման բարձրացման աստիճանի վրա, որը դիտարկված չէ ուսումնասիրված մեթոդների և կան գրականության մեջ, ուստի այս խնդրին նույնպես տրվել է լիարժեք լուծում հաջորդ գլուխներում: Այդ ազդեցությունը

ավելի ակնառու դարձնելու և ուսումնասիրելու համար, հաջորդ գլխում կատարվել են հաշվարկներ՝ կոմպրեսորում ճնշման բարձրացման աստիճանի տարբեր արժեքների դեպքում:

3. ԳԱԶԱՏՈՒՐԲԻՆԱՅԻՆ ՏԵՂԱԿԱՅԱՆՔՆԵՐԻ ԷՆԵՐԳԵՏԻԿԱԿԱՆ ՑՈՒՑԱՆԻՇՆԵՐԻ ԿԱԽՎԱԾՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ ՇՐՋԱԿԱ ՄԻՋԱԿԱՅՐԻ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐԻՑ

3.1 ԳՏՏ-ի էներգետիկական ցուցանիշների հաշվարկի մեթոդոլոգիայի մշակում

ԳՏՏ-ի ջերմային հաշվարկը կատարելու համար մշակվել է համապատասխան մեթոդիկա, որի արդյունքում հաշվարկվում են ԳՏՏ աշխատանքը բնութագրող այնպիսի էներգետիկական ցուցանիշներ, որոնց միջոցով հնարավոր է հաշվի առնել շրջակա միջավայրի պայմանների փոփոխությունները ԳՏՏ-ի աշխատանքային ցուցանիշների վրա հաշվարկայինների համեմատ: Մեթոդը հնարավորություն է տալիս վերլուծել ԳՏՏ-ի աշխատանքային ռեժիմները կախված ԳՏՏ տեղակայման վայրի եղանակային պայմաններից: Մշակված մեթոդի հիման վրա հաշվարկային ալգորիթմը իրականացվել է VisualBasic 10.0 միջավայրում [Չավելված 1]: Այն հնարավորություն է տալիս ընտրել ԳՏՏ-ի հիմնական սարքավորումները բնութագրող ցուցանիշները և այրման ջերմաստիճանը այրման խցում: Հաշվարկների ճշտությունը մեծացնելու նպատակով ցիկլի աշխատող մարմնի էնթալպիաները և էնտրոպիաները կամ դրանց հայտնի լինելու դեպքում հակադարձ ֆունկցիաների միջոցով ճնշումը և ջերմաստիճանը հաշվարկվում են OKAWSP.dll ֆունկցիաների գրադարանի միջոցով: Հաշվարկների հիմքում ընկած է նկ.3.1.-ում բերված ԳՏՏ պարզ ցիկլը:



Նկ. 3.1. Պարզ ԳՏՏ-ի սխեմա

Հաշվարկների արդյունք են հանդիսանում ԳՏՏ-ի հետևյալ էներգետիկական ցուցանիշները՝

- կոմպրեսորի ներքին հզորությունը բերված 1 կգ/վ վառելիքի ծախսի,
- գազատուրբինի ներքին հզորությունը բերված 1 կգ/վ վառելիքի ծախսի,
- վառելիքային կոմպրեսորի ներքին հզորությունը բերված 1 կգ/վ վառելիքի ծախսի,
- ԳՏՏ-ի ներին օգտակար հզորությունը բերված 1 կգ/վ վառելիքի ծախսի, որը հաշվի չի առնում մեխանիկական կորուստները,
- ԳՏՏ-ի ՕԳԳ-ն,
- ԳՏՏ-ի հզորությունը բերված կոմպրեսորում 1 կգ/վ օդի ծախսի:

Հաշվարկի ելակետային պարամետրերն են՝

- դրսի օդի ջերմաստիճան՝ $t_{դօ}$, °C,
- դրսի օդի ճնշում՝ $P_{դօ}$ մթն,
- դրսի օդի հարաբերական խոնավություն՝ $\varphi_{դօ}$, %,
- վառելիքի այրման ստորին բանվորական ջերմություն՝ $Q_{\text{Վ}}^{\text{բ}}$, կՋ/կգ,
- մատուցվող վառելիքի ճնշում՝ $P_{\text{վառ}}$, ՄՊա,
- մատուցվող վառելիքի ջերմաստիճան՝ $t_{\text{վառ}}$, °C,
- վառելիքի ավելցուկային ճնշում այրման խցից առաջ՝ $\Delta P_{\text{ախ}}$, ՄՊա,
- կոմպրեսորում ճնշման բարձրացման աստիճան՝ $\pi_{\text{կ}}$,

- տուրբինից առաջ ծխագազերի ջերմաստիճան՝ $t_{qSա}$, °C,
- կոմպրեսորի իզոէնտրոպ ՕԳԳ՝ $\eta_{կ}$, %,
- գազատուրբինի ներքին հարաբերական ՕԳԳ՝ η_{qS} , %,
- վառելիքային կոմպրեսորի իզոէնտրոպ ՕԳԳ՝ $\eta_{կկ}$, %,
- այրման խցի ՕԳԳ՝ $\eta_{տն}$, %,
- ճնշման անկում այրման խցում՝ $\delta P_{տն}$, %,
- ճնշման անկում գազային տուրբինում՝ $\delta P_{գտ}$, %:

Տվյալների ներմուծումից հետո մեթոդիկայի հաշվարկների հերթականությունը հետևյալն է՝

1. շրջակա միջավայրի օդի հատկությունների հաշվարկ
2. այրման արգասիքների պարամետրերի որոշում
3. կոմպրեսորի հաշվարկ
4. վառելիքային կոմպրեսորի հաշվարկ
5. այրման խցիկի հաշվարկ
6. հաշվեկշռի ստուգում
7. ԳՏ-ի հաշվարկ
8. ԳՏՏ-ի էներգետիկական ցուցանիշների հաշվարկ

Հաշվարկների արդյունքում հնարավոր է կառուցել ԳՏՏ իրական ցիկլը I-S և T-S դիագրամների վրա:

1. Շրջակա միջավայրի օդի հատկությունների հաշվարկ

Այս հաշվարկը նպատակ ունի գտնել ԳՏՏ աշխատանքային ցիկլի առաջին կետի պարամետրերը:

1.1 Նախ հաշվարկվում է մթնոլորտային օդում գտնվող ջրային գոլորշիների սահմանային ճնշումը՝ $P_{ս,դթ}$, Պա: Երբ շրջակա միջավայրի ջերմաստիճանը բարձր է 273,15 Կ-ից, ապա ջրի սահմանային ճնշումը հավասար է այդ ջերմաստիճանի դեպքում հազեցման ճնշմանը: Քանի որ մեր առջև դրված խնդրի շրջանակներում ուսումնասիրվում են միայն 273,15 Կ-ից ավել ջերմաստիճաններ, ուստի մյուս դեպքը չի քննարկվում:

1.2 Հաշվարկվում է օդի զանգվածային խոնավապարունակությունը, $կգ/կգ$ ՝

$$d_{\eta\sigma} = \frac{M_{H_2O}}{M_{O_2}} \frac{\varphi_{\eta\sigma} P_{u,\eta\sigma}}{P_{\eta\sigma} - \varphi_{\eta\sigma} P_{u,\eta\sigma}}, \quad (3.1)$$

որտեղ M_{H_2O} -ն և M_{O_2} -ը համապատասխանաբար ջրի և չոր օդի մոլյար զանգվածներն են, $\varphi_{\eta\sigma}$ -ն օդի հարաբերական խոնավությունն է ($M_{H_2O}=18,0152$ գ/մոլ, $M_{O_2}=28,159$ գ/մոլ):

Օդի զանգվածային խոնավապարունակությունը, ինչպես նշվել է առաջին գլխում կիրառվում է խոնավ հովացման համակարգի կիրառմամբ կոմպրեսոր մատուցվող օդի հովացման համար անհրաժեշտ ջրի քանակությունը հաշվարկելու համար, որն էլ իր հերթին օգտագործվում է հովացման պոմպերի հզորության հաշվարկի մեջ:

1.3 Հաշվարկվում է խոնավության զանգվածային և մոլային պարունակությունները օդում համապատասխանաբար, %-ով`

$$X_{1,\eta\sigma} = \frac{d_{\eta\sigma}}{1+d_{\eta\sigma}}, \quad (3.2)$$

$$X_{\eta\sigma} = \frac{M_{O_2}}{M_{H_2O}} d_{\eta\sigma}, \quad (3.3)$$

որտեղ $M_{\eta\sigma}$ -ն կոմպրեսոր մատուցվող օդի մոլյար զանգվածն է:

1.4 Այս հաշվարկի վերջում հաշվարկվում է խոնավ օդի էնթալպիան և էնտրոպիան ($h_{T,\eta\sigma}$, $S_{T,\eta\sigma}$), ըստ կազմի: Շրջակա միջավայրի օդի կազմը ըստ ծավալի կազմված է մեկ ամբողջ մաս չոր օդից և դրան ավելացրած $X_{\eta\sigma}$ % ջրային գոլորշի:

2. Այրման արգասիքների պարամետրերի որոշում

Այս հաշվարկի նպատակը 1կգ վառելիքի այրման համար տեսականորեն անհրաժեշտ օդի զանգվածի և այրման արգասիքների էնթալպիայի և էնտրոպիայի որոշումն է:

2.1 Իրականացվում է նորմալ պայմաններում 1 մ³ վառելիքի լրիվ այրման համար տեսականորեն անհրաժեշտ չոր օդի քանակության հաշվարկը, v^p/v^r .

$$V_{o,w} = \frac{1}{X_{O_2,o} - 0.5X_{H_2,o}} 2X_{CH_4}, \quad (3.4)$$

որտեղ $X_{O_2,o}$ -ն և $X_{H_2,o}$ -ն թթվածնի և ջրածնի բաժիններն են չոր օդում և հավասար են`

$$X_{O_2,o}=20,99\%, X_{H_2,o}=0,01\%,$$

X_{CH_4} -ը CH_4 -ի բաժինն է վառելիքում, որը հաշվարկների պարզության համար ընդունվում է հավասար մեկի ($X_{CH_4}=1$)

Սակայն վառելիքի ստորին բանվորական ջերմությունը վերցվում է ոչ թե մեթանի համար, այլ տվյալ ԳՏՏ-ում այրվող գազի ստորին բանվորական ջերմությունը:

2.2 Հաջորդ քայլով հաշվարկվում է 1 մ³ վառելիքի այրման հետևանքով առաջացած գազերի քանակությունները ըստ բաղադրիչների՝

ազոտի համար՝

$$V_{o_N2_w} = X_{N2_o} V_{o_w}, \text{ մ}^3 / \text{մ}^3, \quad (3.5)$$

որտեղ X_{N2_o} -ը ազոտի պարունակությունն է չոր օդում՝ 78,03 %,

ջրային գոլորշիների համար՝

$$V_{o_H2O_w} = X_{H2_o} V_{o_w} + 2X_{CH_4}, \text{ մ}^3 / \text{մ}^3, \quad (3.6)$$

որտեղ X_{H2_o} -ը H₂O-ի պարունակությունն է չոր օդում՝ 0,01 %,

ածխաթթու գազի համար՝

$$V_{o_CO2_w} = X_{CO2_o} V_{o_w} + X_{CH_4}, \text{ մ}^3 / \text{մ}^3, \quad (3.7)$$

որտեղ X_{CO2_o} -ը CO₂-ի պարունակությունն է չոր օդում՝ 0,003 %,

արգոն գազի համար՝

$$V_{o_Ar_w} = X_{Ar_o} V_{o_w}, \text{ մ}^3 / \text{մ}^3, \quad (3.8)$$

որտեղ X_{Ar_o} -ն արգոնի պարունակությունն է չոր օդում՝ 0,94 %:

2.3 Հաշվարկվում է 1 կգ վառելիքի այրման համար տեսականորեն անհրաժեշտ օդի զանգվածը՝

$$L_o = V_{o_w} \frac{M_{o_2}}{M_{վառ}} \text{ կգ/կգ}, \quad (3.9)$$

որտեղ M_{o_2} -ն և $M_{վառ}$ -ն օդի և վառելիքի մոլյար զանգվածներն են և համապատասխանաբար հավասար են՝ 28,964 գ/մոլ և 16,0426 գ/մոլ:

2.4 Հաշվարկվում է այրման արգասիքների գունարային էնթալպիան ($h_{o_աա}$) ԳՏ-ից առաջ նշված ջերմաստիճանի դեպքում: Այրման արգասիքների կազմը՝

3. Կոմպրեսորի հաշվարկ

Կոմպրեսորի հաշվարկի նպատակը կոմպրեսորում իրական ջերմանկման և կոմպրեսորի ելքում աշխատող մարմնի պարամետրերի որոշումն է:

3.1 Նախ հաշվարկվում է կոմպրեսորից առաջ օդի էնտրոպիան, ըստ առաջին կետում որոշված կազմի՝

$$S_{լա}, կՋ/(կգ\text{ }^{\circ}\text{C}):$$

3.2 Օդի ճնշումը կոմպրեսորից հետո հավասար է կոմպրեսորից առաջ օդի ճնշման և նրանում ճնշման բարձրացման աստիճանի արտադրյալին՝

$$P_{լհ} = P_{լա} * \pi_{լ}, \text{ ՄՊա:} \quad (3.10)$$

3.3 Հաշվարկվում է օդի ջերմաստիճանը և էնթալպիան իզոէնտրոպ սեղմումից հետո՝ $t_{լհ}^{\circ}, \text{ }^{\circ}\text{C}, h_{լհ}^{\circ}, կՋ/կգ:$

3.4 Ունենալով կոմպրեսորից առաջ և հետո օդի էնթալպիաները հաշվարկվում է կոմպրեսորում իզոէնտրոպ սեղմման դեպքում ջերմանկումը՝

$$\Delta h_{լ}^{\circ} = h_{լհ}^{\circ} - h_{լա}^{\circ}, կՋ/կգ: \quad (3.11)$$

3.5 Կոմպրեսորում իրական սեղմման ջերմանկումը հավասար է իզոէնտրոպ սեղմման ջերմանկման և կոմպրեսորի իզոէնտրոպ ՕԳԳ-ի հարաբերությանը՝

$$\Delta h_{լ} = \frac{\Delta h_{լ}^{\circ}}{\eta_{լ}}, կՋ/կգ: \quad (3.12)$$

3.6 Սեղմված օդի իրական էնթալպիան հավասար է կոմպրեսորի մուտքում օդի էնթալպիայի կոմպրեսորում իրական ջերմանկման գումարին՝

$$h_{լհ} = h_{լա} + \Delta h_{լ}, կՋ/կգ: \quad (3.13)$$

3.7 Օգտագործելով տրված էնթալպիայի և էնտրոպիայի դեպքում OKAWSP.dll ֆունկցիաների գրադարանի հակադարձ ֆունկցիաները հաշվարկվում է օդի ջերմաստիճանը և էնտրոպիան իրական սեղմումից հետո՝ $t_{լհ}, \text{ }^{\circ}\text{C}, S_{լհ}, կՋ/(կգ\text{ }^{\circ}\text{C}):$

4. Վառելիքային կոմպրեսորի հաշվարկ

Վառելիքային կոմպրեսորի հաշվարկի նպատակը դրանում վառելիքի իրական ջերմանկման և ելքում վառելիքի պարամետրորի որոշումն է: Այս հաշվարկը նման է օդի կոմպրեսորի հաշվարկին:

4.1 Նախ հաշվարկվում է վառելիքի էնթալպիան և էնտրոպիան կոմպրեսորից առաջ ըստ մատուցվող վառելիքի ճնշման և ջերմաստիճանի ($P_{վառ}, t_{վառ}$)՝

$$h_{վառ}, կՋ/կգ, S_{վառ}, կՋ/(կգ\text{ }^{\circ}\text{C}):$$

Մեթանի էնթալպիայի և էնտրոպիայի ջերմաստիճանից և ճնշումից կախվածության հաշվարկման բանաձևերի ելակետային տվյալներն են՝
 Չափարկների բազային ճնշում և ջերմաստիճան՝

$$P_{0_CH4}=101325 \text{ Պա}, \quad (3.14)$$

$$T_{0_CH4}=100 \text{ Կ}, \quad (3.15)$$

$$M_{CH4}=M_{վառ}=16,0426 \text{ գ/մոլ}: \quad (3.16)$$

Տեսակարար գազային հաստատունը հավասար կլինի՝

$$R_{CH4}=\frac{8.31451}{M_{CH4}}=518,277 \text{ Ջ/(կգԿ)}: \quad (3.17)$$

Բազային ջերմաստիճանի դեպքում տեսակարար էնտրոպիան և էնթալպիան համապատասխանաբար հավասար են՝

$$S_{0_CH4}=17.9779 * R_{CH4}=9317,531 \text{ Ջ/(կգԿ)}, \quad (3.18)$$

$$H_{0_CH4}=3,9823 * R_{CH4} * T_{0_CH4}=206,393 * 10^3 \text{ Ջ/(կգԿ)}: \quad (3.19)$$

Չափասարունների գործակիցներն են՝

$$B_{CH4}=\begin{pmatrix} 0 \\ -209,233731 \\ 206,925203 \\ -135,704831 \\ 56,4368924 \\ -13,4496111 \\ 1,39664152 \end{pmatrix} \quad (3.20)$$

$$a_{CH4}=\begin{pmatrix} 146,696186 * 10^0 \\ -65,6744186 * 10^0 \\ 20,2698132 * 10^0 \\ -4,20931845 * 10^0 \\ 0,606743008 * 10^0 \\ -0,612623969 * 10^{-1} \\ 0,430969226 * 10^{-2} \\ -0,206597572 * 10^{-3} \\ 0,642615810 * 10^{-5} \\ -0,116805630 * 10^{-6} \\ 0,94095893 * 10^{-9} \end{pmatrix} \quad (3.21)$$

Չափարկային բանաձևերն են՝

տեսակարար իզոբար ջերմունակության համար՝

$$c_{p_0_CH4_t}(T) = Res * R_{CH4}, \quad (3.22)$$

որտեղ՝

$$Res = \sum_{i=0}^{10} (a_{CH4i} * TR^i) + \sum_{i=1}^6 (b_{CH4_i-1} * \left(\frac{1}{TR}\right)^i), \quad (3.23)$$

որտեղ՝

$$TR = \frac{T}{T_{0_CH4}}, \quad (3.24)$$

տեսակարար էնթալպիայի համար՝

$$h_{0_CH4_t}(T) = \int_{T_{0_CH4}}^T c_{p_{0CH4t}}(t) dt + h_{0_CH4}, \quad (3.25)$$

տեսակարար էնտրոպիայի համար՝

$$s_{0_CH4_t}(T) = \int_{T_{0_CH4}}^T \frac{c_{p_{0CH4t}}(t)}{t} dt + S_{0_CH4}, \quad (3.26)$$

$$s_{0_CH4_t}(P, T) = s_{0_CH4_t}(T) - R_{CH4} * \ln\left(\frac{P}{P_{0_CH4}}\right): \quad (3.27)$$

Հակադարձ ֆունկցիաներն են՝

Ջերմաստիճանը, որպես ֆունկցիա տեսակարար էնթալպիայից՝

$$t_{CH4_h0}(h0) = \left[\begin{array}{l} t \leftarrow 298,15 \text{ K} \\ \text{root}(h_{0CH4t}(t) - h0, t) \end{array} \right] \quad (3.28)$$

Ջերմաստիճանը, որպես ֆունկցիա տեսակարար էնտրոպիայից՝

$$t_{CH4_s0}(S0) = \left[\begin{array}{l} t \leftarrow 298,15 \text{ K} \\ \text{root}(S_{0CH4t}(t) - S0, t) \end{array} \right] \quad (3.29)$$

$$t_{CH4_h0}(h0) = \left[\begin{array}{l} t \leftarrow 298,15 \text{ K} \\ \text{root}(S_{0CH4pt}(p, t) - S0, t) \end{array} \right] \quad (3.30)$$

Այստեղ օգտագործված root ֆունկցիան օգտագործում է փակագծի վերևում նշված արժեքը, որպես կռահում առաջին մոտեցմամբ, և հատող գծերի մեթոդի, կամ Մյուլլերի մեթոդով գտնում է իրական որոնվող արժեքը: Այս բոլոր ֆունկցիաները օգտագործվում են նաև MathCad մաթեմատիկական ծրագրի միջոցով, որի աշխատանքային էջը բերված է հավելված 2-ում [86,87]:

4.2 Վառելիքային կոմպրեսորից հետո վառելիքի ճնշումը և ջերմաստիճանը համապատասխանաբար հավասար են՝

$$P_{վ_լի}^0 = P_{լի} + \Delta P_{ալի}, U\eta\omega, \quad (3.31)$$

$$t_{վ_լի}^0, \text{ } ^\circ\text{C}:$$

Ջերմաստիճանը հաշվարկվում է նախորդ կետում բերված ֆունկցիաների միջոցով:

4.3 Հաջորդ քայլում հաշվարկվում է վառելիքային կոմպրեսորում իզոէնտրոպ սեղմումից հետո վառելիքի էնթալպիան՝ $h_{վլի}^0$, կՋ/կգ:

4.4 Վառելիքային կոմպրեսորում իզոէնտրոպ սեղմման ջերմանկումը հավասար է կոմպրեսորից հետո վառելիքի էնթալպիայի և կոմպրեսոր մատուցվող վառելիքի նախնական էնթալպիայի տարբերությանը՝

$$\Delta h_{վլ}^0 = h_{վլի}^0 - h_{վլա}, \text{ կՋ/կգ:} \quad (3.32)$$

4.5 Վառելիքային կոմպրեսորում իրական սեղմման ջերմանկումը հավասար է իզոէնտրոպ սեղմման ջերմանկման և վառելիքային կոմպրեսորի իզոէնտրոպ ՕԳԳ-ի հարաբերությանը՝

$$\Delta h_{վլ} = \frac{\Delta h_{վլ}^0}{\eta_{վլ}}, \text{ կՋ/կգ:} \quad (3.33)$$

4.6 Վառելիքի էնթալպիան իրական սեղմումից հետո կլինի՝

$$h_{վլի} = h_{վլա} + \Delta h_{վլ}, \text{ կՋ/կգ:} \quad (3.34)$$

4.7 Վերևում նկարագրված հակադարձ ֆունկցիաների միջոցով հաշվարկվում է վառելիքի ջերմաստիճանը իրական սեղմումից հետո՝ $t_{վ_լի}$, $^\circ\text{C}$:

5. Այրման խցի հաշվարկ

Այրման խցի հաշվարկը նպատակ ունի որոշել օդի ավելցուկի գործակիցը և գազատուրբինից առաջ աշխատող մարմնի էնթալպիան: Գազատուրբինում աշխատող մարմինը իրենից ներկայացնում է մատուցվող օդի և այրման արգասիքների խառնուրդ:

Գազատուրբին մտնելու պահին աշխատող մարմնի ջերմաստիճանը հանդիսանում է նախապես տրվող պարամետր՝ $t_{գՏՎ}$, $^\circ\text{C}$:

5.1 Հաշվարկվում է $t_{գՏՎ}$ ջերմաստիճանի դեպքում օդի էնթալպիան՝

$$h_{ոք_գՏՎ}, \text{ կՋ/կգ:}$$

5.2 1կգ վառելիքի հաշվով օդի ավելցուկային ծախսի հաշվարկման համար բոլոր նախորդ կետերում հաշվարկված տեսակարար էնթալպիաները բերվում են վառելիքի ստորին բանվորական ջերմաստիճանի որոշման ջերմաստիճանին, այն է 0 °C-ի: Դրանք են՝

$$h_{լի}^{Q_U^F}, \text{ կՋ/կգ,}$$

$$h_{0_աա}^{Q_U^F}, \text{ կՋ/կգ,}$$

$$h_{վլի}^{Q_U^F}, \text{ կՋ/կգ,}$$

$$h_{ոթ_գՏա}^{Q_U^F}, \text{ կՋ/կգ:}$$

1կգ-ի հաշվով օդի ավելցուկային ծախսը կլինի՝

$$g_{ոթ_ապ} = \frac{h_{լի}^{Q_U^F} * L_0 - (L_0 - 1) h_{վլի}^{Q_U^F} + h_{վլի}^{Q_U^F} + Q_{աթ}^{Q_U^F}}{h_{ոթ_գՏա}^{Q_U^F} - h_{լի}^{Q_U^F}}: \quad (3.35)$$

5.3 Օդի ավելցուկի գործակիցը հավասար է ավելցուկ և տեսականորեն անհրաժեշտ օդի քանակների գումարի և տեսականորեն պահանջվող օդի քանակի հարաբերությանը՝

$$\alpha_{աթ} = \frac{g_{ոթ_ապ} + L_0}{L_0}: \quad (3.36)$$

Այրման խցից հետո ծխագազեր ունենում են հետևյալ կազմը՝

$g_{ոթ_ապ}$ - դրսի խոնավ օդ,

$(L_0 + 1)$ – այրման արգասիքներ:

5.4 Հաշվարկվում է գՏ-ից առաջ աշխատող մարմնի էնթալպիան՝ $h_{գՏա}$, կՋ/կգ:

6. Հաշվեկշռի ստուգում

Հաշվարկի այս կետում կատարվում է հաշվեկշռի ստուգում: Հաշվեկշռի ստուգումը կատարվում է այրման խցի համար, հաշվի առնելով դրա ՕԳԳ-ն, որը հանդիսանում է ելակետային տվյալ: Ստուգման համար հարկավոր է ծխագազերի էնթալպիան ևս բերել վառելիքի ստորին բանվորական ջերմաստիճանի որոշման ջերմաստիճանին, այն է 0 °C-ի:

Չափվելից ստուգման բանաձևը ունի հետևյալ տեսքը՝

$$\frac{(g_{\text{ող_այլ}}+L_o)h_{\text{լի}}^{\text{Q}}+h_{\text{լի}}^{\text{Q}}+Q_{\text{լի}}^{\text{F}}\eta_{\text{լի}}-(g_{\text{ող_այլ}}+L_o+1)h_{\text{QSա}}^{\text{Q}}}{(g_{\text{ող_այլ}}+L_o+1)h_{\text{QSա}}^{\text{Q}}}. \quad (3.37)$$

Այս բանաձևով հաշվարկի արդյունքը պետք է հավասար լինի 0-ի:

7. QS-ի հաշվարկ

Այս հաշվարկը նպատակ ունի QS-ում կատարվող ցիկլը կառուցել i-S և t-S դիագրամների վրա, ինչի համար մեզ անհրաժեշտ է որոշել QS-ից առաջ և հետո աշխատող մարմնի ջերմաքիմիական պարամետրերը:

7.1 Չափարկվում է QS-ից առաջ աշխատող մարմնի ճնշումը՝

$$P_{\text{QSա}}=P_{\text{լի}}(1-\delta P_{\text{ալ}}), \quad \text{ՄՊա.} \quad (3.38)$$

որտեղ $\delta P_{\text{ալ}}$ -ն ճնշման անկումն է այրման խցում:

7.2 Ըստ վերոնշյալ ճնշման և ջերմաստիճանի հաշվարկվում է այրման արգասիքների էնտրոպիան՝ $S_{\text{QSա}}, \text{ կՋ}/(\text{կգ } ^\circ\text{C})$:

7.3 QS-ից հետո ծխագազերի ճնշումը կլինի՝

$$P_{\text{QSh}}=P_{\text{ոթ}}(1+\delta P_{\text{QS}}), \quad \text{ՄՊա,} \quad (3.39)$$

որտեղ δP_{QS} -ն ճնշման անկումն է գազային տուրբինում:

7.4 Անհրաժեշտ է հաշվարկել իզոէնտրոպ ընդարձակման հետևանքով QS-ից հետո այրման արգասիքների ջերմաստիճանը և էնթալպիան համապատասխանաբար՝

$$t_{\text{QSh}}^0, \quad ^\circ\text{C},$$

$$h_{\text{QSh}}^0, \quad \text{կՋ}/\text{կգ.}$$

7.5 Իզոէնտրոպ ջերմանկումը QS-ում կլինի՝

$$h_{\text{QS}}^0=h_{\text{QSա}}-h_{\text{QSh}}^0, \quad \text{կՋ}/\text{կգ.} \quad (3.40)$$

7.6 Իրական ընդարձակման դեպքում ջերմանկումը գազատուրբինում հավասար է իզոէնտրոպ ընդարձակման ջերմանկման և QS-ի ներքին հարաբերական ՕԳԳ-ի արտադրյալին՝

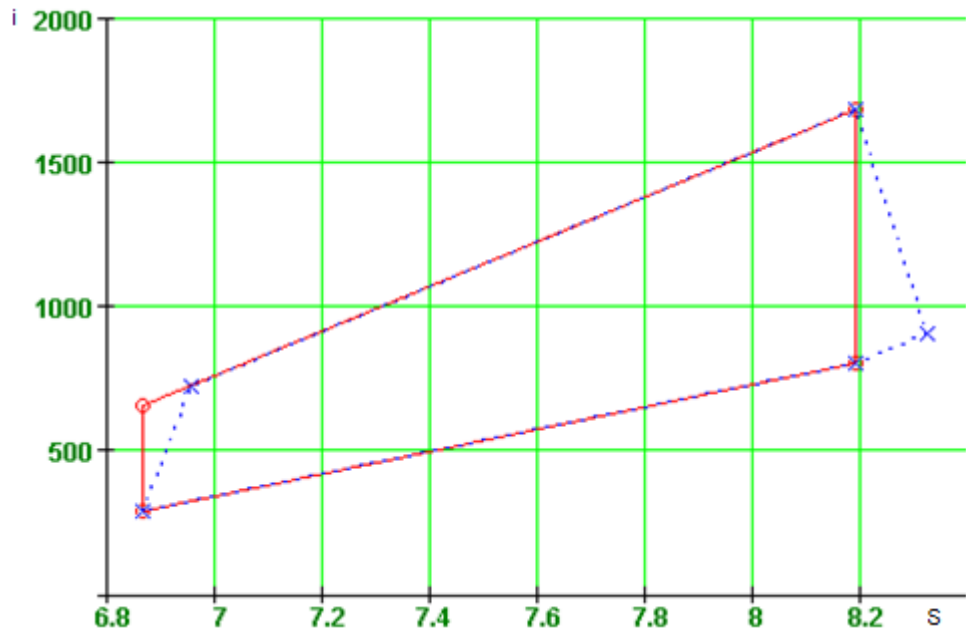
$$\Delta h_{\text{QS}}=\Delta h_{\text{QS}}^0\eta_{\text{QS}}, \quad \text{կՋ}/\text{կգ.} \quad (3.41)$$

7.7 Իրական ընդարձակումից հետո այրման արգասիքների էնթալպիան համապատասխանաբար կլինի՝

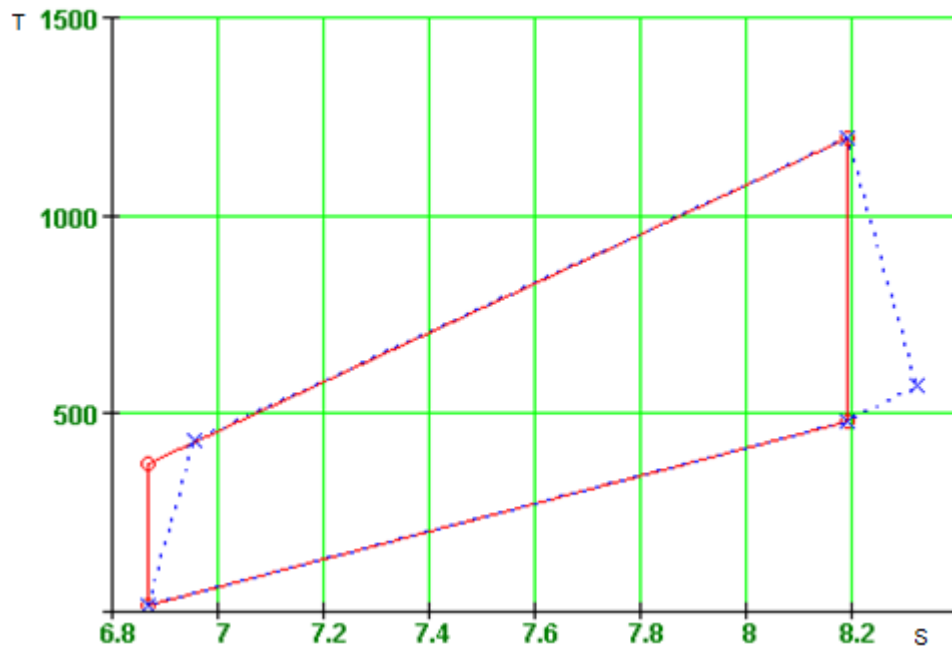
$$h_{qSh} = h_{qSw} - \Delta h_{qS}, \text{ կՋ/կգ:} \quad (3.42)$$

7.8 Վերջուն հաշվարկվում է իրական ընդարձակումից հետո այրման արգասիքների ջերմաստիճանն ու էնտրոպիան՝ $t_{qSh}, ^\circ\text{C}, S_{qSh}, \text{ կՋ}/(\text{կգ } ^\circ\text{C})$:

Հաշվարկների արդյունքում հնարավոր է կառուցել ԳՏՏ աշխատանքային ցիկլը i-s և t-s դիագրամների վրա՝



Նկ.3.2. ԳՏՏ ցիկլը i-S դիագրամի վրա



Նկ.3.3. ԳՏՏ ցիկլը T-S դիագրամի վրա

8. ԳՏՏ-ի էներգետիկական ցուցանիշների հաշվարկ

Այս հաշվարկի նպատակը ԳՏՏ-ի ՕԳԳ-ի, կոմպրեսորի, տուրբինի և վառելիքային կոմպրեսորի ներքին հզորությունների որոշումն է: Դրա արդյունքում հնարավոր է լինում որոշել ԳՏՏ-ի ներքին օգտակար հզորությունը:

8.1 1 կգ վառելիքի հաշվով կոմպրեսորի ներքին հզորությունը կլինի՝

$$N_{i_4} = \Delta h_4 (g_{\text{օղևավ}} + L_0), \text{ ՄՎտ}/(\text{կգ}/\text{վ}): \quad (3.43)$$

8.2 ԳՏ-ի ներքին հզորությունը 1 կգ վառելիքի հաշվով հավասար է՝

$$N_{i_{\text{ԳՏ}}} = \Delta h_{\text{ԳՏ}} (g_{\text{օղևավ}} + L_0 + 1), \text{ ՄՎտ}/(\text{կգ}/\text{վ}): \quad (3.44)$$

8.3 Վառելիքային կոմպրեսորի ներքին հզորությունը 1 կգ վառելիքի հաշվով՝

$$N_{i_{\text{վլ}}} = \Delta h_{\text{վլ}} * 1, \text{ ՄՎտ}/(\text{կգ}/\text{վ}): \quad (3.45)$$

8.4 Մեխանիկական կորուստները հաշվի չառած ներքին օգտակար հզորությունը 1 կգ վառելիքի հաշվով հավասար է ԳՏ-ի ներքին օգտակար հզորությունից հանած վառելիքային կոմպրեսորի և օդի կոմպրեսորի ներքին հզորությունները՝

$$N_i = N_{i_{\text{ԳՏ}}} - N_{i_4} \frac{N_{i_{\text{վլ}}}}{0.96}, \text{ ՄՎտ}/(\text{կգ}/\text{վ}), \quad (3.46)$$

որտեղ, 0,96-ը հաշվի է առնում այն փաստը, որ վառելիքային կոմպրեսորի շարժաբերը, ի տարբերություն ԳՏՏ-ի կոմպրեսորի չի հանդիսանում գազատուրբինը: Ժամանակակից գազատուրբինային տեղակայանքներում որպես վառելիքային կոմպրեսոր օգտագործվում են էլեկտրական շարժաբերներով հզոր կոմպրեսորային տեղակայանքներ: Ուստի մտցված 0,96 գործակիցը հաշվի է առնում ԳՏՏ գեներատորի և վառելիքային կոմպրեսորի շարժիչի կորուստները:

8.5 ԳՏՏ-ի ՕԳԳ-ն հավասար է ներքին օգտակար հզորության և վառելիքի ստորին բանվորական ջերմության հարաբերությանը`

$$\eta_{\text{ԳՏՏ}} = \frac{N_i}{Q_{\text{վ}}^{\text{բ}}}, \% \quad (3.47)$$

8.6 ԳՏՏ-ի հզորությունը կոմպրեսորում 1 կգ օդի հաշվով հաշվարկվում է հետևյալ բանաձևով`

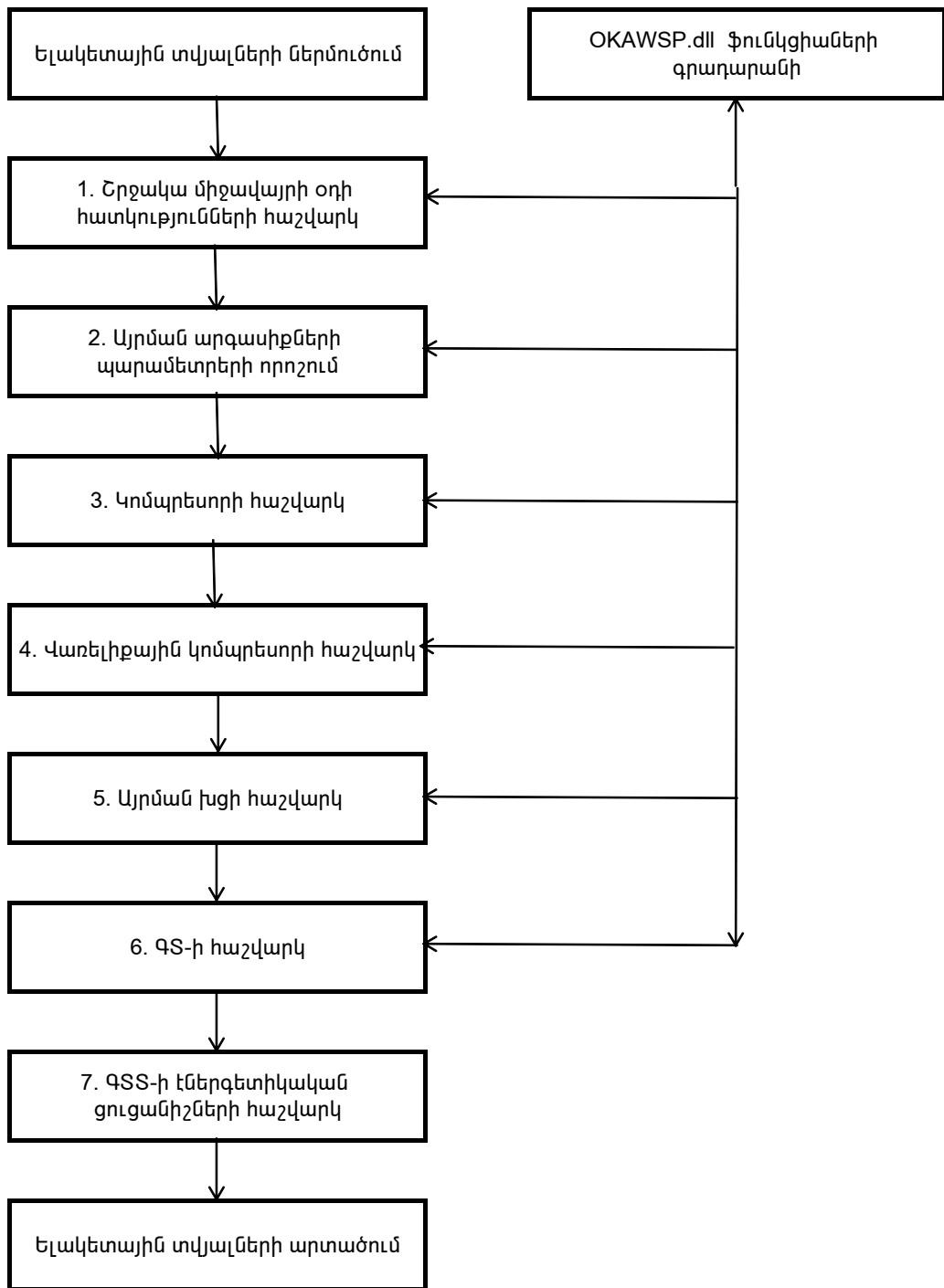
$$N_{i, \text{օդ}} = \frac{N_i}{g_{\text{օդ}_i} + L_{\text{օ}}}, \text{ ՄՎտ/(կգ/վ)}: \quad (3.48)$$

Նկարագրված մեթոդով հաշվարկներ կատարող ծրագրի ինտերֆեյսը և բլոկ-սխեման ունեն նկ.3.4. և նկ.3.5. պատկերված տեսքերը`

The screenshot shows a software window titled "Form1" with a standard Windows-style title bar (minimize, maximize, close buttons). The interface contains several input fields with numerical values and labels, and a central button labeled "Button1".

| | | | | | | | | |
|-----------|-------------|------|-------------|---------|--------|----|----------|--------|
| 15 | T_d_od | 1095 | t_GT | Button1 | | Ro | | d_d_od |
| 0.9000938 | P_d_od | 88 | etta_k | | | Q | | |
| 56 | fi_d_od | 89 | etta_GT | | Stug_1 | | N_j_k | N_GT |
| 47.48 | Q_s_b | 80 | etta_v_k | | Stug_2 | | N_j_GT | |
| 1 | P_v | 5 | delta_P_a_k | | | | N_j_v_k | |
| 15 | t_v | 2.7 | delta_P_GT | | | | N_j | |
| 0.5 | Delta_P_v_k | 99.5 | etta_a_k | | | | etta_GTT | |
| 15.4 | Pi_k | | | | | | | N_j_od |

Նկ.3.4 ԳՏՏ-ի էներգետիկական ցուցանիշների հաշվարկման ծրագրի ինտերֆեյս



Նկ.3.5 ԳՏՏ-ի էներգետիկական ցուցանիշների հաշվարկման ծրագրի բլոկ-սխեման

Դիտարկենք ստորև բերված ելակետային պարամետրեր ունեցող ԳՏՏ ջերմային հաշվարկի արդյունքները՝

- վառելիքի այրման ստորին բանվորական ջերմություն՝ $Q_{\text{D}}^{\text{P}} = 50046 \text{ կՋ/կգ}$,
- մատուցվող վառելիքի ճնշում՝ $P_{\text{վառ}} = 0,6 \text{ ՄՊա}$,
- մատուցվող վառելիքի ջերմաստիճան՝ $t_{\text{վառ}} = 15 \text{ }^{\circ}\text{C}$,
- վառելիքի ավելցուկային ճնշումը այրման խցից առաջ՝ $\Delta P_{\text{ախ}} = 0,5 \text{ ՄՊա}$,
- կոմպրեսորում ճնշման բարձրացման աստիճան՝ $\pi_{\text{կ}} = 18$,
- տուրբինից առաջ ծխազագերի ջերմաստիճան՝ $t_{\text{զՏՁ}} = 1200 \text{ }^{\circ}\text{C}$,
- կոմպրեսորի իզոէնտրոպ ՕԳԳ, $\eta_{\text{կ}} = 86 \%$,
- գազատուրբինի ներքին հարաբերական ՕԳԳ՝ $\eta_{\text{զՏ}} = 88\%$,
- վառելիքային կոմպրեսորի իզոէնտրոպ ՕԳԳ, $\eta_{\text{վկ}} = 80\%$,
- այրման խցի ՕԳԳ, $\eta_{\text{վկ}} = 99,5\%$,
- ճնշման անկումը այրման խցում, $\delta P_{\text{ալկ}} = 5\%$,
- ճնշման անկումը գազային տուրբինում, $\delta P_{\text{գտ}} = 5\%$:

Կոմպրեսոր մատուցվող օդի ISO պարամետրերի դեպքում՝ 1 մթն. ճնշում, 15 °C ջերմաստիճան և 60% հարաբերական խոնավություն, դիտարկվող ԳՏՏ-ի էներգետիկական ցուցանիշների հաշվարկի արդյունքներն են՝

- Կոմպրեսորի ներքին հզորությունը բերված 1 կգ/վ վառելիքի ծախսի՝

$$N_{\text{կկ}} = 21,965 \text{ ՄՎտ/(կգ/վ)},$$
- գազատուրբինի ներքին հզորությունը բերված 1 կգ/վ վառելիքի ծախսի՝

$$N_{\text{կզՏ}} = 40,291 \text{ ՄՎտ/(կգ/վ)},$$
- վառելիքային կոմպրեսորի ներքին հզորությունը բերված 1 կգ/վ վառելիքի ծախսի՝

$$N_{\text{կվկ}} = 0,295 \text{ ՄՎտ/(կգ/վ)},$$
- ԳՏՏ-ի ներքին օգտակար հզորությունը բերված 1 կգ/վ վառելիքի ծախսի, որը հաշվի չի առնում մեխանիկական կորուստները՝

$$N_{\text{է}} = 18,018 \text{ ՄՎտ/(կգ/վ)},$$

- ԳՏՏ-ի ՕԳԳ-ն՝

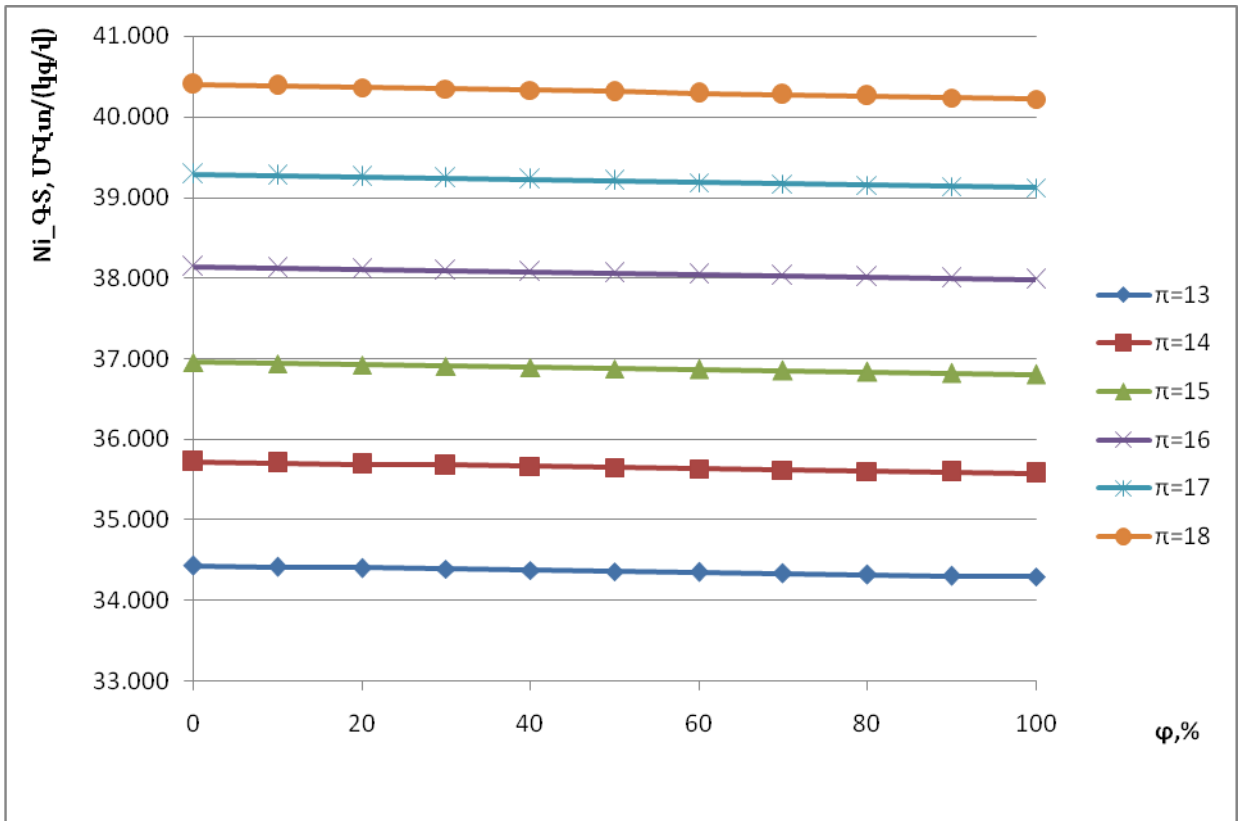
$$\eta_{\text{ԳՏՏ}}=36,003 \%,$$

- ԳՏՏ-ի հզորությունը բերված կոմպրեսորում 1 կգ/վ օդի ծախսի՝

$$N_{i_{\text{օդ}}}=0,353 \text{ ՄՎտ}/(\text{կգ}/\text{վ}):$$

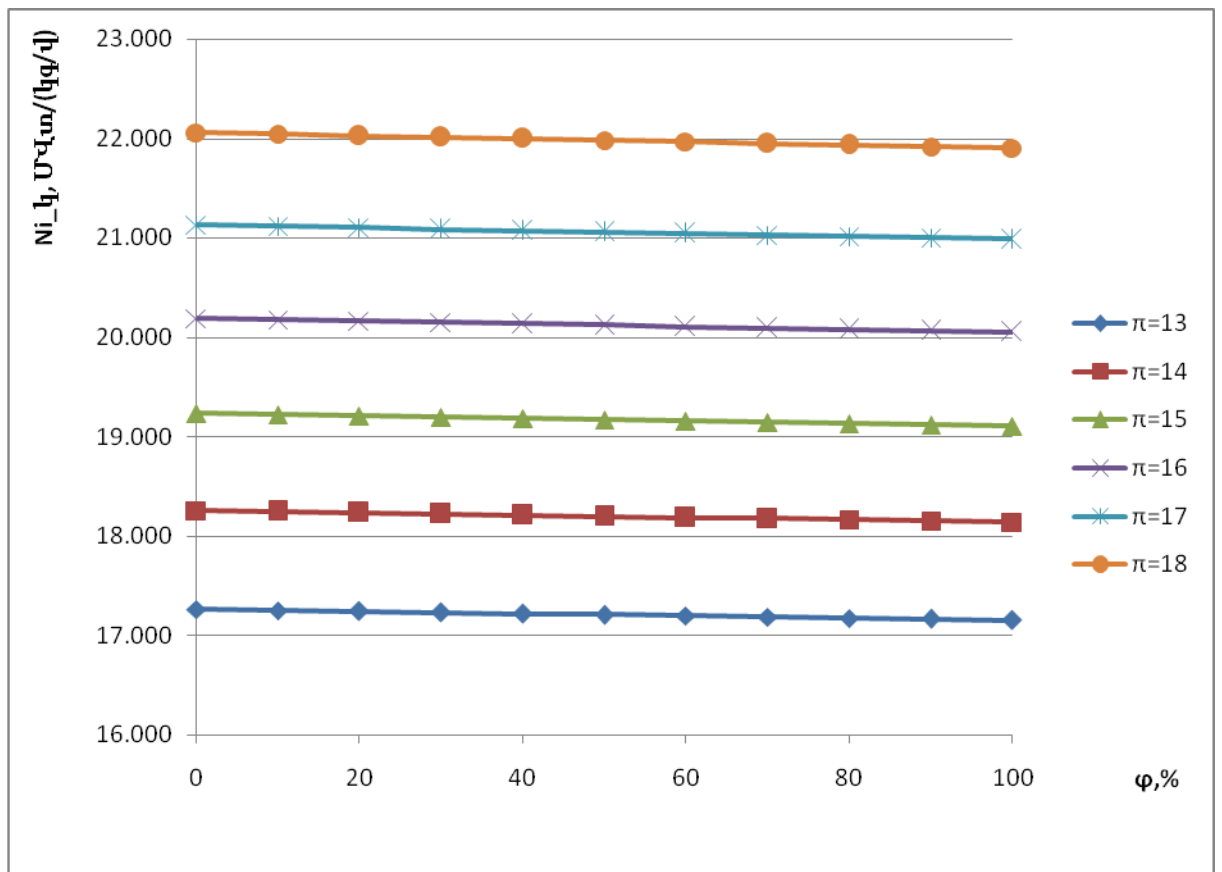
3.2 ԳՏՏ-ի էներգետիկական ցուցանիշների կախվածությունը կոմպրեսոր ներծծվող օդի հարաբերական խոնավությունից

ԳՏՏ էներգետիկական ցուցանիշների վրա կոմպրեսոր ներծծվող մթնոլորտային օդի հարաբերական խոնավության ազդեցության գնահատումը հատկանշական է մատուցվող օդի հովացման ջրային մշուշապատման համակարգերի կիրառելիության տեսանկյունից, քանի որ այդ դեպքում ԳՏՏ կոմպրեսորի մուտքում օդի հարաբերական խոնավությունը հասնում է 100%-ի: Հասկանալու համար այդ ազդեցությունը դիտարկենք 3.1-ում նկարագրված պարամետրերով ԳՏՏ-ի էներգետիկական ցուցանիշները, երբ դրսի օդի հարաբերական խոնավությունը փոփոխվում է 0-ից 100% սահմաններում, իսկ ջերմաստիճանը հավասար է 15 °C-ի, և դրա կոմպրեսորում ճնշման բարձրացման աստիճանը փոփոխվում է 13...18 միջակայքում, իսկ մնացած բոլոր ելակետային պարամետրերը մնում են հաստատուն: Այդ հաշվարկների արդյունքները գրաֆիկական ձևով ներկայացված են ստորև, իսկ հաշվարկների արդյունքները ամփոփող աղյուսակները բերված են հավելված 3-ում:



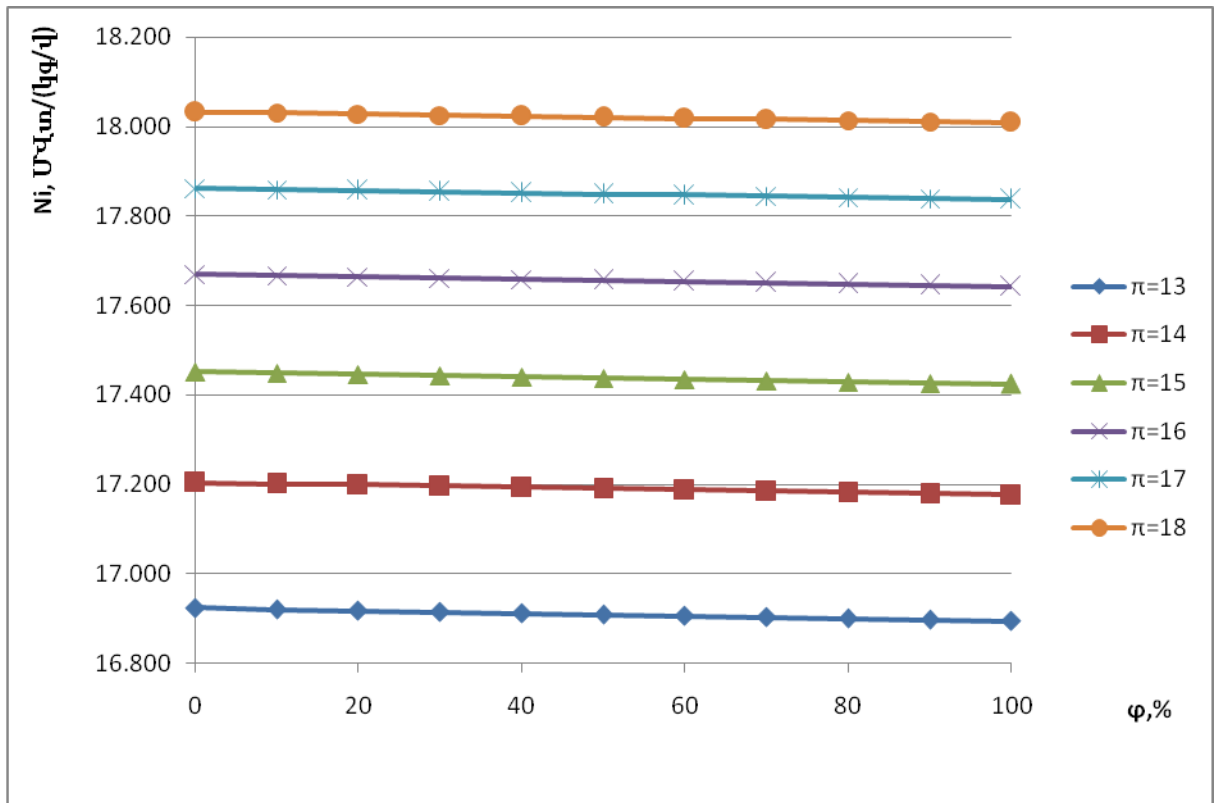
Նկ.3.6 ԳՏ 1 կգ/լ վառելիքի ծախսի բերված ներքին հզորության կախվածությունը կոմպրեսոր մատուցվող օդի հարաբերական խոնավությունից կոմպրեսորում ճնշման բարձրացման տարբեր աստիճանների դեպքում

Ինչպես երևում է նկ.3.6-ից, ԳՏՏ կոմպրեսոր մատուցվող օդի հարաբերական խոնավության աճը ԳՏՏ 1 կգ/լ վառելիքի ծախսի բերված ներքին հզորության (N_{i_QS}) վրա ունենում է փոքր ազդեցություն: Այսպես օրինակ կոմպրեսորում ճնշման բարձրացման աստիճանի 13 արժեքի դեպքում ներծծվող օդի հարաբերական խոնավության 0-ից 100% փոփոխությունը հանգեցնում է N_{i_QS} -ի 0,138 ՄՎտ/(կգ/լ) փոփոխության: Իսկ երբ կոմպրեսորում ճնշման բարձրացման աստիճանը հավասար է 18-ի այդ փոփոխությունը հասնում է 0,18-ի: Այսինքն, կոմպրեսոր ներծծվող օդի խոնավության ազդեցությունը ԳՏՏ 1 կգ/լ վառելիքի ծախսի բերված ներքին հզորության վրա այնքան ավելի մեծ է, որքան մեծ է կոմպրեսորում ճնշման բարձրացման աստիճանը:



Նկ.3.7. 1Կգ/վ վառելիքի ծախսի բերված ԳՏՏ կոմպրեսորի ներքին հզորության կախվածությունը կոմպրեսոր մատուցվող օդի հարաբերական խոնավությունից կոմպրեսորում ճնշման բարձրացման տարբեր աստիճանների դեպքում

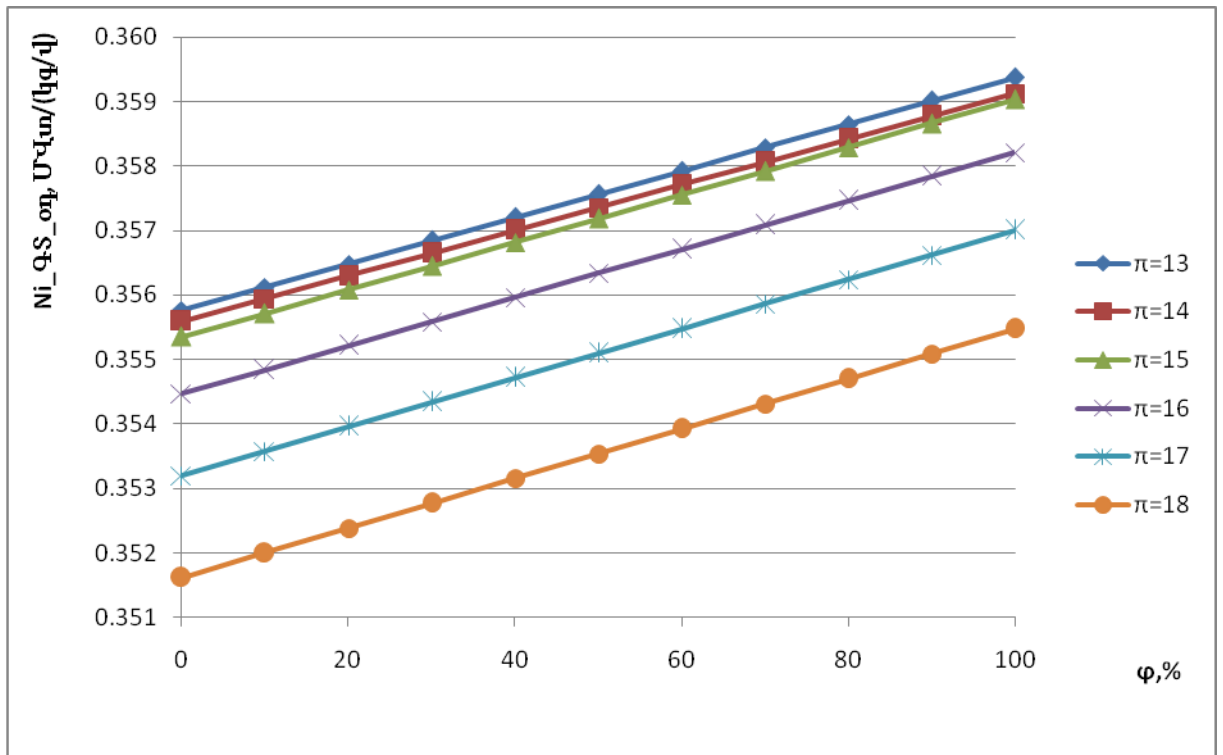
Նկ.3.7.-ից երևում է, որ 1Կգ/վ վառելիքի ծախսի բերված կոմպրեսորի ներքին հզորությունը (N_{i_ϕ}) մատուցվող օդի հարաբերական խոնավության 0-ից 100% փոփոխման և կոմպրեսորում ճնշման բարձրացման աստիճանի 13 արժեքի դեպքում փոփոխվում է 0,109 ՄՎտ/(Կգ/վ)-ով: Իսկ երբ կոմպրեսորում ճնշման բարձրացման աստիճանը հավասար է 18-ի այդ փոփոխությունը հասնում է 0,157 ՄՎտ/(Կգ/վ)-ի: Այսինքն, կոմպրեսոր ներծծվող օդի հարաբերական խոնավության աճը N_{i_ϕ} -ի վրա նույնպես ունի այնքան ավելի մեծ ազդեցություն, որքան մեծ է կոմպրեսորում ճնշման բարձրացման աստիճանը:



Նկ.3.8.ԳՏՏ-ի 1 կգ/վ վառելիքի ծախսիբերված ներքին օգտակար հզորության կախվածությունը, կոմպրեսոր մատուցվող օդի հարաբերական խոնավությունից կոմպրեսորում ճնշման բարձրացման տարբեր աստիճանների դեպքում

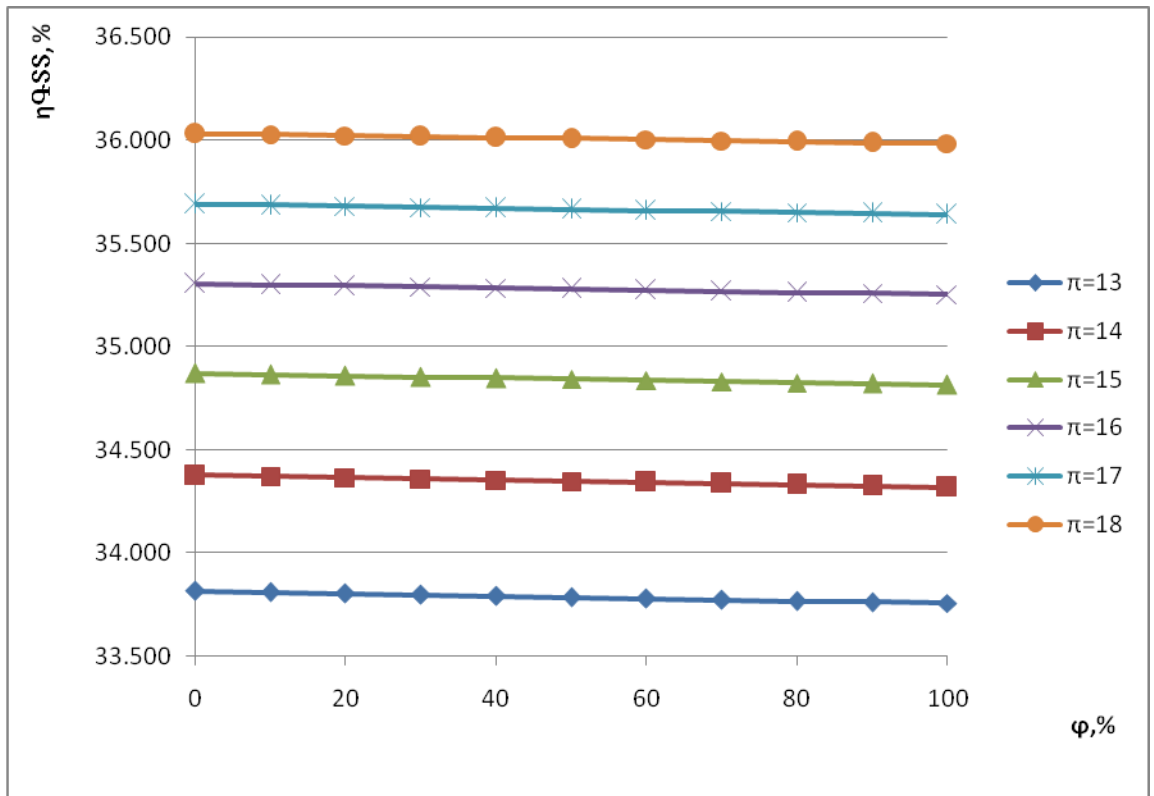
Նկ.3.8-ը ցույց է տալիս, որ ԳՏՏ-ի ներքին հզորությունը բերված կգ/վ վառելիքի ծախսի (N_i) կոմպրեսոր մատուցվող օդի ջերմաստիճանի բարձրացմանը զուգընթաց մեծանում է, ընդ որում, երբ կոմպրեսորում ճնշման բարձրացման աստիճանը հավասար է 13-ի այդ փոփոխությունը ներծծվող օդի հարաբերական խոնավության 0...100% աճելու դեպքում ունի 0,029 ՄՎտո/(կգ/վ) արժեք, իսկ կոմպրեսորում ճնշման բարձրացման աստիճանի 18 արժեքի դեպքում՝ 0,024 ՄՎտո/(կգ/վ): Այսինքն, որքան ավելի մեծ է կոմպրեսորում ճնշման բարձրացման աստիճանը, այնքան ավելի փոքր է ներծծվող օդի խոնավության բարձրացման բացասական ազդեցությունը ԳՏՏ-ի ներքին հզորության վրա: Սա պայմանավորված է այն փաստով, որ չնայած որ կոմպրեսորում ճնշման բարձրացման որևէ տվյալ արժեքի դեպքում ներծծվող օդի հարաբերական խոնավության բարձրացման դեպքում նվազում է 1 կգ/վ վառելիքի ծախսի բերված և ԳՏՏ ներքին հզորությունը և կոմպրեսորի ներքին հզորությունը, սակայն կոմպրեսորի ճնշման բարձրացման աստիճանի մեծացմանը զուգընթաց մատուցվող օդի հարաբերական խոնավության մեծացման հետ կապված կոմպրեսորի ներքին

հզորության անկումը ավելի արագ է մեծանում քան 1 կգ/վ վառելիքի ծախսի բերված զՏՏ ներքին հզորության անկումը:



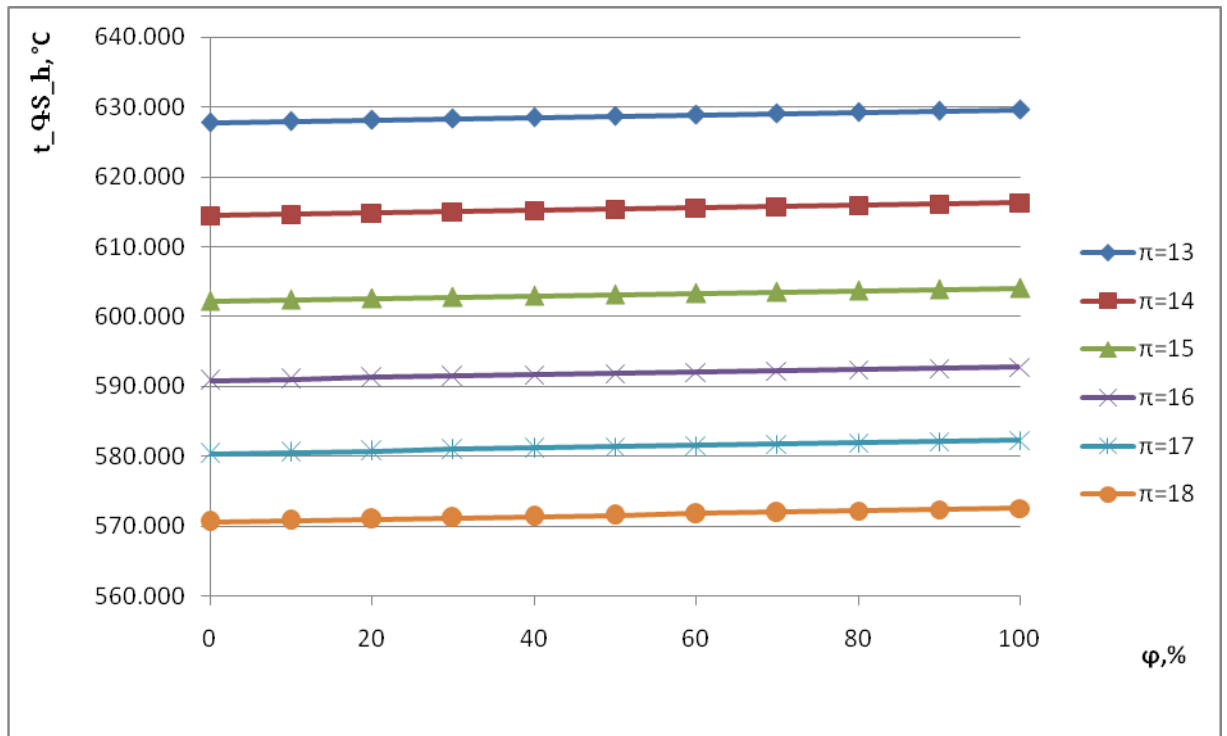
Նկ.3.9 զՏՏ-ի կոմպրեսորում 1 կգ/վ օդի ծախսի բերված զՏՏ հզորության կախվածությունը կոմպրեսոր մատուցվող օդի հարաբերական խոնավությունից կոմպրեսորում ճնշման բարձրացման տարբեր աստիճանների դեպքում

Նկ.3.9-ում բերված է զՏՏ-ի կոմպրեսորում 1 կգ/վ օդի ծախսի բերված զՏՏ-ի հզորության ($N_{i_զՏ}$) փոփոխությունը ներծծվող օդի հարաբերական խոնավությունից կախված և կոմպրեսորում ճնշման բարձրացման տարբեր աստիճանների դեպքում: Կոմպրեսորում ճնշման բարձրացման ցանկացած աստիճանի դեպքում $N_{i_զՏ}$ -ը մատուցվող օդի հարաբերական խոնավության բարձրացման հետ զուգընթաց մեծանում է: Մատուցվող օդի հարաբերական խոնավության 0...100 % բարձրացման հետ պայմանավորված $N_{i_զՏ}$ -ի մեծացման արժեքը կոմպրեսորում ճնշման բարձրացման աստիճանից գրեթե կախված չէ, և դրա 13...18 արժեքների դեպքում ընդունում է 0,0035...0,0038 արժեքներ:



Նկ.3.10. ՊՏՏ-ի ՕԳԳ-ի կախվածությունը կոմպրեսոր մատուցվող օդի հարաբերական խոնավությունից կոմպրեսորում ճնշման բարձրացման տարբեր աստիճանների դեպքում

ՊՏՏ-ի ՕԳԳ-ի կոմպրեսոր մատուցվող օդի հարաբերական խոնավությունից կախվածությունը կոմպրեսորում ճնշման բարձրացման տարբեր աստիճանների դեպքում պատկերված է նկ.3.10-ում բերված գրաֆիկում: Ինչպես տեսնում ենք, ՊՏՏ-ի ՕԳԳ-ն կոմպրեսոր մատուցվող օդի հարաբերական խոնավության մեծացման հետ նվազում է, ընդ որում կոմպրեսորում ճնշման բարձրացման աստիճանի 13 արժեքի դեպքում հարաբերական խոնավության 0...100% բարձրացումը հանգեցնում է ՕԳԳ-ի 0,059% անկման, իսկ ճնշման բարձրացման աստիճանի 18 արժեքի դեպքում՝ 0,048%: Այսինքն, ինչքան ավելի մեծ է կոմպրեսորում ճնշման բարձրացման աստիճանը այնքան ավելի փոքր է ՊՏՏ-ի ՕԳԳ-ի վրա մատուցվող օդի խոնավության բարձրացման բացասական ազդեցությունը:



Նկ.3.11.ԳՏՏ-ից հեռացող ծխագազերի ջերմաստիճանի կախվածությունը կոմպրեսոր մատուցվող օդի հարաբերական խոնավությունից կոմպրեսորում ճնշման բարձրացման տարբեր աստիճանների դեպքում

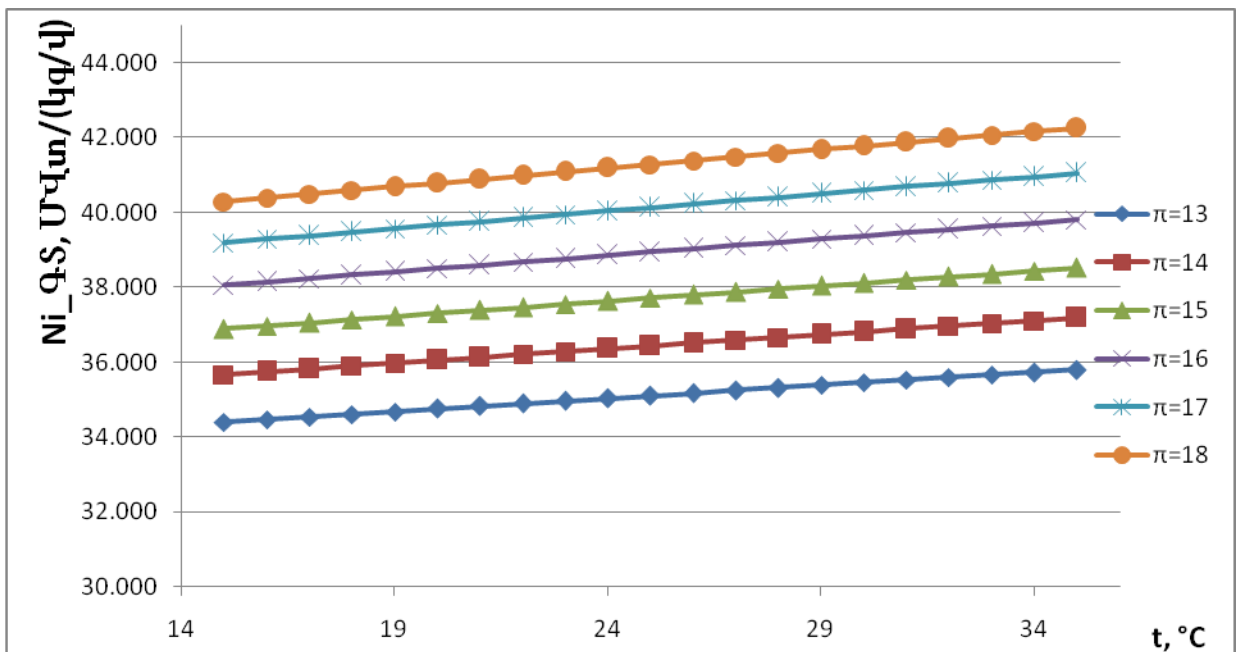
ԳՏՏ-ից հեռացող ծխագազերի ջերմաստիճանի վրա կոմպրեսորում ճնշման բարձրացման տարբեր աստիճանների դեպքում ներծծվող օդի հարաբերական խոնավության ազդեցությունը պատկերող գրաֆիկը բերված է նկ.3.11-ում: Ընդհանուր առմամբ ԳՏՏ կոմպրեսոր մատուցվող օդի հարաբերական խոնավության բարձրացումը հանգեցնում է ԳՏՏ-ից հեռացող ծխագազերի ջերմաստիճանի բարձրացման: Այդ բարձրացման արժեքը կոմպրեսորում ճնշման բարձրացման աստիճանի 13 արժեքի դեպքում հավասար է $1,847\text{ }^{\circ}\text{C}$ 0...100% հարաբերական խոնավության բարձրացման դեպքում, իսկ կոմպրեսորում ճնշման բարձրացման 18 արժեքի դեպքում՝ $1,937\text{ }^{\circ}\text{C}$: Այսինքն, ԳՏՏ-ի կոմպրեսոր ներծծվող օդի հարաբերական խոնավության մեծացումը ԳՏՏ-ից հեռացող ծխագազերի ջերմաստիճանի վրա ունի այնքան ավելի մեծ ազդեցություն, որքան ավելի մեծ է ԳՏՏ-ի կոմպրեսորում ճնշման բարձրացման աստիճանը:

Հաշվի առնելով վերը նկարագրվածը կարելի է ասել, որ ԳՏՏ-ի կոմպրեսոր ներծծվող օդի հարաբերական խոնավության բարձրացումը ԳՏՏ էներգետիկական և արդյունավետության ցուցանիշների վրա ունենում է բացասական, բայց փոքր

ազդեցություն, ուստի կարելի է ասել, որ ԳՏՏ-ի աշխատանքային ռեժիմների լավարկման համար կոմպրեսոր մատուցվող օդի հովացման բարձր ճնշումային հովացման համակարգի կիրառությունը, որը հանգեցնում է կոմպրեսոր մատուցվող օդի հարաբերական խոնավության աճի մինչև 100 %, լիովին նպատակահարմար է:

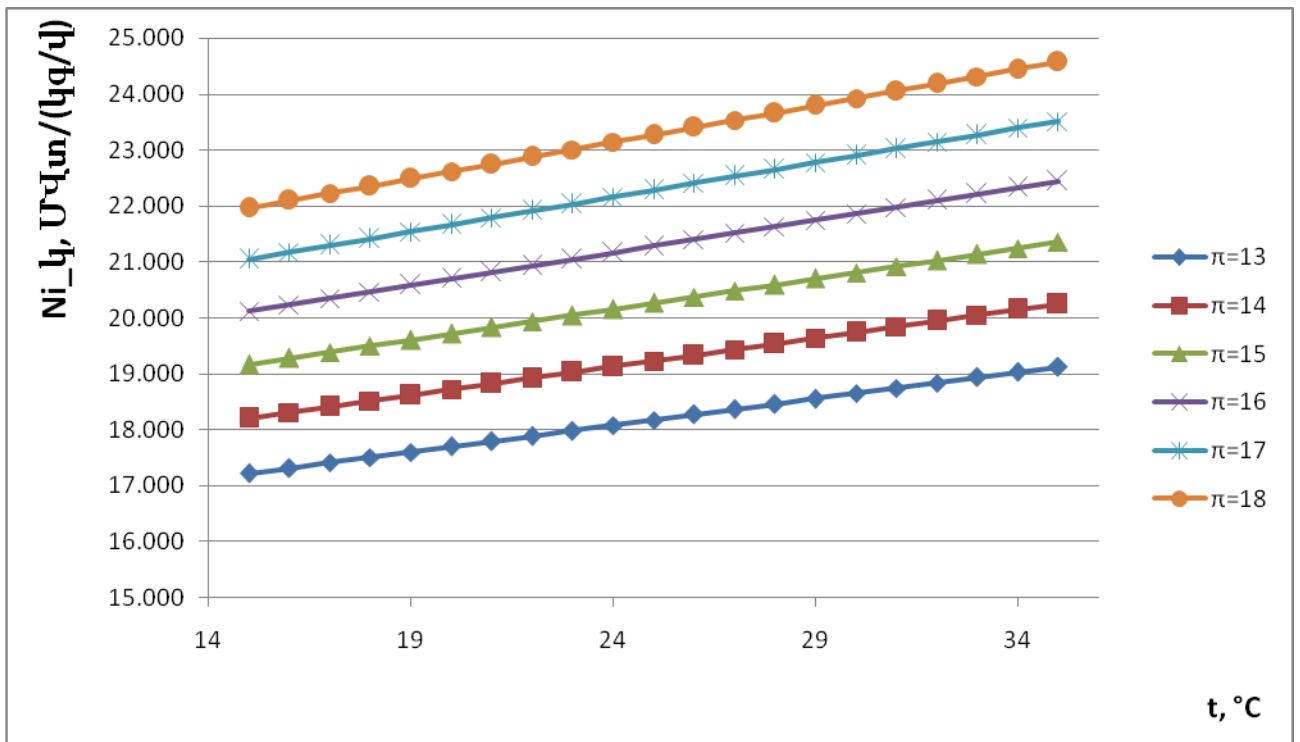
3.3 ԳՏՏ-ի էներգետիկական ցուցանիշների կախվածությունը մթնոլորտային օդի ջերմաստիճանից

Երբ ԳՏՏ-ի կոմպրեսոր մատուցվող օդի ջերմաստիճանը փոփոխվում է հաշվարկային արժեքից, փոխվում են նաև ԳՏՏ-ի էներգետիկական և արդյունավետության ցուցանիշները: §3.1-ում նկարագրված պարամետրերով ԳՏՏ-ի ջերմային հաշվարկի արդյունքները, երբ դրսի օդի ջերմաստիճանը փոփոխվում է 15-ից 35 °C, իսկ հարաբերական խոնավությունը հավասար է 60 %-ի, դրա կոմպրեսորում ճնշման բարձրացման աստիճանը փոփոխվում է 13...18 միջակայքում, իսկ մնացած բոլոր ելակետային պարամետրերը մնում են հաստատուն, գրաֆիկական ձևով ներկայացված են ստորև: Հաշվարկների արդյունքները ամփոփված են հավելված 3-ում բերված աղյուսակներում:



Նկ.3.12 ԳՏ 1 կգ/վ վառելիքի ծախսի բերված ներքին հզորության կախվածությունը կոմպրեսոր մատուցվող օդի ջերմաստիճանից կոմպրեսորում ճնշման բարձրացման տարբեր աստիճանների դեպքում

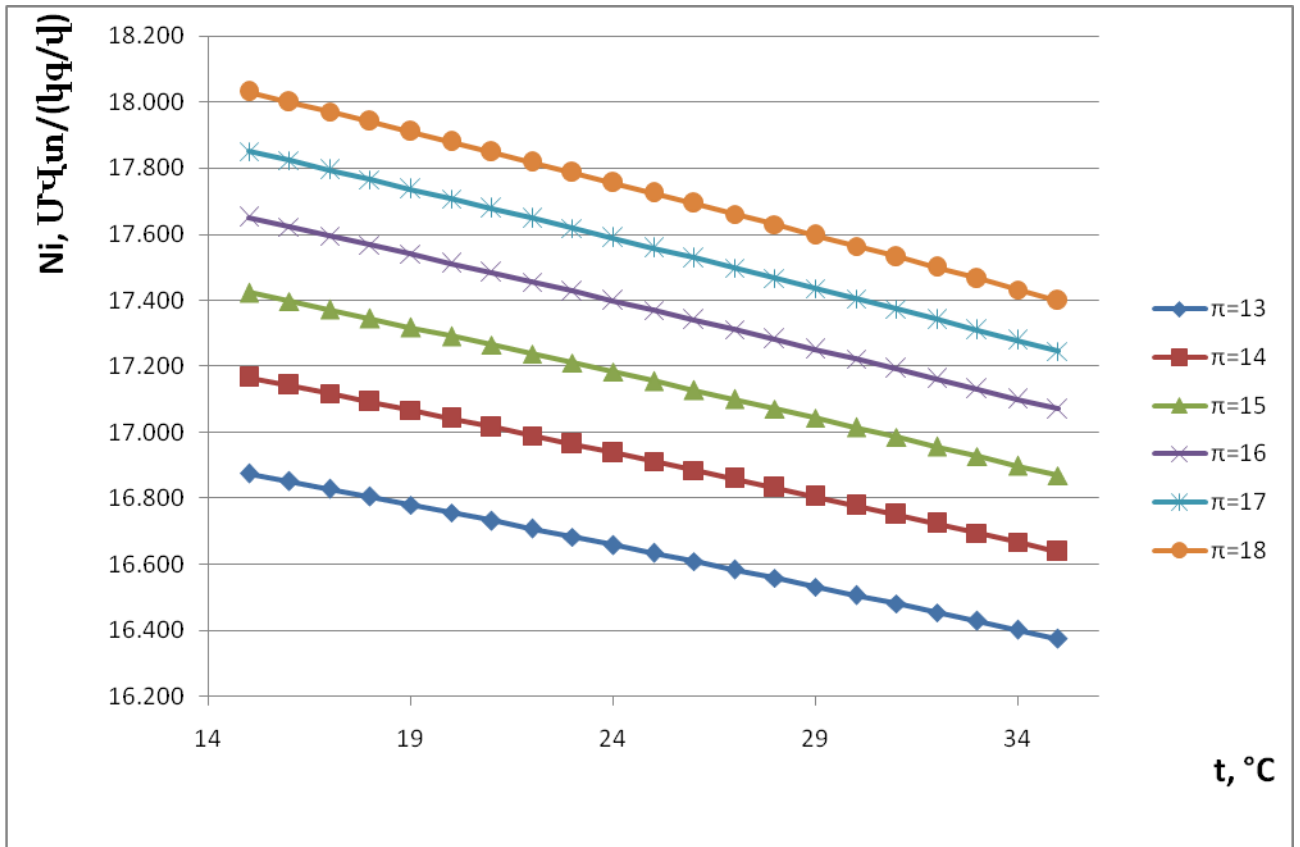
Նկ.3.12-ում բերված է 1 կգ վառելիքի հաշվով ԳՏ-ի ներքին հզորության կախվածությունը կոմպրեսոր ներծծվող օդի ջերմաստիճանից պատկերող գրաֆիկը՝ կոմպրեսորում ճնշման բարձրացման աստիճանի 13...18 արժեքների համար: ԳՏՏ կոմպրեսոր մատուցվող օդի ջերմաստիճանի 15-ից 35 °C աճելու դեպքում և կոմպրեսորում ճնշման բարձրացման աստիճանի 13 արժեքի դեպքում ԳՏ-ի 1 կգ/վ վառելիքի ծախսի բերված ներքին օգտակար հզորությունը աճում է 1,398 ՄՎտ/(կգ/վ)-ով: Իսկ երբ կոմպրեսորում ճնշման բարձրացման աստիճանը հավասար է 18-ի այդ փոփոխությունը կազմում է 1,974 ՄՎտ/(կգ/վ): Այսինքն ԳՏՏ-ի կոմպրեսոր մատուցվող օդի ջերմաստիճանի փոփոխման ազդեցությունը ԳՏ-ի 1 կգ/վ վառելիքի ծախսի բերված ներքին օգտակար հզորության վրա այնքան ավելի մեծ է, որքան մեծ է կոմպրեսորում ճնշման բարձրացման աստիճանի արժեքը: Ընդ որում ջերմաստիճանի բարձրացումը ունի դրական ազդեցություն ԳՏ-ի ներքին հզորության վրա:



Նկ.3.13. 1 կգ/վ վառելիքի ծախսի բերված ԳՏՏ կոմպրեսորի ներքին հզորության կախվածությունը կոմպրեսոր մատուցվող օդի ջերմաստիճանից կոմպրեսորում ճնշման բարձրացման տարբեր աստիճանների դեպքում

1 կգ/վ վառելիքի ծախսի բերված ԳՏՏ-ի կոմպրեսորի ներքին հզորությունը ներծծվող օդի ջերմաստիճանի բարձրացման հետ նույնպես մեծանում է (նկ.3.13): Ընդ որում, որքան ավելի մեծ է կոմպրեսորում ճնշման բարձրացման աստիճանի արժեքը,

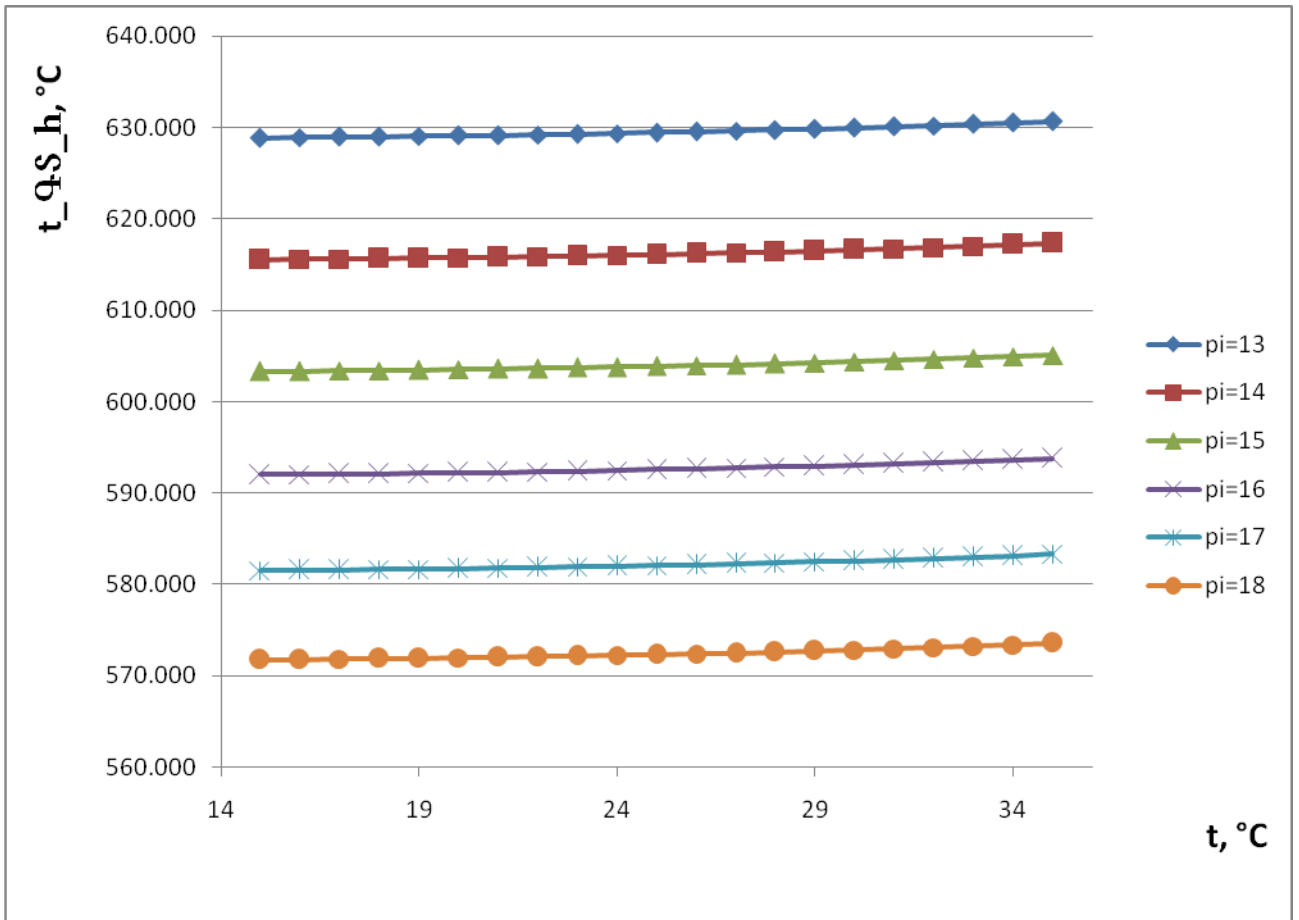
այնքան ավելի մեծ է այդ ազդեցությունը: Այսպես, ներծծվող օդի ջերմաստիճանի 15-ից 35 °C բարձրանալու դեպքում, երբ կոմպրեսորում ճնշման բարձրացման աստիճանը հավասար է 13-ի կոմպրեսորի ներքին հզորությունը մեծանում է 1,898 ՄՎտ/(կգ/վ)-ով, իսկ երբ ճնշման բարձրացման աստիճանը հավասար է 18-ի՝ 2,606 ՄՎտ/(կգ/վ)-ով:



Նկ.3.14 ԳՏՏ-ի 1 կգ/վ վառելիքի ծախսիբերված ներքին օգտակար հզորության կախվածությունը, կոմպրեսոր մատուցվող օդի ջերմաստիճանից կոմպրեսորում ճնշման բարձրացման տարբեր աստիճանների դեպքում

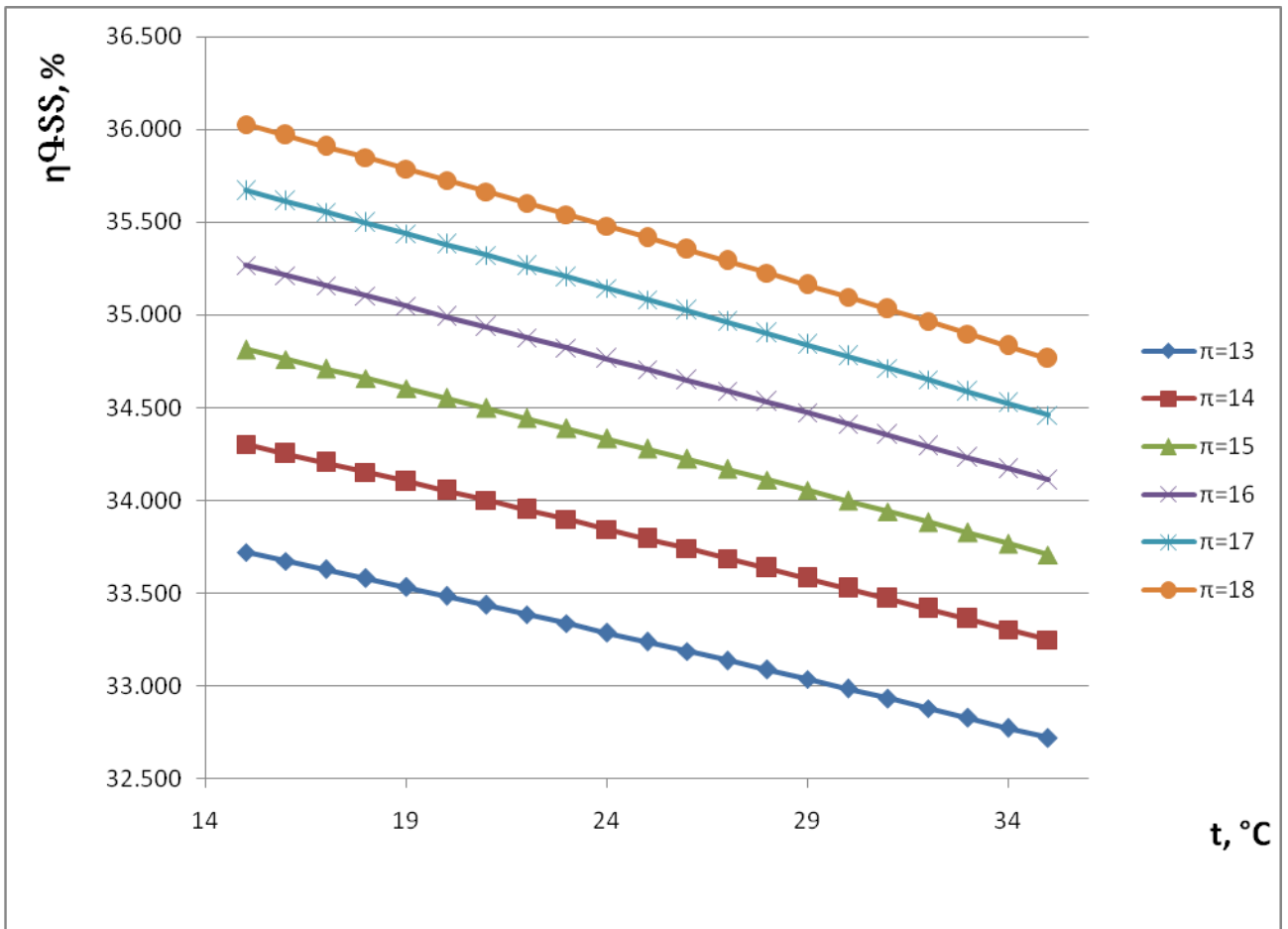
Ինչպես տեսնում ենք, կոմպրեսոր ներծծվող օդի ջերմաստիճանի բարձրացման հետևանքով մեծանում է ԳՏ-ի ներքին օգտակար հզորությունը, բայց և միևնույն ժամանակ մեծանում է կոմպրեսորի ներքին հզորությունը, ընդ որում ճնշման բարձրացման ցանկացած աստիճանի դեպքում ջերմաստիճանի միևնույն փոփոխության դեպքում կոմպրեսորի ներքին հզորությունը ավելի մեծ արժեքով է մեծանում, ինչով էլ պայմանավորված է, որ ներծծվող օդի ջերմաստիճանի բարձրացումը ընդհանուր առմամբ բերում է ԳՏՏ օգտակար հզորության նվազման(Նկ.3.14): Այդ նվազումը 15-ից 35 °C ջերմաստիճանի բարձրացման դեպքում,

Երբ կոմպրեսորում ճնշման բարձրացման աստիճանը ունի 13 արժեք կազմում է 0,5 $U_{վտ}/(կգ/վ)$, իսկ 18 արժեքի դեպքում՝ 0,632:



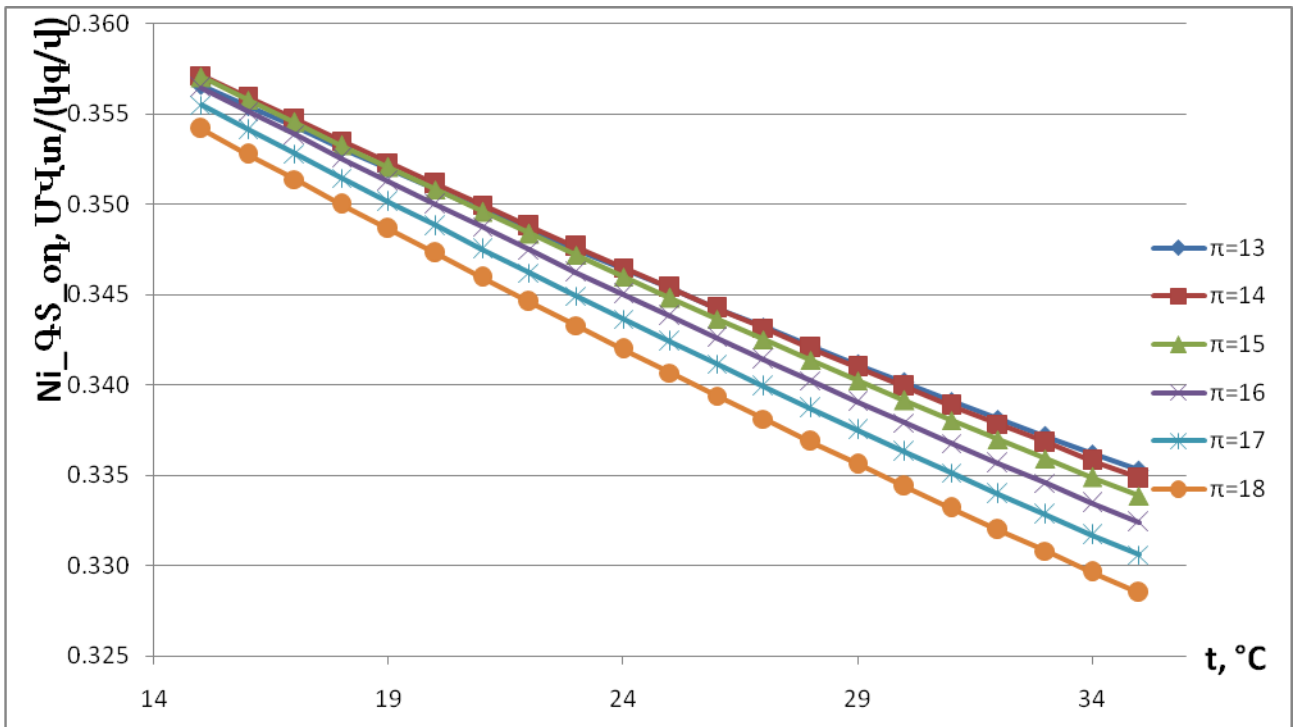
Նկ.3.15 ԳՏՏ-ից հեռացող ծխագազերի ջերմաստիճանի կախվածությունը կոմպրեսոր մատուցվող օդի ջերմաստիճանից կոմպրեսորում ճնշման բարձրացման տարբեր աստիճանների դեպքում

Նկ.3.15-ում պատկերված է ԳՏՏ-ից հեռացող ծխագազերի ջերմաստիճանի կախվածությունը ԳՏՏ-ի կոմպրեսոր մատուցվող օդի ջերմաստիճանից, դրանում ճնշման բարձրացման տարբեր աստիճանների դեպքում: Հեռացող ծխագազերի ջերմաստիճանը մյուս ելակետային պայմանների հաստատուն մնալու պարագայում, ներծծվող օդի ջերմաստիճանի բարձրացմանը զուգընթաց նույնպես բարձրանում է: Երբ, ճնշման բարձրացման աստիճանի արժեքը կոմպրեսորում հավասար է 13-ի ներծծվող օդի ջերմաստիճանի 15-ից 35 °C բարձրացումը հանգեցնում է ԳՏՏ-ից հեռացող ծխագազերի ջերմաստիճանի 1,782 °C-ով բարձրացման, իսկ ճնշման բարձրացման աստիճանի 18 արժեքի դեպքում՝ 1,793 °C-ով:



Նկ.3.16 ԳՏՏ-ի ՕԳԳ-ի կախվածությունը կոմպրեսոր մատուցվող օդի ջերմաստիճանից կոմպրեսորում ճնշման բարձրացման տարբեր աստիճանների դեպքում

ԳՏՏ-ի ՕԳԳ-ի կախվածությունը կոմպրեսոր ներծծվող օդի ջերմաստիճանից դրանում ճնշման բարձրացման աստիճանի տարբեր արժեքների դեպքում բերված է նկ.3.16-ում պատկերված գրաֆիկում: Ընդհանուր առմամբ ԳՏՏ-ի ՕԳԳ-ն կոմպրեսոր ներծծվող օդի ջերմաստիճանի բարձրացման հետևանքով նվազում է: Ներծծվող օդի 15 °C-ից 35 °C բարձրանալու դեպքում, երբ կոմպրեսորում ճնշման բարձրացման աստիճանը հավասար է 13-ի, ԳՏՏ-ի ՕԳԳ-ն նվազում է 0,999 %-ով, իսկ երբ ճնշման բարձրացման աստիճանը հավասար է 18-ի՝ 1,262 %-ով: Այսինքն, ներծծվող օդի ջերմաստիճանի բարձրացման բացասական ազդեցությունը ԳՏՏ-ի ՕԳԳ-ի վրա այնքան ավելի մեծ է, որքան մեծ է ԳՏՏ-ի կոմպրեսորում ճնշման բարձրացման աստիճանի արժեքը[88]:

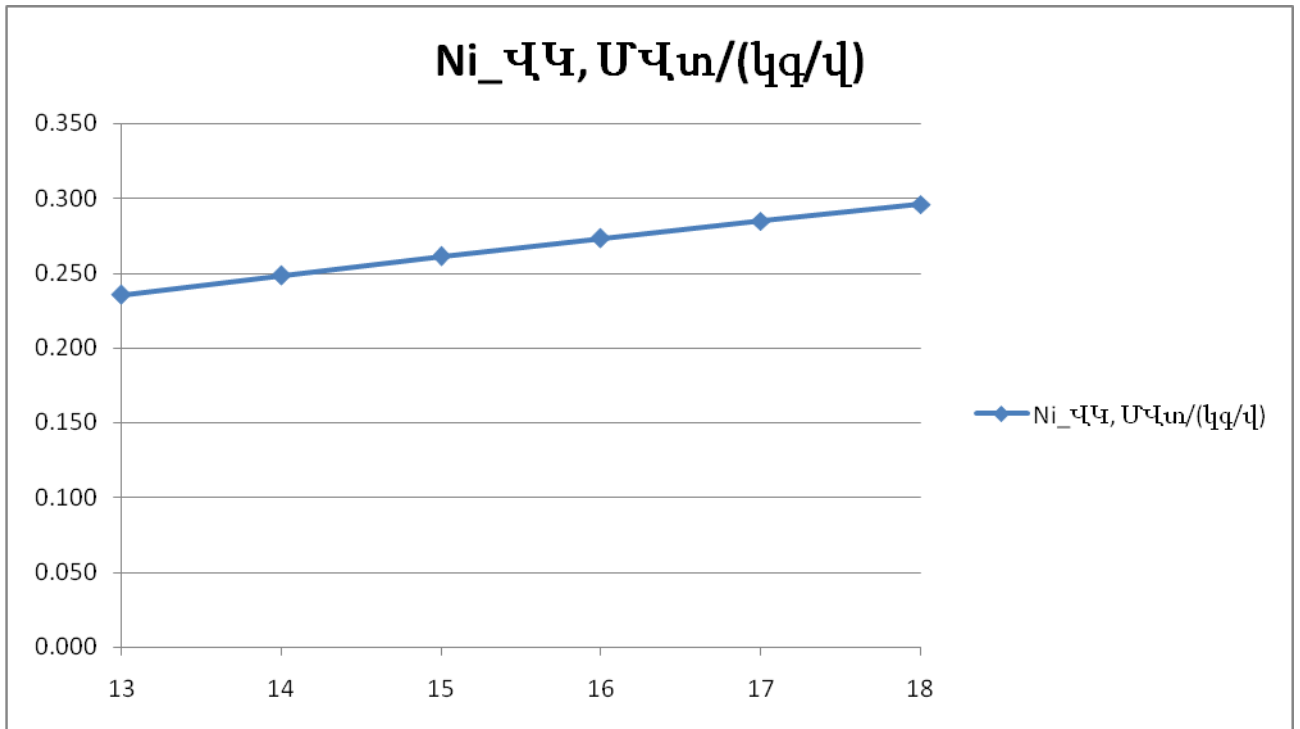


Նկ.3.17 ԳՏՏ-ի կոմպրեսորում 1 կգ/վ օդի ծախսի բերված ԳՏՏ հզորության կախվածությունը կոմպրեսոր մատուցվող օդի ջերմաստիճանից կոմպրեսորում ճնշման բարձրացման տարբեր աստիճանների դեպքում

ԳՏՏ-ի հզորությունը կոմպրեսորում 1 կգ օդի հաշվով, ներծծվող օդի ջերմաստիճանի բարձրացման դեպքում նվազում է: Այդ կախվածությունը կոմպրեսորում ճնշման բարձրացման աստիճանի տարբեր արժեքների դեպքում բերված է նկ.3.17-ում: Կոմպրեսորում օդի 1 կգ/վ ծախսի բերված ԳՏՏ հզորությունը ներծծվող օդի ջերմաստիճանի 15-ից 35 °C բարձրանալուց նվազում է 0,021 ՄՎտ/(կգ/վ)-ով, երբ կոմպրեսորում ճնշման բարձրացման աստիճանը կոմպրեսորում հավասար է 13-ի և 0,026 ՄՎտ/(կգ/վ)-ով, երբ ճնշման բարձրացման աստիճանը հավասար է 18-ի:

ԳՏՏ-ի տուրբինի ներքին հզորության մյուս ամենամեծ սպառիչը կոմպրեսորից հետո հանդիսանում է վառելիքային կոմպրեսորը: Սակայն ժամանակակից ԳՏՏ-ների մոտ վառելիքային կոմպրեսորի շարժաբեր է հանդիսանում էլ. շարժիչը, ուստի վառելիքային կոմպրեսորը սպառում է, ոչ թե անմիջապես ԳՏ հզորությունը, այլ ԳՏՏ գեներատորի հզորության մի մասը: ԳՏՏ վառելիքային կոմպրեսորի հզորությունը կախված չէ կոմպրեսոր ներծծվող օդի ջերմաստիճանից: Եթե, համարենք, որ վառելիքային կոմպրեսոր ներծծվող վառելիքի ջերմաստիճանը մնում է հաստատուն, ապա վառելիքային կոմպրեսորի հզորությունը կախված է ԳՏՏ կոմպրեսորում ճնշման

բարձրացման աստիճանի արժեքից: Այդ կախվածությունը կոմպրեսորում ճնշման բարձրացման աստիճանի 13-ից 18 արժեքների դեպքում բերված է նկ.3.18-ում:



Նկ.3.18 ԳՏՏ-ի վառելիքային կոմպրեսորի 1կգ վառելիքի հաշվով ներքին հզորության կախվածությունը կոմպրեսորի ճնշման բարձրացման աստիճանի տարբեր արժեքներից

3.4 ԳՏՏ էներգետիկական ցուցանիշների հաշվարկի մշակված մեթոդի ստուգում՝ “Ջրագդան-5” էներգաբլոկի ԳՏՏ-ի օրինակի վրա

“Ջրագդան-5” էներգաբլոկում տեղակայված է 142,855 ՄՎտ հզորությամբ Ալստոմ ընկերության արտադրած գազատուրբինային տեղակայանք: Էներգաբլոկի կարգաբերման աշխատանքների ավարտից հետո ԳՏՏ արտադրող ընկերության կողմից իրականացվել է նախագծային երաշխիքային ցուցանիշների ամփոփիչ ստուգում՝ փորձարկման միջոցով: Այդ փորձարկման արդյունքում հայտնի են դարձել տեղակայված ԳՏՏ-ի հետևյալ հիմնական ցուցանիշները՝

- ջերմության տեսակարար ծախսը ԳՏՏ-ում՝ 9750 կՋ/կՎտժ,
- ԳՏՏ հզորությունը՝ 142,855 ՄՎտ:

Նշված մեծությունները հաշվարկվել են մթնոլորտային պայմանների հետևյալ արժեքների համար՝

- ջերմաստիճան՝ 15 °C,

- ճնշում՝ 0,822 *Քար*,
- հարաբերական խոնավություն՝ 60 % :

Փորձարկման ընթացքում ՊՏՏ մատուցվող վառելիքի ստորին բանվորական ջերմությունը ունեցել է 46910,7 *կՋ/կգ* արժեքը, իսկ օդի ծախսը կոմպրեսորում կազմել է 429,6 *կգ/վ*:

Քանի որ, 1 *կվտժ*=3600 *կՋ*, ուստի ջերմության տեսակարար ծախսից կարելի է հաշվել ՊՏՏ ՕԳԳ-ն՝

$$\eta_{\text{ՊՏՏ}} = \frac{3600}{9750} 100\% = 36,92\% \quad (3.49)$$

Իրականացնենք “Ջրազդան-5” էներգաբլոկի ՊՏՏ-ի ջերմային հաշվարկ մշակված մեթոդի միջոցով: Դրա համար ելակետային պայմանները կունենան հետևյալ արժեքները՝

- Դրսի օդի ջերմաստիճան՝ $t_{\text{դօ}} = 15 \text{ } ^\circ\text{C}$,
- դրսի օդի ճնշում՝ $P_{\text{դօ}} = 0,81 \text{ մթն}$,
- դրսի օդի հարաբերական խոնավություն՝ $\varphi_{\text{դօ}} = 60\%$,
- վառելիքի այրման ստորին բանվորական ջերմություն՝ $Q_{\text{Վ}}^{\text{բ}} = 46910,7 \text{ կՋ/կգ}$,
- մատուցվող վառելիքի ճնշում՝ $P_{\text{վառ}} = 1 \text{ ՄՊա}$,
- մատուցվող վառելիքի ջերմաստիճան՝ $t_{\text{վառ}} = 15 \text{ } ^\circ\text{C}$,
- վառելիքի ավելցուկային ճնշումը այրման խցից առաջ՝ $\Delta P_{\text{ախ}} = 0,5 \text{ ՄՊա}$,
- կոմպրեսորում ճնշման բարձրացման աստիճան՝ $\pi_{\text{կ}} = 15,4$,
- տուրբինից առաջ ծխազագերի ջերմաստիճան՝ $t_{\text{ՊՏՏ}} = 1111 \text{ } ^\circ\text{C}$,
- կոմպրեսորի իզոէնտրոպ ՕԳԳ՝ $\eta_{\text{կ}} = 88\%$,
- գազատուրբինի ներքին հարաբերական ՕԳԳ՝ $\eta_{\text{ՊՏՏ}} = 89\%$,
- վառելիքային կոմպրեսորի իզոէնտրոպ ՕԳԳ՝ $\eta_{\text{կվ}} = 80\%$,
- այրման խցի ՕԳԳ՝ $\eta_{\text{ախ}} = 99,5\%$,
- ճնշման անկումը այրման խցում՝ $\delta P_{\text{ախ}} = 5\%$,
- ճնշման անկումը գազային տուրբինում՝ $\delta P_{\text{տն}} = 2,1\%$:

Ներմուծելով նշված արժեքները հաշվարկային ծրագիր, կստանանք ՊՏՏ հետրյալ ցուցանիշները՝

- Կոմպրեսորի ներքին հզորությունը բերված 1 *կգ/վ* վառելիքի ծախսի՝ $N_{\text{է.կ}} = 20,02 \text{ Մվտ/(կգ/վ)}$,

- գազատուրբինի ներքին հզորությունը բերված 1 կգ/վ վառելիքի ծախսի՝ $N_{i_{QS}} = 37,31 \text{ ՄՎտ}/(\text{կգ}/\text{վ})$,
- վառելիքային կոմպրեսորի ներքին հզորությունը բերված 1 կգ/վ վառելիքի ծախսի՝ $N_{i_{վլ}} = 0,115 \text{ ՄՎտ}/(\text{կգ}/\text{վ})$,
- ԳՏՏ-ի ներին օգտակար հզորությունը բերված 1 կգ/վ վառելիքի ծախսի, որը հաշվի չի առնում մեխանիկական կորուստները $N_i = 17,17 \text{ ՄՎտ}/(\text{կգ}/\text{վ})$,
- ԳՏՏ-ի ՕԳԳ-ն՝ $\eta_{\text{ԳՏԿ}} = 36,6 \%$,
- ԳՏՏ-ի հզորությունը բերված կոմպրեսորում 1 կգ/վ օդի ծախսի՝ $N_{i_{\text{օդ}}} = 0,33 \text{ ՄՎտ}/(\text{կգ}/\text{վ})$,

Հաշվարկենք ԳՏՏ հզորության և ՕԳԳ-ի առաջարկվող մեթոդի միջոցով հաշվարկի սխալների տոկոսները՝

$$\delta\eta = \frac{36,92 - 36,6}{36,92} 100\% = 0,87 \% : \quad (3.50)$$

ԳՏՏ հզորությունը կարելի է հաշվել կոմպրեսորում 1 կգ/վ օդի ծախսի բերված ԳՏՏ-ի հզորության ($N_{i_{\text{օդ}}}$) արժեքը վառելիքի ծախսով բազմապատկելով՝

$$N = 0,33 * 429,6 = 143,5 \text{ ՄՎտ}:$$

ԳՏՏ հզորության հաշվարկի սխալի համար կստանանք՝

$$\delta N = \frac{143,5 - 142,855}{142,855} 100\% = 0,46 \% : \quad (3.51)$$

Հաշվարկված սխալի տոկոսները գտնվում են ճարտարագիտական հաշվարկներում թույլատրելի սխալի սահմաններում, հետևաբար առաջարկվող մեթոդը կարելի է կիրառել հետագա ուսումնասիրությունների համար:

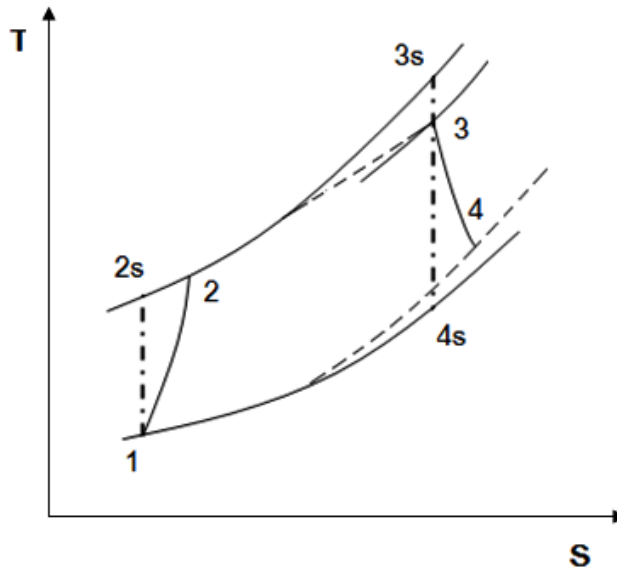
4. ԳԱԶԱՏՈՒՐԲԻՆԱՅԻՆ ՏԵՂԱԿԱՅԱՆՔԻ ԿՈՄՊՐԵՍՈՐ ՆԵՐԾԾՎՈՂ ՕԴԻ ԶԵՐՄԱՍՏԻՃԱՆԻ ՓՈՓՈԽՈՒԹՅԱՆ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ՇՈԳԵԳԱԶԱՅԻՆ ՏԵՂԱԿԱՅԱՆՔԻ ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ՎՐԱ

4.1 ԳՏՏ կոմպրեսոր ներծծվող օդի ջերմաստիճանի ազդեցությունը օգտահանիչ կաթսայով ՇԳՏ աշխատանքի վրա

Պարզելու համար, թե ինչպիսի ազդեցություն է ունենում ԳՏՏ կոմպրեսոր ներծծվող օդի ջերմաստիճանը գոլորշային ցիկլի աշխատանքի վրա, նախ դիտարկենք այդ ազդեցությունը ԳՏՏ կոմպրեսորի ճնշման բարձրացման աստիճանի վրա:

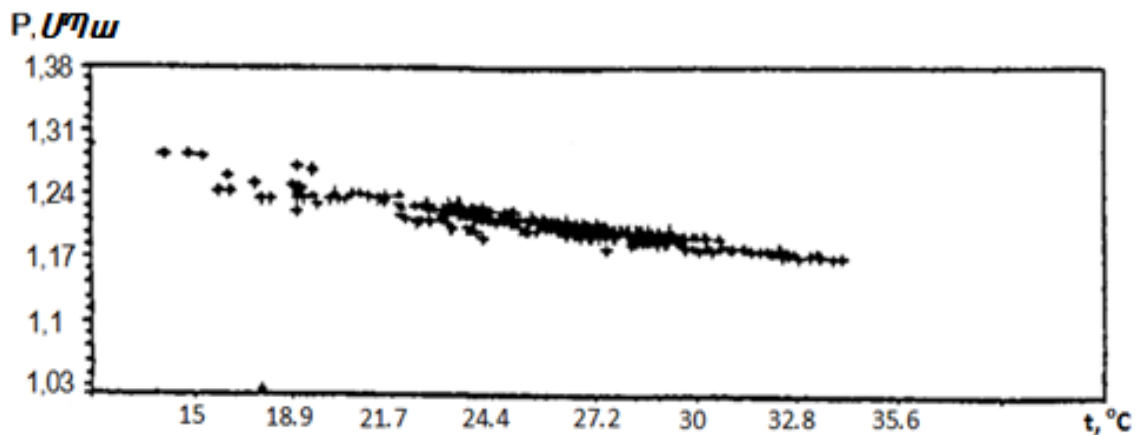
Գազատուրբինային տեղակայանքի (ԳՏՏ) իդեալական ցիկլը կազմված է կոմպրեսորում սեղմման իզոենտրոպ պրոցեսից (1-2s), այրման խցում ջերմության

հաղորդման իզոբար պրոցեսից (2s-3s), տուրբինում իզոէնտրոպ ընդարձակումից(3s-4s) և 4s-1 պայմանական պրոցեսը փակում է ցիկլը (նկ.4.1): Իրական ՊՏՏ-ում, պայմանավորված շփման և այլ անհակադարձելի կորուստներով, պրոցեսն ընթանում է էնտրոպիայի աճով և ունի 1-2-3-4 տեսքը (նկ.4.1) [89]:



Նկ.4.1. Պարզ ՊՏՏ-ի աշխատանքային ցիկլը T-s դիագրամի վրա

Երբ բարձրանում է կոմպրեսոր ներծծվող օդի ջերմաստիճանը, 1 կետը նույն իզոբարով տեղաշարժվում է դեպի աջ (1-1', նկ.4.3): Կոմպրեսորի ներքին հարաբերական ՕԳԳ-ի փոփոխությունը, կախված ներծծվող օդի ջերմաստիճանից, աննշան է և կարող է անտեսվել: Կոմպրեսորում ճնշման բարձրացման աստիճանի կախվածությունը ներծծվող օդի ջերմաստիճանից գնահատելու համար դիտարկենք նկ.4.2-ում պատկերված միջին հզորության “GE Frame 7F” ՊՏՏ-ի կոմպրեսոր մատուցվող օդի ջերմաստիճանից կախված դրա ելքում ճնշման արժեքների դիագրամը [90]:



Նկ.4.2. GT Frame 7F գազատուրբինի կոմպրեսորի ելքում ճնշման կախվածությունը դրսի օդի ջերմաստիճանից [90]

Քանի որ ԳՏՏ-ները որպես կոնոն նախագծվում են ներծծվող օդի 15°C ջերմաստիճանի համար, այդ ջերմաստիճանի դեպքում կոմպրեսորի ելքում օդի ճնշումը ունի իր անվանական արժեքը: Նկ.4.2-ում պատկերված դիագրամից վերցնելով ճնշման արժեքները և արտահայտելով դրանք տոկոսներով՝ 15 °C ջերմաստիճանի դեպքում անվանական ճնշման նկատմամբ կունենանք աղ.4.1-ում բերված տվյալները:

Աղյուսակ 4.1
GT Frame 7F գազատուրբինի կոմպրեսորի ելքում ճնշման կախվածությունը կոմպրեսոր ներծծվող օդի ջերմաստիճանից

| կոմպրեսոր ներծծվող օդի ջերմաստիճան t °C | ճնշում կոմպրեսորի ելքում, P % |
|---|-------------------------------|
| 15 | 100 |
| 18,9 | 99,2 |
| 21,7 | 96,5 |
| 24,4 | 95,5 |
| 27,2 | 93,9 |
| 30 | 92,8 |
| 32,8 | 91,7 |
| 35,6 | 90,1 |

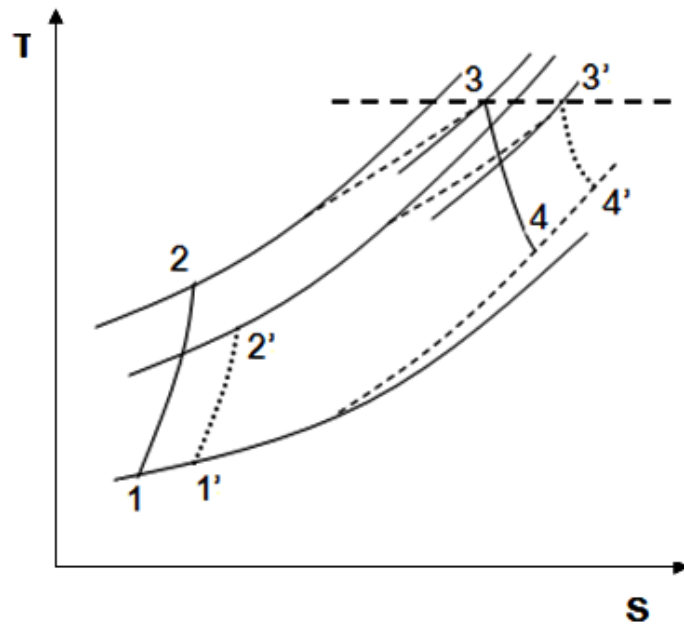
Աղ.4.1-ում ներկայացված տվյալների մոտարկման միջոցով ստանում ենք փորձնական բանաձև (4.1), որը բնութագրում է միջին հզորության գազատուրբինի կոմպրեսորի ելքային ճնշման փոփոխությունը ներծծվող օդի ջերմաստիճանի փոփոխման 15... 35,5 °C տիրույթում՝ արտահայտված %-ով անվանական ճնշման նկատմամբ:

$$P_{\%} = 0,363t - 6056,541/t^2 + 440,075/\ln(t) - 40,948, \quad (4.1)$$

որտեղ t-ն կոմպրեսոր ներծծվող օդի ջերմաստիճանն է °C, P%-ը կոմպրեսորի ելքում ճնշումն է արտահայտված տոկոսներով ելակետային ճնշման նկատմամբ [91]:

Տուրբինի ներքին հարաբերական ՕԳԳ-ն պայմանավորված է գազային տուրբինի մուտքում ծխագազերի ջերմաստիճանով, որը ժամանակակից գազատուրբինային տեղակայանքներում բեռնվածքի՝ անվանականին մոտ տիրույթում մնում է հաստատուն, այսինքն՝ անկախ է կոմպրեսոր ներծծվող օդի ջերմաստիճանի արժեքից:

Փաստորեն, եթե կոմպրեսոր ներծծվող օդի 15°C ջերմաստիճանի պայմաններում ԳՏՏ-ի աշխատանքային ցիկլը ունի 1-2-3-4 տեսքը, ապա ներծծվող օդի 15°C -ից բարձր արժեքների դեպքում այն կունենա 1'-2'-3'-4' տեսքը:



Նկ.4.3. ԳՏՏ-ի աշխատանքային ցիկլի փոփոխությունը դրսի օդի ջերմաստիճանի բարձրացման հետևանքով

Հաշվի առնելով վերը նկարագրվածը՝ ԳՏՏ ջերմային հաշվարկի մշակված մեթոդիկան կարելի է կիրառել կոմպրեսոր ներծծվող օդի բավարար ջերմաստիճանային տիրույթում ԳՏՏ հզորությունը, ինչպես նաև ջրային մշուշապատման համակարգի կիրառման հետևանքով վերականգնվող հզորության մեծությունը գնահատելու համար:

ԳՏՏ ջերմային հաշվարկի գլուխ 3-ում առաջարկվող հաշվարկային ալգորիթմի միջոցով, մի շարք էներգետիկական ցուցանիշների շարքում հաշվարկվում է նաև տրված պայմանների դեպքում օդի խտությունը (ρ), 1 կգ վառելիքի այրման համար տեսականորեն անհրաժեշտ օդի զանգվածը (L_0), 1 կգ-ի հաշվով օդի ավելցուկային ծախսը ($g_{\text{օդ_ավ}}$), և ԳՏՏ-ի հզորությունը կոմպրեսորում 1 կգ օդի հաշվով ($N_{i\text{-օդ}}$), որոնք կարևոր դեր են խաղում՝ ջերմաստիճանի փոփոխման ազդեցությունը շոգեուժային ցիկլի վրա գնահատելու համար: Երբ բարձրանում է ԳՏՏ կոմպրեսոր մատուցվող օդի ջերմաստիճանը, բարձրանում է նաև ԳՏՏ-ից հեռացող ծխագազերի ջերմաստիճանը, հետևաբար և՛ էնթալպիան: Սակայն քանի որ կոմպրեսորը հաստատուն ծավալային մեքենա է, և օդի ջերմաստիճանի մեծացումը հանգեցնում է դրա խտության փոքրացման, ուստի ԳՏՏ կոմպրեսորով զանգվածային ծախսը ներծծվող օդի ջերմաստիճանի աճին զուգընթաց նվազում է: Ուստի, օդի

ջերմաստիճանի փոփոխության հետ կապված շոգեուժային տեղակայանքի հզորության փոփոխության գնահատման համար պետք է հաշվել ԳՏՏ-ից հեռացող ծխագազերի ջերմային էներգիայի փոփոխությունը:

Հեռացող ծխագազերի հետ տարվող ջերմության քանակությունը հավասար է հեռացող ծխագազերի էնթալպիայի և ծախսի արտադրյալին՝

$$Q = G_m \cdot h_{qSh}, \text{ կՋ/վ}, \quad (4.2)$$

որտեղ h_{qSh} -ն ծխագազերի էնթալպիան է, G_m -ն հեռացող ծխագազերի ծախսն է կգ/վ-ով, որը յուրաքանչյուր տուրբինի համար հաշվարկվում է՝ ելնելով նրա անվանական հզորությունից և ելակետային պայմանների դեպքում հաշվարկից, որի արդյունքներից օգտվելով՝ հաշվարկվում է ԳՏՏ-ի կոմպրեսորում օդի զանգվածային ծախսը ($G_{կm}$) և, հաշվի առնելով օդի խտությունը այդ պայմաններում, որոշվում է ԳՏՏ կոմպրեսորի ծավալային ծախսը ($G_{կv}$), որը հաստատուն է տրված ԳՏՏ-ի համար՝

$$G_{կm} = N_{ել} / N_{i_օդ}, \text{ կգ/վ}, \quad (4.3)$$

որտեղ $N_{ել}$ -ը ելակետային պայմաններում ԳՏՏ-ի հզորությունն է:

$$G_{կv} = G_{կm} / \rho, \text{ մ}^3/\text{վ}, \quad (4.4)$$

$$G_m = G_{կv} \cdot \rho + G_{կv} \cdot \rho / (g_{օդ_ավ} + L_օ) \text{ կգ/վ}: \quad (4.5)$$

Ունենալով Q մեծությունը ելակետային պայմաններում և այդ դեպքում՝ ՇԳՏ-ի շոգետուրբինի հզորությունը, և հաշվարկելով դրսի օդի ցանկացած ջերմաստիճանի դեպքում Q մեծության արժեքը, և այն համեմատելով ելակետային պայմանների իր արժեքի հետ, կարելի է գնահատել շոգետուրբինի զարգացվելիք հզորությունը տվյալ ջերմաստիճանի դեպքում [92]:

Առաջարկվող եղանակի միջոցով գնահատենք ԵրՋԷԿ-ի նոր էներգաբլոկի թերարտադրանքը տարվա ընթացքում ջերմաստիճանի նախագծայինից բարձր տիրություն:

4.2 ԳՏՏ կոմպրեսոր ներծծվող օդի ջերմաստիճանով պայմանավորված ՇԳՏ հզորության թերարտադրությունը և դրա փոխհատուցումը ջրային մշուշապատման համակարգի կիրառմամբ (ԵրՋԷԿ-ի օրինակի վրա)

ԵրՋԷԿ-ի շոգեգազային տեղակայանքի սկզբունքային ջերմային սխեման ունի նկ.4.4-ում բերված տեսքը: Հաշվարկենք Երևանի պայմաններում տարվա ընթացքում կոմպրեսոր ներծծվող օդի բարձր ջերմաստիճանի հետ կապված էներգաբլոկի թերարտադրանքը: Էներգաբլոկը նախագծվել է տրված տարեկան միջին ջերմաստիճանի և հարաբերական խոնավության համար՝ 12 °C և 56 %

- տուրբինից առաջ ծխագազերի ջերմաստիճան՝ $t_{qS\omega}=1095$ °C,
- կոմպրեսորի իզոենտրոպ ՕԳԳ՝ $\eta_{\omega}=88$ %,
- գազատուրբինի ներքին հարաբերական ՕԳԳ՝ $\eta_{qS}=89$ %,
- վառելիքային կոմպրեսորի իզոենտրոպ ՕԳԳ՝ $\eta_{\omega\omega}=80$ %,
- այրման խցի ՕԳԳ՝ $\eta_{\omega\omega}=99,5$ %,
- ճնշման անկումը այրման խցում՝ $\delta P_{\omega\omega}=5$ %,
- ճնշման անկումը գազային տուրբինում՝ $\delta P_{q\omega}=2,7$ %:

Ճնշման անկումը գազային տուրբինում ստանում ենք օգտվելով օգտահանիչ կաթսայում ճնշման անկումից և դրանից հետո ճնշումից:

Նշված ելակետային պայմանների համար ԳՏՏ ջերմային հաշվարկի արդյունքներն են՝

- կոմպրեսորի ներքին հզորությունը բերված 1 կգ/վ վառելիքի ծախսի՝ $N_{i_{\omega}}=20,459$ ՄՎտ/(կգ/վ),
- գազատուրբինի ներքին հզորությունը բերված 1 կգ/վ վառելիքի ծախսի՝ $N_{i_{qS}}=37,91$ ՄՎտ/(կգ/վ),
- վառելիքային կոմպրեսորի ներքին հզորությունը բերված 1 կգ/վ վառելիքի ծախսի՝ $N_{i_{\omega\omega}}=0,129$ ՄՎտ/(կգ/վ),
- ԳՏՏ-ի ներքին օգտակար հզորությունը բերված 1 կգ/վ վառելիքի ծախսի, որը հաշվի չի առնում մեխանիկական կորուստները $N_i=17,319$ ՄՎտ/(կգ/վ),
- ԳՏՏ-ի ՕԳԳ-ն՝ $\eta_{qS\omega}=36,47$ %,
- ԳՏՏ-ի հզորությունը բերված կոմպրեսորում 1 կգ/վ օդի ծախսի՝ $N_{i_{\omega\omega}}=0,326$ ՄՎտ/(կգ/վ):

Դիտարկվող գազատուրբինային տեղակայանքի կոմպրեսորում օդի ծավալային ծախսը 15 °C ջերմաստիճանի և 60% հարաբերաման խոնավության պարագայում հավասար է 523,08 կգ/վ [93]: Քանի որ այդ պայմաններում օդի խտությունը կազմում է 1,22 կգ/մ³, ապա կոմպրեսորի ծավալային ծախսը կազմում է 428,65 մ³/վ: Այս ծավալային ծախսը մնում է հաստատուն:

Չետևաբար ԳՏՏ հզորությունը նշված նախագծային պայմաններում հավասար կլինի 155,2 ՄՎտ: Այս նույն պայմաններում ԵրՁԷԿ-ի համակցված ցիկլով աշխատող էլեկտրակայանում շոգետուրբինի հզորությունը հավասար է 63,4 ՄՎտ: Չ մեծությունը այդ պայմաններում հավասար է 410878,5 կՋ/վ:

Գնահատենք էլ. էներգիայի թերարտադրությունը տարվա կտրվածքով օդի ջերմաստիճանի 12 °C-ից բարձր լինելու հետևանքով: Վերցնենք միջին հարաբերական խոնավությունը Երևան քաղաքի համար այն ամիսներին, որոնց ընթացքում միջին ջերմաստիճանը բարձր է 15 °C-ից, քանի որ դրանից ցածր ջերմաստիճանների դեպքում հովացման հետևանքով ԳՏՏ կոմպրեսորի մուտքում ստացվում են վտանգավոր ջերմաստիճաններ, կապված սառցակալման հնարավորության հետ: Դրանք մարտից նոյեմբեր ամիսներն են: Սակայն մարտ և նոյեմբեր ամիսներին 15 °C-ից բարձր ջերմաստիճանների միջին տևողականությունը հավասար է ընդամենը 6,72 ժամ, ուստի այդ ամիսները դուրս են գալիս դիտարկվող գոտուց: Միջին հարաբերական խոնավությունը մնացած դիտարկվող ամիսների ընթացքում լինում է 49,857 % [94]:

Աղյուսակ 4.2.

Միջին ամսեկան ջերմաստիճանների տևողականությունները ըստ ամիսների Երևան քաղաքի համար [95]

| Ջերմաստիճան | | Ամիսներ | | | | | | | | |
|-------------|-------|---------|-----|------|------|------|------|------|-----|------|
| -ից | մինչև | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 15,1 | 20 | 0,2 | 6,7 | 16,8 | 7,9 | 0,6 | 0,8 | 12 | 8,5 | 0,08 |
| 20,1 | 25 | 0 | 0,3 | 7 | 17,4 | 12,9 | 13,9 | 14,1 | 0,5 | 0 |
| 25,1 | 30 | 0 | 0 | 0 | 4,1 | 16,4 | 15,9 | 1,5 | 0 | 0 |
| 30,1 | 35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0,4 | 0 | 0 | 0 |

Աղյուսակ 4.3

Միջին ամսեկան ջերմաստիճանների տևողականությունները ըստ ժամերի Երևան քաղաքի համար

| միջին ջերմաստիճան | Ժամեր | | | | | | | | | |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|--------|
| | 3-րդ ամիս | 4-րդ ամիս | 5-րդ ամիս | 6-րդ ամիս | 7-րդ ամիս | 8-րդ ամիս | 9-րդ ամիս | 10-րդ ամիս | 11-րդ ամիս | Գումար |
| 17,5 | - | 160,8 | 403,2 | 189,6 | 14,4 | 19,2 | 288 | 204 | - | 1279,2 |
| 22,5 | 0 | 7,2 | 168 | 417,6 | 309,6 | 333,6 | 338,4 | 12 | 0 | 1586,4 |
| 27,5 | 0 | 0 | 0 | 98,4 | 393,6 | 381,6 | 36 | 0 | 0 | 909,6 |
| 32,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 24 | 9,6 | 0 | 0 | 0 | 33,6 |

Կորուստները գնահատվում են ըստ ջերմաստիճանային տիրույթների՝ 5 °C քայլով: Այսինքն, նախ հաշվարկվում է կորուստը պայմանավորված 17,5°C միջին ջերմաստիճանի տևողականության դեպքում, հետո՝ 22,5 °C միջին տևողականության հետ կապված և այլն: Բոլոր կորուստների գումարը կլինի միջին տարեկան կորուստը կապված ջերմաստիճանի բարձր լինելու հետ: 17,5 °C միջին ջերմաստիճան նկատվում է տարեկան 1279,2 ժամ: Այդ ջերմաստիճանի դեպքում ԳՏՏ կոմպրեսորում ճնշման բարձրացման աստիճանը հաշվարկվում է (4.1) բանաձևով և հավասար է 15 °C-ում իր

ունեցած արժեքի 99,4 %-ին՝ 15,3: Կառուցենք աղյուսակ, որում արտահայտված կլինեն աղ.4.3-ում նշված ջերմաստիճանների և տևողականությունների դեպքում դիտարկվող էներգաբլոկի գազատուրբինային և շոգեուժային տեղակայանքների հզորությունները գնահատված վերը նկարագրված մեթոդով, արտադրանքը և վառելիքի ծախսը (աղ.4.4):

Ինչպես ցույց են տալիս աղ.4.4-ում բերված հաշվարկների արդյունքները ԵրՁԷԿ-ի նոր էներգաբլոկը դիտարկվող ջերմաստիճանային տևողականությամբ տիրություն արտադրում է 783,7 մլն. կՎտ.ժ էլ. էներգիա: Սակայն եթե դրա հզորությունը լիներ հավասար իր նախագծայինին, այդ նույն տիրություն այն կարտադրեր 832,6 մլն. կՎտ. ժ էլ. էներգիա: Այսինքն դիտարկվող 3808,8 ժամերի ընթացքում կայանի թերարտադրությունը կազմում է 48,8 մլն. կՎտ.ժամ:

Հզորության տեսանկյունից աղ.4.4-ում բերված տվյալները վկայում են, որ 17,5 °C միջին ջերմաստիճանի նկատվող 1279,2 ժամերի ընթացքում ԳՏՏ հզորությունը կազմում է նախագծայինի 95,9 %-ը, իսկ շոգեուրբինինը՝ 98,2 %: Իսկ 32,5 °C միջին ջերմաստիճանի դիտարկվող 33,6 ժամերի ընթացքում ԳՏՏ հզորությունը ընկնում է մինչև նախագծայինի 86,2 %-ին հավասար:

Այժմ, ենթադրենք, որ էներգաբլոկի ԳՏՏ-ի վրա տեղակայվել է կոմպրեսոր մատուցվող օդի ջրային մշուշապատման հովացման համակարգ: Այդ դեպքում ԳՏՏ մատուցվող օդը հովացվում է մինչև տվյալ մթնոլորտային ճնշմանը համապատասխան և դիտարկվող տևողականություններով միջին ջերմաստիճանների դեպքում հաստատվող խոնավ ջերմաչափի ջերմաստիճանին: Իսկ հարաբերական խոնավությունը հասնում է 100 %-ի: Այդ ջերմաստիճանները և դրանց դեպքում ԳՏՏ ջերմային հաշվարկի արդյունքները, ստեղծված հզորությունը և վառելիքի ծախսերը բերված են աղ.4.5-ում:

Աղյուսակ 4.4

ԵրձԷԿ-ի գազատուրբինային և շոգեուժային տեղակայանքների հզորությունները և գունարային արտադրանքը դիտարկվող տևողականությամբ ջերմաստիճանների դեպքում

| | | | | |
|------------------------------|--------------------|---------------------|---------------------|--------------------|
| $t, ^\circ C$ | 17,5 | 22,5 | 27,5 | 32,5 |
| π | 15,3 | 14,9 | 14,4 | 14,1 |
| $Ni_{\text{օղ}}, ՄՎտ/(կգ/վ)$ | 0,319 | 0,313 | 0,308 | 0,303 |
| $Ni_{\text{գՏ}}, ՄՎտ/(կգ/վ)$ | 38,35 | 38,28 | 38,17 | 38,12 |
| $Ni_{\text{լ}}, ՄՎտ/(կգ/վ)$ | 21,06 | 21,21 | 21,33 | 21,50 |
| $Ni_{\text{վկ}}, ՄՎտ/(կգ/վ)$ | 0,129 | 0,124 | 0,119 | 0,116 |
| $\eta, \%$ | 36,14 | 35,67 | 35,19 | 34,75 |
| $Ni, ՄՎտ/(կգ/վ)$ | 17,16 | 16,94 | 16,71 | 16,49 |
| $Q, կՋ/վ$ | 403523,6 | 399460,2 | 395781,5 | 391986,7 |
| $N_{\text{գՏ}}, ՄՎտ$ | 148,8 | 143,6 | 138,6 | 133,9 |
| $N_{\text{ՇՏ}}, ՄՎտ$ | 62,3 | 61,6 | 61,07 | 60,5 |
| $T, \text{ժ}$ | 1279,2 | 1586,4 | 909,6 | 33,6 |
| $W_{\Sigma}, կՎտ \text{ժ}$ | 270×10^6 | $325,6 \times 10^6$ | $181,6 \times 10^6$ | $6,5 \times 10^6$ |
| $G_{\text{վ.Տ}}, տ$ | $39,9 \times 10^3$ | $48,4 \times 10^3$ | $27,2 \times 10^3$ | $0,98 \times 10^3$ |

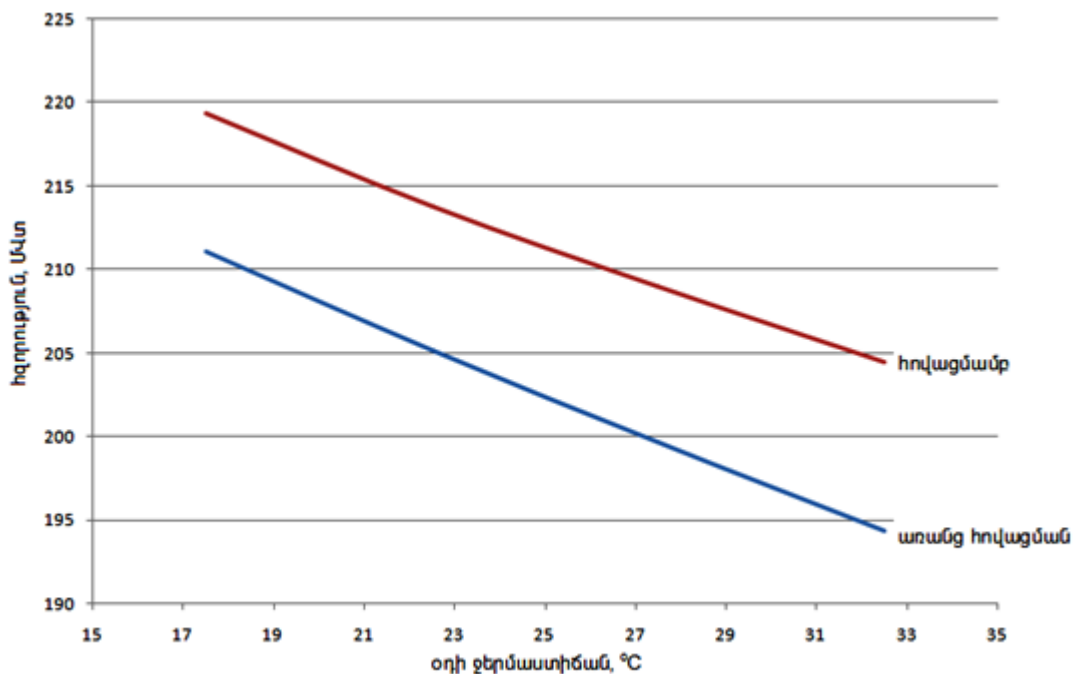
Աղյուսակ 4.5

ԵրձԷԿ-ի գազատուրբինային և շոգեուժային տեղակայանքների հզորությունները և գունարային արտադրանքը դիտարկվող տևողականությամբ ջերմաստիճանների պայմաններում հովացման համակարգի կիրառման դեպքում

| | | | | |
|------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|
| $t, ^\circ C$ | 17,5 | 22,5 | 27,5 | 32,5 |
| $t_h, ^\circ C$ | 11,54 | 15,65 | 19,77 | 23,92 |
| π | 15,4 | 15,4 | 15,1 | 14,7 |
| $Ni_{\text{օղ}}, ՄՎտ/(կգ/վ)$ | 0,327 | 0,323 | 0,319 | 0,315 |
| $Ni_{\text{գՏ}}, ՄՎտ/(կգ/վ)$ | 37,82 | 38,20 | 38,21 | 38,08 |
| $Ni_{\text{լ}}, ՄՎտ/(կգ/վ)$ | 20,36 | 20,85 | 21,04 | 21,10 |
| $Ni_{\text{վկ}}, ՄՎտ/(կգ/վ)$ | 0,147 | 0,147 | 0,127 | 0,123 |
| $\eta, \%$ | 36,46 | 36,23 | 35,89 | 35,48 |
| $Ni, ՄՎտ/(կգ/վ)$ | 17,31 | 17,20 | 17,04 | 16,85 |
| $Q, կՋ/վ$ | 412340 | 406686 | 403063 | 400341 |
| $N_{\text{գՏ}}, ՄՎտ$ | 155,8 | 151,07 | 146,8 | 142,7 |
| $N_{\text{ՇՏ}}, ՄՎտ$ | 63,6 | 62,7 | 62,2 | 61,8 |
| $T, \text{ժ}$ | 1279,2 | 1586,4 | 909,6 | 33,6 |
| $W_{\Sigma}, կՎտ \text{ժ}$ | $280,7 \times 10^6$ | $339,2 \times 10^6$ | $190,1 \times 10^6$ | $6,9 \times 10^6$ |
| $G_{\text{վ.Տ}}, տ$ | $41,6 \times 10^3$ | $50,2 \times 10^3$ | $28,2 \times 10^3$ | $1,02 \times 10^3$ |

Ինչպես տեսնում ենք աղ.4.5-ում բերված տվյալներից, ՉՏՏ կոմպրեսոր մատուցվող օդի հովացման ջրային մշուշապատման համակարգի կիրառության արդյունքում, դիտարկվող ժամանակահատվածում հնարավոր է արտադրել 816,9 մլն. կվտ.ժ էլ. էներգիա: Այսինքն բլոկը հովացման համակարգի կիրառման արդյունքում արտադրում է իր նախագծային արտադրանքի 98,1 %-ը, մինչդեռ առանց հովացման համակարգի այն արտադրում է 94,1 %-ը: Վերականգնված արտադրանքը կազմում է 33,23 մլն. կվտ.ժամ, կամ թերարտադրված էլ. էներգիայի 68 %-ը և այդ փոխհատուցված արտադրանքի համար վառելիքի ծախսը կազմում է 131,2 գր.գազ/կվտ.ժ:

Կառուցենք գրաֆիկ, որում պատկերված կլինեն ԵրՋԷԿ-ի համակցված էներգաբլոկի գունարային հզորությունները առանց հովացման և հովացման համակարգի կիրառմամբ՝ դիտարկվող միջին ջերմաստիճանների դեպքում(նկ.4.5):



Նկ.4.5 ԵրՋԷԿ-ի համակցված էներգաբլոկի հզորության կախվածությունը կոմպրեսոր ներծծվող օդի ջերմաստիճանից:

Նկ.4.5-ում ներկայացված կախվածության հիման վրա կազմվել են ռեգրեսիոն բանաձևեր, որոնց միջոցով հնարավոր է գնահատել ԵրՋԷԿ-ի համակցված ցիկլով աշխատող էներգաբլոկի գունարային հզորությունները կախված դրսի օդի ջերմաստիճանից՝ հովացման համակարգի բացակայության և առկայության դեպքերի համար: Այսպես 4.6 բանաձևի միջոցով կարելի է հաշվել հզորությունը առանց

հովացման համակարգի, իսկ 4.7 բանաձևով՝ հովացման համակարգի աշխատանքի դեպքում:

$$N = -1,11 * t + 230,4, \quad (4.6)$$

$$N_h = -0,98 * t + 236,4: \quad (4.7)$$

4.3 ԳՏՏ կոմպրեսորներով ուղի ջրային մշուշապատման համակարգի կիրառման տեխնիկատնտեսական հաշվարկը (ԵրՁԷԿ-ի օրինակի վրա)

ԳՏՏ կոմպրեսոր ներծծվող օդի հովացման համակարգերի կիրառելիության տեխնիկական և անվտանգության սահմանների մասին մանրամասն ներկայացվել է առաջին գլխում: Այժմ դիտարկենք դրանցից ջրային մշուշապատման համակարգի՝ կիրառելիության շահավետության սահմանները: Ջրային մշուշապատման համակարգի աշխատանքի ժամանակ ծախսվում է էլ. էներգիա և քիմիապես մաքրված ջուր, որը պատրաստվում է կայանի քիմիական արտադրամասում, ինչպես նաև հավելյալ վառելիք: Համակարգի կիրառման օգուտը հանդիսանում է դրա բերած հզորության ավելացման հաշվին արտադրված էլ. էներգիան: Համակարգի տարեկան շահագործման ծախսերի համար կարելի է գրել՝

$$Z = \sigma * K + \Theta, \quad (4.8)$$

որտեղ Z -ն տարեկան ծախսերն են, σ -ն կապիտալ ներդրումների ետգնման գործակիցն է, K -ն կապիտալ ներդրումները, Θ -ն տարեկան շահագործման ծախսերը:

Հովացման համակարգի ստեղծած հավելյալ եկամուտը (Π) կլինի դրա աշխատանքով պայմանավորված ավել արտադրված էլ. էներգիայի վաճառքից գոյացած եկամուտը:

Հովացման ջրային մշուշապատման համակարգի տեղակայման արժեքը հաշվարկվում է ըստ էքսպերտային գնահատման արժեքի, որը կազմում է 4 \$/կՎտ տեղակայված հզորության ըստ նախագծային հզորության [96]: Այսինքն, ԵրՁԷԿ-ի դեպքում այդ հզորությունը կազմում է 172000 կՎտ, որը հանդիսանում է միայն ԳՏՏ-ի հզորությունը, քանի որ հովացման համակարգի ձևը կախված չէ ԳՏՏ-ի համակցված կամ պարզ ցիկլով աշխատելու փաստից: Հետևաբար հովացման համակարգի տեղակայման արժեքը կլինի 330,24 մլն. դր:

$$K = 330240000 \text{ դր.}$$

Տարեկան շահագործման ծախսերի և հավելյալ եկամուտների համար կարող ենք գրել՝

$$\Theta = \Theta_{t_L} + \Theta_{\Sigma} + \Theta_{\mu}, \quad (4.9)$$

$$\Theta_{t_L} = W_{in} * c_{t_L} * T, \quad (4.10)$$

$$\Theta_{\Sigma} = G_{\Sigma} * c_{\Sigma} * T, \quad (4.11)$$

$$\Theta_{\mu} = G_{h.\mu} * c_{\mu} * T, \quad (4.12)$$

$$\Pi = \Pi_{t_L}, \quad (4.13)$$

$$\Pi_{t_L} = \Delta N * c_{t_L} * T, \quad (4.14)$$

որտեղ τ -ն հովացման համակարգի կիրառման տևողությունն է, ΔN -ը հովացման համակարգի կիրառման հետևանքով ավելացած հզորության չափն է (կՎտ), c_{t_L} -ն էլ. էներգիայի ինքնարժեքը (դր), c_{Σ} -ն քիմիապես մաքրված ջրի ինքնարժեքն է (դր), c_{μ} -ն վառելիքի գինն է (դր), W_{in} -ն հովացման տեղակայանքի հզորությունն է (կՎտ), G_{Σ} -ն հովացման համար ծախսվող ջրի քանակությունն է, $G_{h.\mu}$ -ն հավելյալ ծախսվող վառելիքի քանակն է:

Քիմիապես աղազրկված ջրի ինքնարժեքը հաշվարկվել է Հրազդանի 5-րդ էներգաբլոկում տեղակայված քիմական արտադրամասի աղազրկման տեղակայանքի տվյալների հիման վրա: Քանի որ կայանի սակագնի մեջ արդեն իսկ ներառված է արտադրվող քիմիապես աղազրկված ջրի ինքնարժեքը, և, որի մեջ իր հերթին մտնում են քիմիական արտադրամասում տեղակայված սարքավորումների կապիտալ ներդրումները, ամորտիզացիոն ծախսերը և այլն, ուստի խոնավ հովացման համակարգի համար օգտագործվող ջրի ինքնարժեքը պարզելու նպատակով անհրաժեշտ է հաշվարկել միայն պահանջվող հավելյալ ջրի արտադրության վրա ծախսվող նյութերի և հուն ջրի գների հետ կապված ծախսերը:

Այսպիսով, ըստ Հրազդանի 5-րդ էներգաբլոկում տեղակայված ջրի աղազրկման տեղակայանքի անձնագրային տվյալների 1000 մ³ քիմիապես աղազրկված ջուր ստանալու համար անհրաժեշտ է 1650 մ³ հուն ջուր: Որպես հուն ջուր Երևանի ՋԷԿ-ը օգտագործում է խմելու ջուր, որի արժեքը ըստ ԵրևանՋուր ընկերության կողմից սահմանված սակագնի կազմում է 170,256 դր/մ³: Պահանջվող մյուս բաղադրիչների քանակները և արժեքները ներկայացված են աղ.4.6 –ում:

Աղյուսակ 4.6.

Քիմիապես աղազրկված (ՔԱ) ջրի պատրաստման համար անհրաժեշտ ռեզեզնտների անվանումները, պահանջվող քանակությունները և գները:

| | ՔԱ ջրի արտադրության համար պահանջվող ռեզեզնտի անվանում | Քանակություն | | Ռեզեզնտի միավորի գինը | | Ռեզեզնտի գինը 1մ ³ ՔԱ ջրի արտադրության համար | |
|---|---|--------------------|---------|-----------------------|---------|---|---------|
| | | չափ. միավոր | մեծուք. | չափ. միավոր | մեծուք. | չափ. միավոր | մեծուք. |
| 1 | Յիպոքլորիդ GOCT 11086-76 | գր/մ ³ | 9,720 | \$ / կգ | 0,660 | դր/մ ³ | 3,1 |
| 2 | Լինոնաթթու GOCT 908-79 | գր/մ ³ | 23,600 | \$ / կգ | 3,240 | դր/մ ³ | 36,7 |
| 3 | Նատրիումի հիդրոքսիդ, պինդ GOCT 2263-79 | գր/մ ³ | 21,400 | \$ / կգ | 1,800 | դր/մ ³ | 18,5 |
| 4 | Նատրիումի մետաբիսուլֆիտ GOCT 11683-76 | գր/մ ³ | 1,530 | \$ / կգ | 3,600 | դր/մ ³ | 2,6 |
| 5 | Կոագուլյանտ՝ ալյումինի պոլիդրքսիդիդ | գր/մ ³ | 58,200 | \$ / կգ | 2,700 | դր/մ ³ | 75,4 |
| 6 | Կայունացուցիչ Purotech R0107 | գր/մ ³ | 2,920 | € / կգ | 3,444 | դր/մ ³ | 5,3 |
| 7 | Քարտրիջ 2.5" x 40" 5 մկմ | հատ/մ ³ | 0,00067 | \$ / հատ | 48,00 | դր/մ ³ | 15,4 |

Աղ.4.6–ում բերված տվյալների և հուն ջրի գնի հիման վրա հաշվարկների արդյունքում 1 մ³ քիմիապես աղազրկված ջրի համար ստանում ենք 438 դր/մ³ արժեքը:

Հովազման տեղակայանքի հզորության ($W_{տն}$) համար կարելի է գրել՝

$$W_{տն} = k_2 \frac{P G_2}{\eta_{\omega} \eta_2}, \quad (4.15)$$

որտեղ P-ն ջուրը մղող պոմպի զարգացրած ճնշումն է, η_{ω} , G_2 -ն ջրի ծախսն է, մ³/վ-ով, k_2 -ն շարժիչի պաշարի գործակիցն է, η_{ω} -ն և η_2 -ն համապատասխանաբար պոմպի և շարժիչի ՕԳԳ-ներն են:

Երբ միջին ջերմաստիճանը հավասար է 17,5 °C, տևողականությունը՝ $\tau=1279,2$ ժամ: Պոմպի զարգացրած ճնշումը այնքան է, ինչքան, որ պահանջվում է հովազման համակարգի աշխատանքի համար՝ $P=20$ ՄՊա: k_{ω} -ն ընդունում ենք հավասար 1,2-ի: $\eta_{\omega}=85$ %, $\eta_2=86$ %: Ըստ 91,202 կՊա բարոմետրական ճնշման և 49,857 % հարաբերական խոնավության, 17,5 °C ջերմաստիճանին համապատասխան խոնավ

ջերմաչափի ջերմաստիճանը հավասար է 11,54 °C: G_p -ն հաշվարկելու համար, օգտվում ենք ԳՏՏ ջերմային հաշվարկի ալգորիթմից, որում հաշվարկվում է տվյալ մթնոլորտային պայմանների դեպքում օդի զանգվածային խոնավապարունակությունը՝ $d_{դօ}$ -ն: Նախ հաշվարկելով առանց հովացման դեպքի համար $d_{դօ}$ -ն և այն բազմապատկելով այդ դեպքում ԳՏՏ կոմպրեսորում օդի զանգվածային ծախսով ստանում ենք՝ 3,21 կգ/վ: Հովացման համակարգի աշխատանքի դեպքում կոմպրեսորի մուտքում օդի հարաբերական խոնավությունը հասնում է 100 %-ի, և արդեն հովացած օդի դեպքում հաշվարկելով $d_{դօ}$ -ն և բազմապատկելով այն այդ դեպքում օդի մասսայական ծախսով ստանում ենք 4,49 կգ/վ: Այսինքն հովացման համակարգի աշխատանքի համար անհրաժեշտ է 1,27 կգ/վ ջրի ծախս ապահովել: Որի դեպքում պոմպի հզորության համար կստանանք 41,9 կՎտ: Հզորության և գազի ծախսի ավելացումը բերված են աղ.4.1.4 – ում: ԵրՋԷԿ-ի համար գազի զինը՝ 132,95 $\eta\eta/\text{մ}^3$ է, իսկ առաքվող էլ. էներգիայի ինքնարժեքը 15,111 $\eta\eta/\text{կՎտ.ժ}$: Այս բոլորը հաշվի առնելով, կազմենք աղյուսակ, որում պատկերված կլինեն աղ.4.2.2-ում բերված դիտարկվող միջին ջերմաստիճանների դեպքում, վերը նկարագրված հաշվարկների արդյունքները (Աղ.4.7) [97]՝

Աղյուսակ 4.7

Ջրային մշուշապատմամբ հովացման համակարգի կիրառման տնտեսական ցուցանիշները ԵրՋԷԿ-ի համակցված ցիկլով էներգաբլոկի համար

| Առանց հովացման | | հովացմամբ | | T, ժամ | G _{ջուր} , կգ/վ | N _{պոմպ} , կՎտ | ΔN, կՎտ | Ձ, $\eta\eta$ | Ո, $\eta\eta$ |
|----------------|------|-----------|------|--------|--------------------------|-------------------------|---------|---------------|---------------|
| t, °C | φ, % | t, °C | φ, % | | | | | | |
| 17,5 | 49,9 | 11,5 | 100 | 1279,2 | 1,27 | 41,9 | 8374,5 | 3641876 | 161869108 |
| 22,5 | 49,9 | 15,6 | 100 | 1586,4 | 4,66 | 153,6 | 8610 | 15650453 | 206383598 |
| 27,5 | 49,9 | 19,7 | 100 | 909,6 | 1,67 | 55,9 | 9362 | 3391554 | 128672064 |
| 32,5 | 49,9 | 23,9 | 100 | 33,6 | 1,94 | 63,9 | 10150 | 142864 | 5152966 |

Ինչպես երևում է աղ.4.7-ից, ամբողջ տարվա ընթացքում հովացման համակարգի 3808,8 ժամ աշխատանքի ընթացքում ծախսվում է 22,8 մլն. $\eta\eta$ հավելյալ վառելիքի, աղագրկված ջրի և պոմպի ծախսած էլ. էներգիայի համար, իսկ ավելացած հզորության հաշվին արտադրվում է 502,1 մլն. $\eta\eta$ արժողությամբ էլ.էներգիա: Ուստի տարեկան հավելյալ եկամուտի և ծախսերի տարբերությունը կազմում է 479,2 մլն. $\eta\eta$:

Կատարենք տարեկան շահագործման ծախսերի և հավելյալ եկամուտի տարբերության հաշվարկ երկու տարբերակով՝ առաջինում ընդունելով σ -ն հավասար 0,121-ի, որը համապատասխանում է 8,3 ետզման տարիներին, որը ընդունված գործակից է էներգետիկական օբյեկտների համար: Երկրորդ դեպքում հաշվարկենք

տարեկան եկամուտը, և գտնենք σ -ի նվազագույն արժեքը, այսինքն կապիտալ ներդրումների ետզնման նվազագույն ժամկետը: σ -ի 0,121 արժեքի համար՝

$$3=0,121*330240000+22826748=62785788 \text{ դր, իսկ}$$

$$\Gamma=502077738 \text{ դր:}$$

$$\text{Ուստի՝ } \Gamma-3=439291950 \text{ դր:}$$

Այսինքն, տարեկան մաքուր հավելյալ եկամուտը կկազմի 439,3 մլն. դր:

Երկրորդ դեպքի համար հաշվարկենք 3-ն առանց կապիտալ ներդրումների ետզնման մասնաբաժնի, այն հավասար կլինի 22,8 մլն. դր, իսկ Γ -ն կրկին հավասար կլինի՝ 502,1 մլն. դր: Եվ $\Gamma-3=479,2$ մլն. դր: Եթե K -ն բաժանենք ($\Gamma-3$)-ի վրա կստանանք կապիտալ ներդրումների ետզնման նվազագույն ժամկետը՝ 0,689 տարի, կամ $\sigma=1,45$ -ի:

ԵԶՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ

1. Առաջարկվում է ԵրԶԷԿ-ի համակցված էներգաբլոկի ԳՏՏ կոմպրեսոր ներծծվող օդի հովացում՝ բարձր ճնշումային մշուշապատման համակարգի միջոցով, մթնոլորտային օդի բարձր ջերմաստիճանների դեպքում հզորության թերարտադրման փոխհատուցման նպատակով:
2. Մշակվել է ԳՏՏ ջերմային հաշվարկի մեթոդ, որը հնարավորություն է տալիս հաշվարկել ցանկացած ԳՏՏ-ի էներգետիկական և արդյունավետության ցուցանիշները կախված կոմպրեսոր ներծծվող օդի պարամետրերից:
3. Առաջարկված ԳՏՏ էներգետիկական և արդյունավետության ցուցանիշների հաշվարկի մեթոդի սխալանքը կազմում է 0,87% ԳՏՏ ՕԳԳ-ի համար և 0,46%՝ հզորության համար:
4. Առաջարկվել է ԳՏՏ կոմպրեսոր ներծծվող օդի ջերմաստիճանի փոփոխության ազդեցությունը ԳՏՏ կոմպրեսորի ճնշման բարձրացման աստիճանի վրա գնահատող փորձնական բանաձև:
5. Առաջարկվել է ԳՏՏ կոմպրեսոր ներծծվող օդի ջերմաստիճանի փոփոխության ազդեցությունը օգտահանիչ կաթսայով շոգետուրբինի զարգացրած հզորության գնահատման մեթոդիկա:
6. Առաջարկվող հովացման համակարգի կիրառման դեպքում ԵրԶԷԿ-ի համակցված էներգաբլոկում հնարավոր է փոխհատուցել տարվա 3808 ժամերի ընթացքում դիտարկվող բարձր ջերմաստիճանով պայմանավորված թերարտադրված 48,8 մլն. կՎտ. ժամ էլ. էներգիայի 68%-ը:

7. Ապացուցվել է ԳՏՏ կոմպրեսոր մատուցվող օդի հովացման համակարգի տեղադրման տեխնիկոտնտեսական շահավետությունը Երևան քաղաքի համար, ԵրԶԷԿ-ի օրինակի վրա: Հաշվարկված կապիտալ ներդրումների ետզնման ժամկետը կազմել է 0,69 տարի:

ՕԳՏԱԳՈՐԾՎԱԾ ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Будаков И.В., Рабенко В.С.** Оптимизация температуры воздуха охлаждения проточной части ГТД-110 // Вестник ИГЭУ.- 2009.- Вып.2.- С. 10-15.
2. **Chaker M., Meher-Homji C. B., Mee T.** Inlet Fogging Of Gas Turbine Engines.- Part A: Fog Droplet Thermodynamics, Heat Transfer And Practical Considerations // ASME paper GT-30562.- 2002.- P. 413-428.
3. **Desideri U.** Performance Analysis Of Gas Turbines Operating At Different Atmospheric Conditions // IGTI ASME COGEN TURBO.- 1994.vol.9.- P. 485-492.
4. **Brooks F.** GE Gas Turbine Performance Characteristics / GE GER-3567H.-2000.- 9 p.
5. **Рудаченко А.В., Чухарева Н.В.** Газотурбинные установки для транспорта природного газа. - Томск: НИТПУ, 2011.- 217 с.
6. **Chaker M., Meher-Homji C. B., Mee T.** Inlet Fogging Of Gas Turbine Engines. Part A: Theory, Psychometrics and fog generation / ASME Paper 2000-GT-307.- 2000.-13 p.
7. **Bacigalupo E., Tasso L. and Zinnari R.G** Power Augmentation Using An Inlet Air Chilling System In A Cogenerative Power Plant Equipped With A Heavy Duty Gas Turbine // ASME Cogen –Turbo.- 1993.-P. 1-10.
8. **De Lucia M., Bronconi R., Carnevale E.** Performance and Economic Enhancement of Cogeneration Gas Turbines Through Compressor inlet Air Cooling / ASME Paper No: 93-GT-71.- 1993.-7 p.
9. **De Lucia M., Lanfranchi C., Boggio V.** Benefits Of Compressor Inlet Air Cooling For Gas Turbine Cogeneration Plants / ASME Paper No: 95-GT-311.-1995.-7 p.
10. **De Piolene, M.** Refrigerated Inlet Cooling For New And Retrofit Installations // Gas Turbine World.- 1993.- P. 216-222.

11. **Giourof A.** Gas-Turbine Inlet Air Cooling: You Can Almost Pick Up Your Pay Back // Power.- 1995.-P. 56-58.
12. **Pankaj K. Patel** Better Power Generation From Gas Turbine Alongwith Improved Heat Rate / Powergen Intl 2000.-Florida, 2000.-6 p.
13. **Ռաֆյան Ռ.Ա.** Գազատուրբինային տեղակայանք տրվող օդի հովացման համակարգեր // ՀՃԱ Լրաբեր.-2010.- Հատոր 7, №1.-էջ 72-73:
14. **Jolly S., Nitzken J. and Shepherd D.** Evaluation Of Combustion Turbine Inlet Air System // Power-Gen Asia.- 1998.-P. 1-12.
15. **Tawney R., Pearson C., Brown M.** Options To Maximize Power Output For Merchant Plants In Combined Cycle Applications / ASME Paper No.2001-GT-0409.- 2001.-8 p.
16. **Chaker M., Meher-Homji C. B., Mee T. and Nicolson A.** Inlet Fogging Of Gas Turbine Engines- Detailed Climatic Analysis Of Gas Turbine Evaporative Cooling Potential // Gas Turbine Power.-2002.-P. 300-309.
17. **De Pascale A., Morini M.** Analysis of Inlet Air Cooling for IGCC Power Augmentation // Energy Procedia.-2014.- 45.-P. 1265-1274.
18. **Ingistov S.** Interstage Injection System For Heavy Duty Industrial Gas Turbine Model 7EA / ASME Paper No. 2001-GT-0407.- 2001.-10 p.
19. **Ingistov S.** Fog System Performance In Power Augmentation Of Heavy Duty Power Generating Gas Turbines GE Frame 7EA // ASME Paper No: 2000-GT-0305.- 2000.-11 p.
20. **Gareta R., Gil A., Romeo L.** The Effect Of Inlet Air Cooling System In Combined Cycle Performance / Centre of Research for Power Plants Efficiency (CIRCE).-2001.-14 p.
21. **Gareta R., Gil A., Romeo L.** Economic Optimization Of Gas Turbine Inlet Air - Cooling System In Combined Cycle Application / Centre of Research for Power Plants Efficiency (CIRCE).-2002.-7 p.
22. **Loud R., Slaterpryce A.** Gas Turbine Inlet Air Treatment / GE GER-3419A. -1991.- 26 p.
23. **Jolly S., Nitzken J., Shepherd D., Eberlein D.** Peaking Capacity Enhancement Of Abb 11n1 With Thermal Energy Storage // Power Generation International.- 1999.-P. 99-107.
24. **McNeilly J.** Application Of Evaporative Coolers For Gas Turbine Power Plants / ASME Paper No. 2000-GT-0303.-2000.-9 p.
25. **Шахши Н., Акул Х.** Системы охлаждения воздуха на входе в газотурбинные установки // Турбины и дизели.- 2011, март-апрель.- С. 8-11.

26. **Jones C. and Jacobs J.** Economics and Technical Considerations for Combined-Cycle Performance Enhancement Options / GE Publication GER-4200.- 2000.-30 p.
27. **Lefebvre A. H.** Atomization and Sprays.- Taylor & Francis Press, 1989.-423 p.
28. **Chaker M., Meher-Homji C.B.** Evaporative Cooling Of Gas Turbine Engines / ASME Paper No. GTP-13-1019.- 2013.-12 p.
29. **Chaker M., Meher-Homji C.B.** Selection of Climatic Design Points for Gas Turbine Power Augmentation // Gas Turbine Power.-2012.-134(4).-P. 37-50.
30. **Hoffmann J.** Inlet Air Cooling Performance and Operation // CEPSI, Paper No. T1-A-39.- 2002.-P. 222-227.
31. **Meher-Homji C. B., Mee T.** Inlet Fogging of Gas Turbine Engines. - Part B: Practical Considerations, Control and O&M Aspect / ASME Paper No.2000-GT-308.-2000.-8 p.
32. **Chaker M., Meher-Homji C.B., Mee T.** Inlet Fogging of Gas Turbine Engines.-Part C: Fog Behavior in Inlet Ducts, CFD Analysis and Wind Tunnel Experiments / ASME Paper N: 2002-GT- 30564.-2002.-13 p.
33. **Bhargava R.K., Meher-Homji C.B.** Gas Turbine Fogging Technology: A State-of-the-Art Review.-Part II: Overspray Fogging—Analytical and Experimental Aspects // Gas Turbine Power.-2006.-129(2).-P. 454-460.
34. **Wilcox E.C. and Trout A.M.** Analysis of Thrust Augmentation of Turbojet Engines by Water Injection at Compressor Inlet Including Charts for Calculating Compression Processes with Water Injection / NACA Report No. 1006.- 1951.-20 p.
35. **Beede W.L., Hamrick J.T. and Withee J.R.** Evaluation of Centrifugal Compressor Performance with Water Injection / NACA RM-E51E21.-1951.-14 p.
36. **Hill P.G.** Aerodynamic and Thermodynamic Effects of Coolant Ingestion on Axial Flow Compressor // Aeronautical Quarterly.- 1963.- P. 333-348.
37. **Zheng Q., Sun Y., Li S. and Wang Y.** The Effects of Wet Compression on the Separated Flow in a Compressor Stage // ASME Paper No. GT2008-50920.- 2008.-P. 219-236.
38. **Utamura M., Kuwahara T., Murata H. and Horii N.** Effects Of Intensive Evaporative Cooling On Performance Characteristics Of Land-Based Gas Turbines // Joint Power Generation Conference, PWR.-1999.-Vol. 34.-P. 321-328.

39. **Horlock J.H.** Compressor Performance with Water Injection / ASME Paper No.2001-GT-0343.-2001.-9 p.
40. **Hartel C. and Pfeiffer P** Model Analysis of High-Fogging effects on the work of Compression / ASME Paper No. GT2003-38117.-2003.-10 p.
41. **White A.J. and Meacock A.J.** An Evaluation of the Effects of Water Injection on Compressor Performance / ASME Paper No. GT2003-38237.-2003.-7 p.
42. **Sexton W.R. and Sexton M.R.** The effects of Wet Compression on Gas Turbine Engine Operating Performance // ASME Paper No. GT2003-38045.-2003.-P. 673-679.
43. **Zheng Q., Li M. and Sun Y.** Thermodynamic Performance of Wet Compression and Regenerative (WCR) Gas Turbine // ASME Paper No. GT2003-38517.-2003.-P. 813-820.
44. **Yan J., Ji X. and Jonsson M.** Thermodynamic Property Models for the Simulation of Advanced Wet Cycles // ASME Paper No. GT2003-38298.-2003.-P. 211-219.
45. **Trewin R.R.** Inlet Temperature Suppression of Inlet Air for Gas Turbine Compressors by Evaporative Cooling of Water Spray // ASME Paper No. GT-2002-30658.- 2002.-P. 519-523.
46. **Jolly S.** Performance Enhancement of GT 24 With Wet Compression // Power Gen International.-2003.-P. 9-20.
47. **Gajjar H., Chaker M., Dighe A. and Meher-Homji C.B.** Inlet Fogging for a 655 MW Combined Cycle Power Plant–Design, Implementation and Operating Experience // ASME Paper No. GT2003-38757.-2003.-P. 853-861.
48. **Utamura M., Takehara I., Horii N. and Kuwahara T.** A New Gas Turbine Cycle for Economical Power Boosting / ASME Paper No. 97-AA-142.- 1997.-10 p.
49. **Li M. and Zheng Q.** Wet Compression System Stability Analysis.- Part I: Compression // ASME Paper No. GT2004-54018.- 2004.-P. 703-712.
50. **Arsen'ev L.V. and Berkovich A.L.** The Parameters of Gas- Turbine Units with Water Injected into the Compressor // Thermal Engineering.-1996.-Vol. 43.- P. 461-465.
51. **Ingistov S.** Interstage Injection System for Heavy Duty Industrial Gas Turbine Model 7EA / ASME Paper No. 2001-GT-407.-2001.-9 p.
52. **Bagnoli M., Bianch M., Melino F., et al** Parametric Study of Interstage Injection on GE Frame 7EA Gas Turbine // ASME Paper No. GT2004-53042.-2004.-P. 489-499.

53. **Williams D.E. and Ritland P.D.** A Pragmatic approach to Evaluation of Inlet Fogging System Effectiveness // International Joint Power Generation Conference.-2003.- Paper No. IJPGC2003-40075.-P. 71-76.
54. **Van Liere J. and Laagland G.H.M.** The TOPHAT Project – Swirl Flash Technology to Reduce Maintenance Costs // KEMA Report No. 00376-KPG/SUP.-1998.-P.114-122.
55. **Van Liere J., Meijer C.G.** Power Augmentation and Nox Reduction of gas turbines by SwirlFlash overspray injection // VGB Powertech.-2002.-82.-P. 51-54.
56. **Van Liere J., Laagland, G.H.M., and Meijer, C.G.** Retrofit of Gas Turbines by Swirlflash Over-Spray / Arnhem, The Netherlands: Alpha Power Systems and KEMA.-2001.-9 p.
57. **Schurmann P., Forsyth J., Padrutt R., Heiniger K.C.** Spray Characterisation downstream of the Swirl Pressure Nozzles in Gas Turbine Fogging and High Fogging Applications / Power Gen International Conference December 9-11.-2003.-14 p.
58. **Lecheler S., Hoffmann J.** The Power of Water in Gas Turbines. ALSTOM's Experience with Air Inlet Cooling // Power-Gen Latin America.-2003.-P. 117-124.
59. **Meher-Homji C.B.** Blading Vibration and Failures in Gas Turbines.-Part A: Blading Dynamics and the Operating Environment / ASME Paper No. 95-GT-418.-1995.-11 p.
60. **Kurz R., Brun K.** Fouling Mechanisms in Axial Compressors // Gas Turbines Power.-2011.-134(3).-P. 24-32.
61. **Meher-Homji C.B., Chaker M., Motiwalla H.** Gas Turbine Performance Deterioration // Proceedings of the 30th Turbomachinery Symposium, Turbomachinery Laboratory, Texas A&M University, Houston.-2001.-P. 139-175
62. **Jolly S.** Wet Compression - A powerful Means of Enhancing Combustion Turbine Capacity // Power-Gen International.-2002.-P. 10-12
63. **Haskell R.W.** Gas Turbine Compressor Operating Environment and Material Evaluation / ASME Paper No: 89-GT-42.-1989.-13 p.
64. **Cataldi G, Guntner H, Matz C, McKay T, Hoffmann J.** Influence of High Fogging Systems on Gas Turbine Engine Operation and Performance // Gas Turbines Power.-2004.-128(1).-P. 135-143.
65. **Nolan J.P. and Twombly V.J.** Gas Turbine Performance Improvement Direct Mixing Evaporative Cooling System / ASME Paper No: 90-GT-368.-1990.-7 p.

66. **Sargsyan G., Balabanyan A., Hankinson D.** From Crisis to Stability in the Armenian Power Sector, Lessons Learned from Armenia's Energy Reform Experience / World Bank Working Paper No.74.: Washington D.C.- 2006.-105p.
67. **Energy Sector Development Strategies in the Context of Economic Development in Armenia.**- August 2005, Adopted by the Government of Armenia at June 23, 2005 session No.1 resolution of No.24 protocol.- 2005.-60p.
68. **Карапетян К.В.** Новое качество энергетической экспортной политики Армении // Проблемы современной экономик.-2009.-N2(30).-С. 73-78.
69. **Charged Decisions: Difficult Choices in Armenia's Energy Sector / A. Balabanyan, A. Kochnakyan, G. Sargsyan et al;** World Bank Working Paper.- 2011.-118p.
70. **Gellings C.W., Barron W.L.** Demand Forecasting in the Electric Utility Industry.- PennWell Pub.,1996.- 324p.
71. **Armenia Power Sector 2006 Least Cost Generation Plan /** prepared by the Ministry of Energy of Republic of Armenia.-2006.-90 p.
72. ՀՀ “Հանրային Ծառայությունները Կարգավորող Հանձնաժողով”-ի կայքի տվյալներ:-2015թ.
73. **Иванов В.А.** Проблемы покрытия переменной части графиков энергопотребления // Теплоэнергетика.-1983.-N6.-С. 2-7.
74. **Мадоян А.А., Аракелян Э.К., Минасян С.А.** Расчет нестационарных характеристик и показателей графиков нагрузки и агрегатов ТЭС.-Ер.: Айастан, 1989.-134 с.
75. **Kehrlofer R.** Combined-cycle gas and steam turbine power plants.-PennWell, 1997.- 388 p.
76. Հայաստանի էներգետիկայի 100 տարին / Լ.Վ. Եղիազարյանի և ուր. խմբագրությամբ.-Եր.: Մեդիա Սոդեյ, 2003.-191 էջ:
77. **Карапетян К.В** Перспективы энергетической безопасности Республики Армения.– Ер.: Эдит Принт, 2008. – 380 с.
78. **Карапетян К.В.** Проблемы регионального сотрудничества и энергетической безопасности в Южно-Кавказском регионе.– Ер.: Эдит Принт, 2008. – 185 с.
79. **Energy Indicators for Sustainable Development: Guidelines and Methodologies.**- Vienna:IAEA Publishing, 2005.-171p.
80. **Giampaolo T.** Gas Turbine Handbook - Principles and Practices 3rd edition.- Fairmonth Press, 2005.-451 p.

81. **Boyce M.P.** Gas Turbine Engineering Handbook.-GP Pub., 2002.-816 p.
82. **Horlock J. H.** Advanced Gas Turbine Cycles.-Elsevier Science, 2003.-230 p.
83. **Шляхин П.Н.** Паровые и газовые турбины.-М.: Энергия,1974.-224 с.
84. **Трухний А.Д.** Расчет тепловых схем парогазовых установок утилизационного типа.-М.: МЭИ, 2001.-24 с.
85. **Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций.** Цанев С.В..-М.:МЭИ,2002-584 с.
86. **Козлов А.Д.** Таблицы стандартных справочных данных. Метан жидкий и газообразный, термодинамические свойства, коэффициенты динамической вязкости и теплопроводности при температурах 91...700К и давлениях 0.1...100 МПа.- М.:ГСССД, 2000.-43 с.
87. **Ռաֆյան Ռ.Ա.** Մաթկադ ֆունկցիաների կիրառությունը ԳՏՏ-ի վառելիքային կոմպրեսորի ջերմային հաշվարկում մեթանի ջերմաքիմիական պարամետրերի որոշման համար // ՀՃԱ Լրաբեր.-2015.- Հատոր 12, №2.-էջ 277-280:
88. **Ռաֆյան Ռ.Ա.** Շրջակա միջավայրի պայմանների ազդեցությունը գազատուրբինային տեղակայանքի արդյունավետության ցուցանիշների վրա // ՀՊՃՀ(Պոլիտեխնիկ) Լրաբեր.-2011.- Հատոր 3, №1.-էջ 385-388:
89. **Ղուլոյան Լ.Տ., Բուրուշյան Ս.Բ.** Ընդհանուր ջերմատեխնիկա. Երկրորդ մաս.-Եր.: Լույս,1978.-312 էջ:
90. **Meher-Homji C.B., Lakshminarasimha A.N., Mani G.** Durability surveillance of advanced gas turbines-Performance and mechanical baseline establishment for GE Frame 7F / ASME Paper No: 93-GT-276.-1993.-11 p.
- 91 **Մարուխյան Ռ.Զ., Ռաֆյան Ռ.Ա.** Գազատուրբինային տեղակայանքի կոմպրեսոր ներծծվող օդի ջերմաստիճանի բարձրացման ազդեցությունը շոգեգազային տեղակայանքի աշխատանքի վրա // Հայաստանի Գիտությունների Ազգային Ակադեմիայի և ՀՊՃՀ Տեղեկագիր.-2011.-Հատոր 64, №3.-էջ 243-249:
92. **Մարուխյան Ռ.Զ., Ռաֆյան Ռ.Ա** Բնակլիմայական պայմանների ազդեցությունը Երևանի ՋԷԿ-ի համակցված էներգաբլոկի աշխատանքի վրա // Հայաստանի Գիտությունների Ազգային Ակադեմիայի և ՀՊՃՀ Տեղեկագիր.-2013.- Հատոր 66, №2.-էջ 120-126:

93. **Barks D.** GT13E2M Dataset D1.1-Status 14.6.02 TN02/1153 / Alstom Power.-2002.-8 p.
94. Справочник по климату СССР. Вып. 16. Армянская ССР. Часть 4.-Л., 1969.-195с.
95. Справочник по климату СССР. Вып.16. Армянская ССР. Часть 2.-Л.,1966.-222с.
96. **Dharam V., Pasteris V.** GT inlet-air cooling boosts output on warm days to increase revenue // Combyned Cycle Journal.-2003.- P. 1-3.
97. **Ռաֆյան Ռ.Ա., Սարուխյան Ռ.Զ., Խաչատրյան Ռ.Գ.** ԳՏՏ կոմպրեսոր ներծծվող օդի ջրային մշուշապատմամբ հովացման համակարգի կիրառման տեխնիկատնտեսական հաշվարկ (ԵրՋԷԿ-Ի օրինակով) // Հայաստանի Գիտությունների Ազգային Ակադեմիայի և ՀԱՊՀ Տեղեկագիր.-2015.-Հատոր 68, №2.-էջ 163-168:

ՀԱՎԵԼՎԱԾ

Հավելված 1. QSS-ի էներգետիկական ցուցանիշների հաշվարկի ծրագիր

```
Public Class Form1
    Declare Function wspPST Lib "OKAWSP6.dll" (ByVal t As Double) As Double
    Declare Function wspPSUBT Lib "OKAWSP6.dll" (ByVal t As Double) As Double
    Declare Function wspgNEWID Lib "OKAWSP6.dll" () As Integer
    Declare Function wspgHIDT Lib "OKAWSP6.dll" (ByVal id As Integer, ByVal t As Double) As Double
    Declare Function wspgADDGASV Lib "OKAWSP6.dll" (ByVal id As Integer, ByVal id As Integer, ByVal v As Double) As Double
    Declare Function wspgADDGASM Lib "OKAWSP6.dll" (ByVal id As Integer, ByVal id As Integer, ByVal m As Double) As Double
    Declare Function wspgSIDT Lib "OKAWSP6.dll" (ByVal id As Integer, ByVal t As Double) As Double
    Declare Function wspgVFIDID Lib "OKAWSP6.dll" (ByVal id As Integer, ByVal id As Integer) As Double
    Declare Function wspgMMID Lib "OKAWSP6.dll" (ByVal id As Integer) As Double
    Declare Function wspgTIDPS Lib "OKAWSP6.dll" (ByVal id As Integer, ByVal p As Double, ByVal t As Double) As Double
    Declare Function wspgTIDH Lib "OKAWSP6.dll" (ByVal id As Integer, ByVal h As Double) As Double
    Declare Function wspgSIDPT Lib "OKAWSP6.dll" (ByVal id As Integer, ByVal p As Double, ByVal t As Double) As Double
    Declare Function wspgVIDT Lib "OKAWSP6.dll" (ByVal id As Integer, ByVal t As Double) As Double
    Declare Function wspgVIDPT Lib "OKAWSP6.dll" (ByVal id As Integer, ByVal p As Double, ByVal t As Double) As Double

    Dim aCH4() As Double = {146.696186 * 10 ^ 0, -65.6744186 * 10 ^ 0, 20.2698132 * 10 ^ 0, -4.20931854 * 10 ^ 0, 0.606743008 * 10 ^ 0, -0.0612623969 * 10 ^ 0, 4.30969226 * 10 ^ -3, -2.06597572 * 10 ^ -4, 6.4262581 * 10 ^ -6, -1.1680563 * 10 ^ -7, 9.4095893 * 10 ^ -10}
    Dim bCH4() As Double = {-209.233731 * 10 ^ 0, 206.925203 * 10 ^ 0, -135.704831 * 10 ^ 0, 56.4368924 * 10 ^ 0, -13.4496111 * 10 ^ 0, 1.39664152 * 10 ^ 0}
    Dim P0CH4 As Double = 101325 'Pa'
    Dim T0CH4 As Double = 100 'K'
```

```

Dim MMCH4 As Double = 16.0426
Dim Rg As Double = 8.31451
Dim RCH4 As Double = Rg / MMCH4
Dim S0_CH4 As Double = 17.9779 * RCH4
Dim h0_CH4 As Double = 3.9823 * RCH4 * T0CH4
Dim delta As Double = 0.001

```

```

Public Function Cp0_CH4_t(ByVal T As Double) As Double
    Dim aSum As Double = 0
    Dim bSum As Double = 0
    Dim TR As Double = T / T0CH4
    For i = 0 To 10
        aSum += aCH4(i) * (TR ^ i)
    Next
    bSum = 0
    For i = 1 To 6
        bSum += bCH4(i - 1) * ((1 / TR) ^ i)
    Next
    Return (aSum + bSum) * RCH4
End Function

```

```

Public Function h0_CH4_t(ByVal T As Double) As Double
    Dim integral As Double = 0
    For i = T0CH4 To T Step delta
        integral += Cp0_CH4_t(i) * delta
    Next
    Return (integral + h0_CH4)
End Function

```

```

Public Function S0_CH4_t(ByVal T As Double) As Double
    Dim integral As Double = 0
    For i = T0CH4 To T Step delta
        integral += Cp0_CH4_t(i) / i * delta
    Next
    Return (integral + S0_CH4)
End Function

```

```

Public Function S0_CH4_p_t(ByVal T As Double, ByVal P As Double) As
Double
    Return (S0_CH4_t(T) - RCH4 * Math.Log(P / P0CH4))
End Function

```

```

Public Function Secant(ByVal P As Double, ByVal T As Double, ByVal S0
As Double)
    Dim x(7) As Double
    x(1) = 100
    x(2) = 700
    'Dim S0 As Double = S0_CH4_p_t(T, P)

```

```

    For n = 2 To 6
        'x(n + 1) = x(n) - (x(n) ^ 7 - 1000) / ((x(n) ^ 7 - x(n - 1)
^ 7) / (x(n) - x(n - 1)))
        x(n + 1) = x(n) - (S0_CH4_p_t(x(n), P) - S0) /
((S0_CH4_p_t(x(n), P) - S0_CH4_p_t(x(n - 1), P)) / (x(n) - x(n - 1)))

    Next
    Return x(7)
End Function

```

```

Private Sub Form1_Load(sender As Object, e As EventArgs) Handles
 MyBase.Load

```

```

End Sub

```

```

Private Sub Button1_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles
 Button1.Click

```

```

    Dim inp_T_d_od As Double = TextBox_T_d_od.Text
    Dim inp_P_d_od As Double = TextBox_P_d_od.Text
    Dim inp_fi_d_od As Double = Textbox_fi_d_od.Text
    Dim inp_Q_s_b As Double = Textbox_Q_s_b.Text
    Dim inp_P_v As Double = Textbox_P_v.Text
    Dim inp_t_v As Double = Textbox_t_v.Text
    Dim inp_Delta_P_v_k As Double = Textbox_Delta_P_v_k.Text
    Dim inp_Pi_k As Double = Textbox_Pi_k.Text
    Dim inp_t_GT As Double = Textbox_t_GT.Text
    Dim inp_etta_k As Double = Textbox_etta_k.Text
    Dim inp_etta_GT As Double = Textbox_etta_GT.Text
    Dim inp_etta_v_k As Double = Textbox_etta_v_k.Text
    Dim inp_delta_P_a_k As Double = Textbox_delta_P_a_k.Text
    Dim inp_delta_P_GT As Double = Textbox_delta_P_GT.Text
    Dim inp_etta_a_k As Double = Textbox_etta_a_k.Text

    Dim P_s_d_od As Double = wspPST(inp_T_d_od + 273.15)
    Dim d_d_od As Double = (wspgMMID(4) / wspgMMID(13)) * inp_fi_d_od
* P_s_d_od / (inp_P_d_od * 101325 - inp_fi_d_od * P_s_d_od / 100) / 100
    Dim x1_d_od As Double = d_d_od / (1 + d_d_od) * 100
    Dim x_d_od As Double = wspgMMID(13) / wspgMMID(4) * d_d_od * 100

    Dim id_d_od As Integer = wspgNEWID()
    Dim xx As Double = wspgADDGASV(id_d_od, 13, 1)
    Dim yy As Double = wspgADDGASV(id_d_od, 4, x_d_od / 100)
    Dim h_d_od As Double = wspgHIDT(id_d_od, inp_T_d_od + 273.15) /
1000
    Dim s_d_od As Double = wspgSIDPT(id_d_od, inp_P_d_od * 101325,
inp_T_d_od + 273.15) / 1000
    Dim ro_od As Double = 1 / wspgVIDPT(id_d_od, inp_P_d_od * 101325,
inp_T_d_od + 273.15)
    Dim x02v As Double = wspgVFIDID(13, 1) * 100

```



```

Dim xH2v As Double = wspgVFIDID(13, 12) * 100
Dim V0n As Double = 2 / (xO2v - 0.5 * xH2v) * 100
Dim V0N2n As Double = wspgVFIDID(13, 0) * V0n
Dim V0CO2n As Double = wspgVFIDID(13, 3) * V0n + 1
Dim V0H2On As Double = V0n * xH2v / 100 + 2
Dim V0Arn As Double = wspgVFIDID(13, 10) * V0n
Dim MMtopl As Double = MMCH4 'gm/mol'
'Dim rotopl As Double = MMtopl * P0 / Rm / T0 * 1000
Dim L0 As Double = V0n * wspgMMID(13) / MMtopl * 1000
Dim id0ps As Double = wspgNEWID()
Dim N2add As Double = wspgADDGASV(id0ps, 0, V0N2n)
Dim CO2add As Double = wspgADDGASV(id0ps, 3, V0CO2n)
Dim H2Oadd As Double = wspgADDGASV(id0ps, 4, V0H2On + V0n *
x_d_od / 100)
Dim Aradd As Double = wspgADDGASV(id0ps, 10, V0Arn)

Dim h0psngt As Double = wspgHIDT(id0ps, inp_t_GT + 273.15) / 1000

Dim pnk As Double = inp_P_d_od * 0.101325
Dim snk As Double = wspgSIDPT(id_d_od, pnk * 1000000, inp_T_d_od
+ 273.15) / 1000
Dim Pkk As Double = inp_Pi_k * pnk
Dim tkk0 As Double = wspgTIDPS(id_d_od, Pkk * 1000000, snk *
1000) - 273.15
Dim hkk0 As Double = wspgHIDT(id_d_od, tkk0 + 273.15) / 1000
Dim deltahk0 As Double = hkk0 - h_d_od
Dim deltahk As Double = deltahk0 / (inp_etta_k / 100)
Dim hkk As Double = h_d_od + deltahk
Dim tkk As Double = wspgTIDH(id_d_od, hkk * 1000) - 273.15
Dim skk As Double = wspgSIDPT(id_d_od, Pkk * 1000000, tkk +
273.15) / 1000

'vareliqayin kompresori hashvark'

Dim hvar As Double = h0_CH4_t(inp_t_v + 273.15)
Dim svar As Double = S0_CH4_p_t(inp_t_v + 273.15, inp_P_v *
1000000)
Dim ptopl_ks As Double = Pkk + inp_Delta_P_v_k

Dim tktk0 As Double = Secant(ptopl_ks * 1000000, inp_t_v +
273.15, svar)
Dim hktk0 As Double = h0_CH4_t(tktk0)
Dim deltahtk0 As Double = hktk0 - hvar
Dim deltahtk As Double = deltahtk0 / (inp_etta_v_k / 100)
Dim hktk As Double = hvar + deltahtk

'Ayrman kamerayi hashvark'
Dim hnv_ngt As Double = wspgHIDT(id_d_od, inp_t_GT + 273.15) /
1000

```

```

'1 kg vareliqi bervac odi avelcuki gorcakiç@'
'bolor entalpianer@ berenq Qsb-i voroshman jermastichanin, ayn e
0 °C'
Dim h0_CH4_qsb As Double = h0_CH4_t(273.15)
Dim hkk_qsb As Double = hkk - wspgHIDT(id_d_od, 273.15) / 1000
'kJ/kg'
Dim h0_ps_ngt_qsb As Double = h0psngt - wspgHIDT(id0ps, 273.15) /
1000 'kJ/kg'
Dim hktk_qsb As Double = hktk - h0_CH4_qsb 'kJ/kg'
Dim hnv_ngt_qsb As Double = hnv_ngt - wspgHIDT(id_d_od, 273.15) /
1000 'kJ/kg'
Dim gv_izb As Double = (hkk_qsb * L0 - (L0 + 1) * h0_ps_ngt_qsb +
hktk_qsb + inp_Q_s_b * 1000 * inp_etta_a_k / 100) / (hnv_ngt_qsb -
hkk_qsb)

Dim alfaks As Double = (gv_izb + L0) / L0

Dim idr As Integer = wspgNEWID()
Dim vv As Double = wspgADDGASM(idr, id_d_od, gv_izb)
Dim ccc As Double = wspgADDGASM(idr, id0ps, (L0 + 1))
Dim hngt As Double = wspgHIDT(idr, inp_t_GT + 273.15) / 1000
'kJ/kg'

'balansi stugum'

Dim hnt_qsb As Double = hngt - wspgHIDT(idr, 273.15) / 1000

Dim stug1 As Double = (((gv_izb + L0) * hkk_qsb + hktk_qsb +
inp_Q_s_b * 1000) * inp_etta_a_k / 100 - (gv_izb + L0 + 1) * hnt_qsb) /
(gv_izb + L0 + 1) / hnt_qsb
Dim stug2 As Double = ((1 + alfaks * L0) * hnt_qsb - (alfaks * L0
* hkk_qsb + 1 * (inp_Q_s_b * 1000 + hktk_qsb)) * inp_etta_a_k / 100) /
(alfaks * L0 * hkk_qsb + 1 * (inp_Q_s_b * 1000 * inp_etta_a_k / 100 +
hktk_qsb))

'Gazaturbini hashvark'

Dim pngt As Double = Pkk * (1 - inp_delta_P_a_k / 100) 'MPa'
Dim sngt As Double = wspgSIDPT(idr, pngt * 1000000, inp_t_GT +
273.15) / 1000 'KJ/(kg°C)'
Dim pkgt As Double = inp_P_d_od * 0.101325 * (1 + inp_delta_P_GT
/ 100) 'MPa'
Dim tkgt0 As Double = wspgTIDPS(idr, pkgt * 1000000, sngt * 1000)
- 273.15 '°C'
Dim hkgt0 As Double = wspgHIDT(idr, tkgt0 + 273.15) / 1000
'Kj/kg'
Dim deltagt0 As Double = hngt - hkgt0 'Kj/kg'
Dim deltagt As Double = deltagt0 * inp_etta_GT / 100 'Kj/kg'

```

```

Dim hkgt As Double = hngt - deltahtg 'Kj/kg'
Dim tkgt As Double = wspgTIDH(idr, hkgt * 1000) - 273.15 '°C'
Dim skgt As Double = wspgSIDPT(idr, pkg * 1000000, tkgt +
273.15) / 1000 'KJ/(kg°C)'
Dim X02_yx As Double = wspgVFIDID(idr, 1) * 100 '%'

'GTT-i energetikakan cucanishneri hashvark'

Dim Ni_k As Double = deltahtk * (gv_izb + L0) / 1000 ' MVt/(kg/v)'
Dim Ni_gt As Double = deltahtg * (gv_izb + L0 + 1) / 1000 '
Mvt/(kg/v)'
Dim Ni_vk As Double = deltahtk * 1 / 1000 ' MVt/(kg/v)'
Dim Ni As Double = Ni_gt - Ni_k - Ni_vk / 0.96
Dim etta_gtt As Double = Ni / inp_Q_s_b * 100
Dim Ni_od As Double = Ni / (L0 + gv_izb)
Dim Q As Double = hkgt * (428.652016738557 * ro_od +
428.652016738557 * ro_od / (L0 + gv_izb))

TextBox_Ro.Text = ro_od
TextBox_Q.Text = Q
TextBox_Ni_k.Text = Ni_k
TextBox_Ni_GT.Text = Ni_gt
TextBox_Ni_vk.Text = Ni_vk
TextBox_Ni.Text = Ni
TextBox_etta_GTT.Text = etta_gtt
TextBox_Ni_od.Text = Ni_od
TextBox_Stug_1.Text = stug1
TextBox_Stug_2.Text = stug2
TextBox_d_d_od.Text = d_d_od
TextBox_N_GT.Text = 428.652016738557 * ro_od * Ni_od
End Sub
End Class

```

Ելակետային տվյալներ

բազային ճնշում

$$P_{0_CH4} := 101325 \text{ Pa}$$

բազային ջերմաստիճան

$$T_{0_CH4} := 100 \text{ K}$$

մոլեկուլյար կշիռ

$$MM_{CH4} := 16.0426 \frac{\text{gm}}{\text{mole}}$$

տեսակարար գազային հաստատուն

$$R_{CH4} := \frac{8.31451 \frac{\text{joule}}{\text{mole} \cdot \text{K}}}{MM_{CH4}} \quad R_{CH4} = 518.2769625871118 \frac{\text{joule}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

Հավելված 2. Մերանի

տեսակարար էնտրոպիա բազային ջերմաստիճանի դեպքում

$$s_{0_CH4} := 17.9779 R_{CH4} \quad s_{0_CH4} = 9317.5314056948394 \frac{\text{joule}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

տեսակարար էնթալպիա բազային ջերմաստիճանի դեպքում

$$h_{0_CH4} := 3.9823 R_{CH4} T_{0_CH4}$$

ջերմաֆիզիկական պարամետրերի հաշվարկի ծրագիր

$$h_{0_CH4} = 206.3934348110655 \frac{10^3 \cdot \text{joule}}{\text{kg}}$$

հավասարման գործակիցներ

$$a_{CH4} := \begin{pmatrix} 146.69618810^0 \\ -65.674418810^0 \\ 20.269813210^0 \\ -4.2093184810^0 \\ 0.60674300810^0 \\ -0.061262396910^0 \\ 4.3096922810^{-3} \\ -2.0659757210^{-4} \\ 6.426158110^{-6} \\ -1.168056310^{-7} \\ 9.409589310^{-10} \end{pmatrix}$$

$$b_{CH4} := \begin{pmatrix} -209.23373110^0 \\ 206.92520310^0 \\ -135.70483110^0 \\ 56.436892410^0 \\ -13.449611110^0 \\ 1.3966415210^0 \end{pmatrix}$$

Ֆունկցիաների տեսքը

տեսակարար իզոբար ջերմունակություն

$$c_{p_0_CH4_t}(T) := \begin{cases} TR \leftarrow \frac{T}{T_{0_CH4}} \\ Res \leftarrow \sum_{i=0}^{10} \left(a_{CH4_i} \cdot TR^i \right) + \sum_{i=1}^6 \left[b_{CH4_i-1} \cdot \left(\frac{1}{TR} \right)^i \right] \\ Res \cdot R_{CH4} \end{cases}$$

տեսակարար էնթալպիա

$$h_{0_CH4_t}(T) := \int_{T_{0_CH4}}^T c_{p_0_CH4_t}(t) dt + h_{0_CH4}$$

տեսակարար էնտրոպիա

$$s_{0_CH4_t}(T) := \int_{T_{0_CH4}}^T \frac{c_{p_0_CH4_t}(t)}{t} dt + s_{0_CH4}$$

$$s_{CH4_pt}(P, T) := s_{0_CH4_t}(T) - R_{CH4} \cdot \ln\left(\frac{P}{P_{0_CH4}}\right)$$

Հակադարձ ֆունկցիաներ

ջերմաստիճանը, որպես ֆունկցիա տեսակարար էնթալպիայից

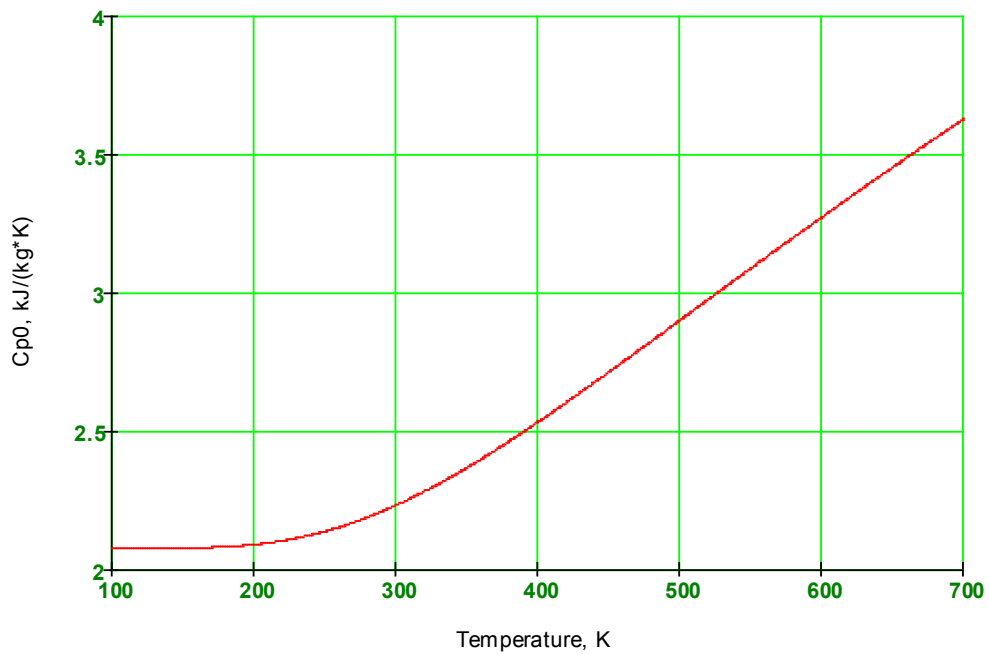
$$t_{CH4_h0}(h0) := \begin{cases} t \leftarrow 298.15K \\ \text{root}(h_{0_CH4_t}(t) - h0, t) \end{cases}$$

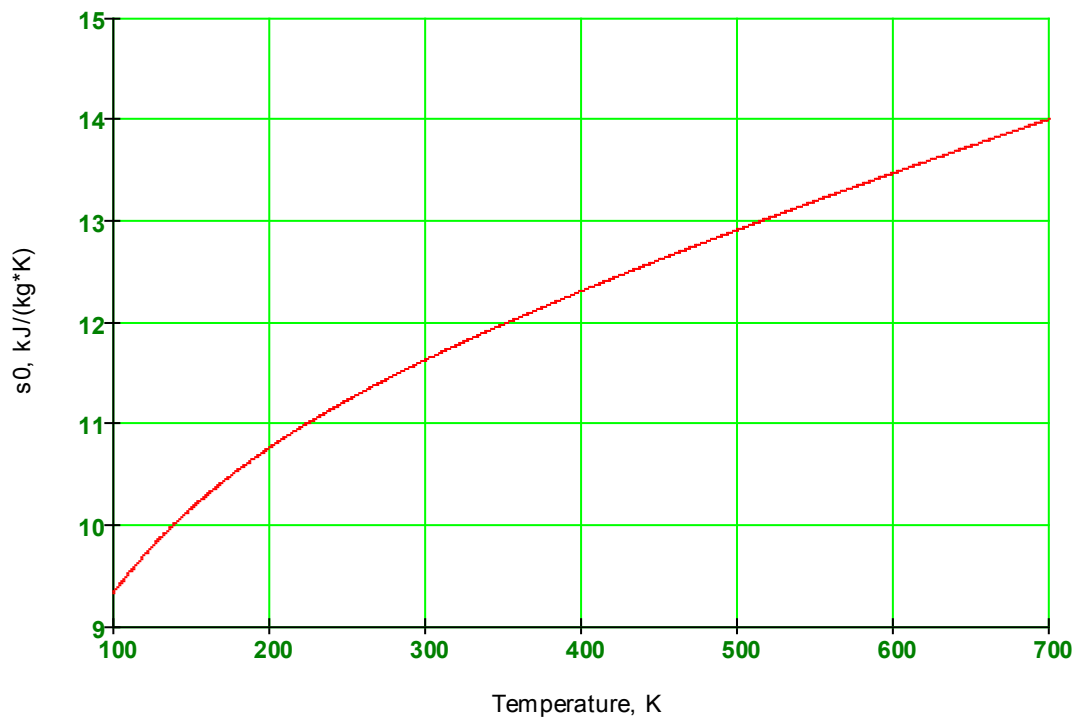
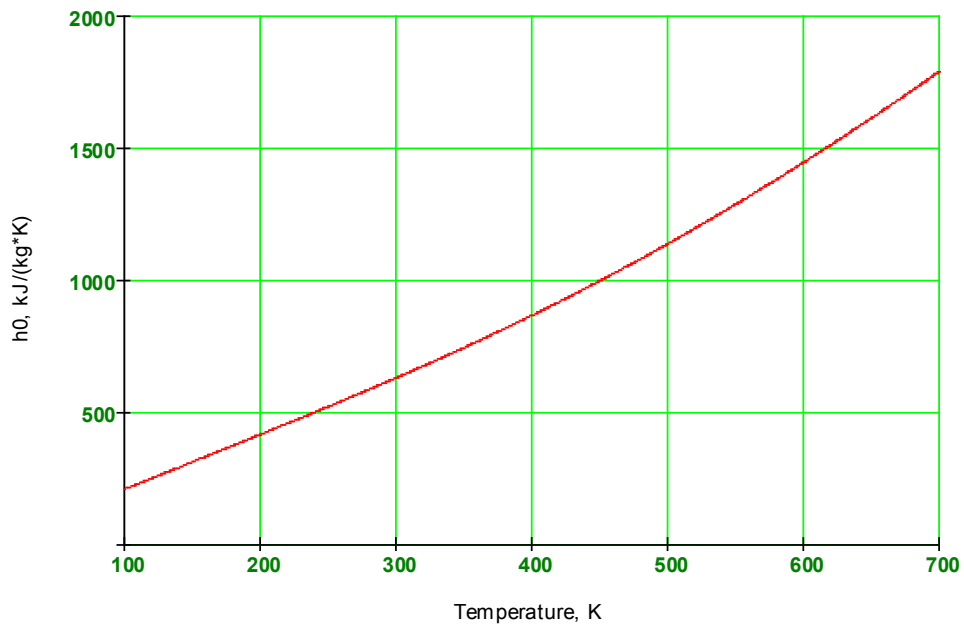
ջերմաստիճանը, որպես ֆունկցիա տեսակարար էնտրոպիայից

$$t_{\text{CH}_4_{s0}}(s0) := \begin{cases} t \leftarrow 298.15\text{K} \\ \text{root}(s_{0_{\text{CH}_4_t}}(t) - s0, t) \end{cases}$$

$$t_{\text{CH}_4_{ps}}(p, s0) := \begin{cases} t \leftarrow 298.15\text{K} \\ \text{root}(s_{\text{CH}_4_{pt}}(p, t) - s0, t) \end{cases}$$

Գրաֆիկական կախումներ





Հավելված 3

Աղյուսակ 1.

Պարզ ՊՏՏ-ի էներգետիկական ցուցանիշների կախվածությունը ՊՏՏ կոմպրեսոր ներծծվող օդի հարաբերական խոնավությունից, կոմպրեսորում ճնշման բարձրացման աստիճանի տարբեր արժեքների դեպքում

| ՊԿ | t, °C | φ, % | Ni_կ, ՄՎտ/(կգ/վ) | Ni_ԳՏ, ՄՎտ/(կգ/վ) | Ni_ՎԿ, ՄՎտ/(կգ/վ) | Ni, ՄՎտ/(կգ/վ) | Ni_ԳՏ_օդ, ՄՎտ/(կգ/վ) | ηԳՏՏ, % | t_ԳՏ_h, °C |
|----|-------|------|------------------|-------------------|-------------------|----------------|----------------------|---------|------------|
| 13 | 15 | 0 | 17.263 | 34.432 | 0.235 | 16.924 | 0.356 | 33.816 | 627.780 |
| 13 | 15 | 10 | 17.252 | 34.418 | 0.235 | 16.921 | 0.356 | 33.810 | 627.966 |
| 13 | 15 | 20 | 17.241 | 34.404 | 0.235 | 16.918 | 0.356 | 33.804 | 628.151 |
| 13 | 15 | 30 | 17.231 | 34.390 | 0.235 | 16.915 | 0.357 | 33.798 | 628.336 |
| 13 | 15 | 40 | 17.220 | 34.377 | 0.235 | 16.912 | 0.357 | 33.793 | 628.521 |
| 13 | 15 | 50 | 17.209 | 34.363 | 0.235 | 16.909 | 0.357 | 33.787 | 628.706 |
| 13 | 15 | 60 | 17.198 | 34.349 | 0.235 | 16.906 | 0.358 | 33.781 | 628.890 |
| 13 | 15 | 70 | 17.187 | 34.335 | 0.235 | 16.903 | 0.358 | 33.775 | 629.075 |
| 13 | 15 | 80 | 17.176 | 34.321 | 0.235 | 16.900 | 0.358 | 33.769 | 629.259 |
| 13 | 15 | 90 | 17.165 | 34.307 | 0.235 | 16.897 | 0.359 | 33.763 | 629.443 |
| 13 | 15 | 100 | 17.154 | 34.294 | 0.235 | 16.894 | 0.359 | 33.757 | 629.627 |

| πλ | t, °C | φ,% | Ni _l , U _վ /(կգ/վ) | Ni _{գS} , U _վ /(կգ/վ) | Ni _{վԿ} , U _վ /(կգ/վ) | Ni, U _վ /(կգ/վ) | Ni _{գS_օղ} , U _վ /(կգ/վ) | η _{գSS} , % | t _{գS_h} , °C |
|----|-------|-----|---|---|---|----------------------------|--|-------------------------|---------------------------|
| 14 | 15 | 0 | 18.259 | 35.722 | 0.248 | 17.204 | 0.356 | 34.377 | 614.426 |
| 14 | 15 | 10 | 18.247 | 35.707 | 0.248 | 17.202 | 0.356 | 34.371 | 614.614 |
| 14 | 15 | 20 | 18.235 | 35.692 | 0.248 | 17.199 | 0.356 | 34.366 | 614.801 |
| 14 | 15 | 30 | 18.223 | 35.678 | 0.248 | 17.196 | 0.357 | 34.360 | 614.989 |
| 14 | 15 | 40 | 18.211 | 35.663 | 0.248 | 17.193 | 0.357 | 34.354 | 615.176 |
| 14 | 15 | 50 | 18.199 | 35.648 | 0.248 | 17.190 | 0.358 | 34.349 | 615.363 |
| 14 | 15 | 60 | 18.187 | 35.633 | 0.248 | 17.187 | 0.358 | 34.343 | 615.550 |
| 14 | 15 | 70 | 18.175 | 35.619 | 0.248 | 17.184 | 0.358 | 34.337 | 615.736 |
| 14 | 15 | 80 | 18.164 | 35.604 | 0.248 | 17.182 | 0.359 | 34.332 | 615.923 |
| 14 | 15 | 90 | 18.152 | 35.589 | 0.248 | 17.179 | 0.359 | 34.326 | 616.110 |
| 14 | 15 | 100 | 18.140 | 35.575 | 0.248 | 17.176 | 0.359 | 34.320 | 616.296 |

| πλ | t, °C | φ,% | Ni _l , U _վ /(կգ/վ) | Ni _{գS} , U _վ /(կգ/վ) | Ni _{վԿ} , U _վ /(կգ/վ) | Ni, U _վ /(կգ/վ) | Ni _{գS_օղ} , U _վ /(կգ/վ) | η _{գSS} , % | t _{գS_h} , °C |
|----|-------|-----|---|---|---|----------------------------|--|-------------------------|---------------------------|
| 15 | 15 | 0 | 19.233 | 36.957 | 0.261 | 17.451 | 0.355 | 34.870 | 602.171 |
| 15 | 15 | 10 | 19.221 | 36.941 | 0.261 | 17.448 | 0.356 | 34.865 | 602.360 |
| 15 | 15 | 20 | 19.208 | 36.925 | 0.261 | 17.446 | 0.356 | 34.859 | 602.550 |
| 15 | 15 | 30 | 19.195 | 36.910 | 0.261 | 17.443 | 0.356 | 34.854 | 602.739 |
| 15 | 15 | 40 | 19.182 | 36.894 | 0.261 | 17.440 | 0.357 | 34.848 | 602.928 |
| 15 | 15 | 50 | 19.169 | 36.879 | 0.261 | 17.437 | 0.357 | 34.843 | 603.117 |
| 15 | 15 | 60 | 19.156 | 36.863 | 0.261 | 17.435 | 0.358 | 34.837 | 603.306 |
| 15 | 15 | 70 | 19.144 | 36.848 | 0.261 | 17.432 | 0.358 | 34.832 | 603.495 |
| 15 | 15 | 80 | 19.131 | 36.832 | 0.261 | 17.429 | 0.358 | 34.826 | 603.683 |
| 15 | 15 | 90 | 19.118 | 36.817 | 0.261 | 17.426 | 0.359 | 34.821 | 603.872 |
| 15 | 15 | 100 | 19.105 | 36.801 | 0.261 | 17.424 | 0.359 | 34.815 | 604.060 |
| πλ | t, °C | φ,% | Ni _l , U _վ /(կգ/վ) | Ni _{գS} , U _վ /(կգ/վ) | Ni _{վԿ} , U _վ /(կգ/վ) | Ni, U _վ /(կգ/վ) | Ni _{գS_օղ} , U _վ /(կգ/վ) | η _{գSS} , % | t _{գS_h} , °C |

| | | | | | | | | | |
|----|----|-----|--------|--------|-------|--------|-------|--------|---------|
| 16 | 15 | 0 | 20.190 | 38.144 | 0.273 | 17.669 | 0.354 | 35.306 | 590.859 |
| 16 | 15 | 10 | 20.177 | 38.127 | 0.273 | 17.666 | 0.355 | 35.300 | 591.050 |
| 16 | 15 | 20 | 20.163 | 38.111 | 0.273 | 17.664 | 0.355 | 35.295 | 591.241 |
| 16 | 15 | 30 | 20.149 | 38.095 | 0.273 | 17.661 | 0.356 | 35.290 | 591.432 |
| 16 | 15 | 40 | 20.135 | 38.078 | 0.273 | 17.658 | 0.356 | 35.284 | 591.623 |
| 16 | 15 | 50 | 20.121 | 38.062 | 0.273 | 17.656 | 0.356 | 35.279 | 591.814 |
| 16 | 15 | 60 | 20.108 | 38.045 | 0.273 | 17.653 | 0.357 | 35.274 | 592.005 |
| 16 | 15 | 70 | 20.094 | 38.029 | 0.273 | 17.651 | 0.357 | 35.269 | 592.195 |
| 16 | 15 | 80 | 20.080 | 38.013 | 0.273 | 17.648 | 0.357 | 35.263 | 592.386 |
| 16 | 15 | 90 | 20.067 | 37.996 | 0.273 | 17.645 | 0.358 | 35.258 | 592.576 |
| 16 | 15 | 100 | 20.053 | 37.980 | 0.273 | 17.643 | 0.358 | 35.253 | 592.766 |

| πϋ | t, °C | φ, % | Ni _л , Уқын/(лқ/л) | Ni _{қS} , Уқын/(лқ/л) | Ni _{қҒ} , Уқын/(лқ/л) | Ni, Уқын/(лқ/л) | Ni _{қS_оң} , Уқын/(лқ/л) | η _{қSS} , % | t _{қS_h} , °C |
|----|-------|------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------|-----------------------------------|-------------------------|---------------------------|
| 17 | 15 | 0 | 21.132 | 39.290 | 0.285 | 17.862 | 0.353 | 35.691 | 580.367 |
| 17 | 15 | 10 | 21.117 | 39.273 | 0.285 | 17.859 | 0.354 | 35.686 | 580.559 |
| 17 | 15 | 20 | 21.102 | 39.256 | 0.285 | 17.857 | 0.354 | 35.681 | 580.752 |
| 17 | 15 | 30 | 21.088 | 39.238 | 0.285 | 17.854 | 0.354 | 35.676 | 580.945 |
| 17 | 15 | 40 | 21.073 | 39.221 | 0.285 | 17.852 | 0.355 | 35.671 | 581.137 |
| 17 | 15 | 50 | 21.058 | 39.204 | 0.285 | 17.849 | 0.355 | 35.665 | 581.330 |
| 17 | 15 | 60 | 21.043 | 39.187 | 0.285 | 17.847 | 0.355 | 35.660 | 581.522 |
| 17 | 15 | 70 | 21.029 | 39.169 | 0.285 | 17.844 | 0.356 | 35.655 | 581.714 |
| 17 | 15 | 80 | 21.014 | 39.152 | 0.285 | 17.842 | 0.356 | 35.650 | 581.906 |
| 17 | 15 | 90 | 20.999 | 39.135 | 0.285 | 17.839 | 0.357 | 35.645 | 582.098 |
| 17 | 15 | 100 | 20.985 | 39.118 | 0.285 | 17.836 | 0.357 | 35.640 | 582.290 |
| πϋ | t, °C | φ, % | Ni _л , Уқын/(лқ/л) | Ni _{қS} , Уқын/(лқ/л) | Ni _{қҒ} , Уқын/(лқ/л) | Ni, Уқын/(лқ/л) | Ni _{қS_оң} , Уқын/(лқ/л) | η _{қSS} , % | t _{қS_h} , °C |
| 18 | 15 | 0 | 22.060 | 40.400 | 0.296 | 18.033 | 0.352 | 36.032 | 570.591 |
| 18 | 15 | 10 | 22.044 | 40.382 | 0.296 | 18.030 | 0.352 | 36.027 | 570.785 |

| | | | | | | | | | |
|----|----|-----|--------|--------|-------|--------|-------|--------|---------|
| 18 | 15 | 20 | 22.028 | 40.364 | 0.296 | 18.028 | 0.352 | 36.022 | 570.980 |
| 18 | 15 | 30 | 22.012 | 40.346 | 0.296 | 18.025 | 0.353 | 36.018 | 571.174 |
| 18 | 15 | 40 | 21.997 | 40.328 | 0.296 | 18.023 | 0.353 | 36.013 | 571.368 |
| 18 | 15 | 50 | 21.981 | 40.310 | 0.296 | 18.021 | 0.354 | 36.008 | 571.561 |
| 18 | 15 | 60 | 21.965 | 40.292 | 0.296 | 18.018 | 0.354 | 36.003 | 571.755 |
| 18 | 15 | 70 | 21.950 | 40.274 | 0.296 | 18.016 | 0.354 | 35.998 | 571.949 |
| 18 | 15 | 80 | 21.934 | 40.256 | 0.296 | 18.013 | 0.355 | 35.994 | 572.142 |
| 18 | 15 | 90 | 21.918 | 40.238 | 0.296 | 18.011 | 0.355 | 35.989 | 572.335 |
| 18 | 15 | 100 | 21.903 | 40.220 | 0.296 | 18.008 | 0.355 | 35.984 | 572.528 |

Աղյուսակ 2.

Պարզ ԳՏՏ-ի էներգետիկական ցուցանիշների կախվածությունը կոմպրեսոր ներծծվող օդի ջերմաստիճանից, կոմպրեսորում ճնշման բարձրացման տարբեր աստիճանների դեպքում

| πկ | տ _ր , °C | φ, % | Ni _լ , ՄՎտ/(կգ/վ) | Ni _{ԳՏ} , ՄՎտ/(կգ/վ) | Ni _{ՎԿ} , ՄՎտ/(կգ/վ) | Ni, ՄՎտ/(կգ/վ) | Ni _{ԳՏ_օդ} , ՄՎտ/(կգ/վ) | ηԳՏՏ, % | t _{ԳՏ_հ} , °C |
|----|---------------------|------|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------|-------------------------------------|------------|---------------------------|
| 13 | 15 | 60 | 17.198 | 34.349 | 0.235 | 16.906 | 0.358 | 33.781 | 628.890 |

| 13 | 16 | 60 | 17.293 | 34.420 | 0.235 | 16.883 | 0.357 | 33.734 | 628.925 |
|----|---------------------|------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------|--------------------------------------|------------|---------------------------|
| 13 | 17 | 60 | 17.388 | 34.492 | 0.235 | 16.859 | 0.355 | 33.687 | 628.964 |
| 13 | 18 | 60 | 17.483 | 34.563 | 0.235 | 16.835 | 0.354 | 33.640 | 629.008 |
| 13 | 19 | 60 | 17.578 | 34.634 | 0.235 | 16.811 | 0.353 | 33.592 | 629.056 |
| 13 | 20 | 60 | 17.673 | 34.706 | 0.235 | 16.787 | 0.352 | 33.544 | 629.109 |
| 13 | 21 | 60 | 17.768 | 34.777 | 0.235 | 16.763 | 0.351 | 33.495 | 629.167 |
| 13 | 22 | 60 | 17.864 | 34.848 | 0.235 | 16.739 | 0.350 | 33.447 | 629.231 |
| 13 | 23 | 60 | 17.959 | 34.918 | 0.235 | 16.714 | 0.349 | 33.398 | 629.300 |
| 13 | 24 | 60 | 18.054 | 34.989 | 0.235 | 16.690 | 0.348 | 33.348 | 629.375 |
| 13 | 25 | 60 | 18.150 | 35.060 | 0.235 | 16.665 | 0.346 | 33.299 | 629.456 |
| 13 | 26 | 60 | 18.245 | 35.130 | 0.235 | 16.640 | 0.345 | 33.249 | 629.544 |
| 13 | 27 | 60 | 18.340 | 35.200 | 0.235 | 16.614 | 0.344 | 33.198 | 629.639 |
| 13 | 28 | 60 | 18.435 | 35.270 | 0.235 | 16.589 | 0.343 | 33.148 | 629.740 |
| 13 | 29 | 60 | 18.530 | 35.339 | 0.235 | 16.563 | 0.342 | 33.096 | 629.849 |
| 13 | 30 | 60 | 18.625 | 35.408 | 0.235 | 16.538 | 0.341 | 33.045 | 629.965 |
| 13 | 31 | 60 | 18.720 | 35.477 | 0.235 | 16.512 | 0.340 | 32.993 | 630.089 |
| 13 | 32 | 60 | 18.814 | 35.545 | 0.235 | 16.486 | 0.339 | 32.941 | 630.222 |
| 13 | 33 | 60 | 18.908 | 35.613 | 0.235 | 16.459 | 0.338 | 32.888 | 630.363 |
| 13 | 34 | 60 | 19.002 | 35.680 | 0.235 | 16.433 | 0.337 | 32.835 | 630.513 |
| 13 | 35 | 60 | 19.096 | 35.747 | 0.235 | 16.406 | 0.336 | 32.782 | 630.673 |
| πλ | t _η , °C | φ, % | Ni _l , Уқлн/(лқ/л) | Ni _{қS} , Уқлн/(лқ/л) | Ni _{чҒ} , Уқлн/(лқ/л) | Ni, Уқлн/(лқ/л) | Ni _{қS_оη} , Уқлн/(лқ/л) | ηқSS, % | t _{қS_h} , °C |
| 14 | 15 | 60 | 18.187 | 35.633 | 0.248 | 17.187 | 0.358 | 34.343 | 615.550 |
| 14 | 16 | 60 | 18.289 | 35.710 | 0.248 | 17.163 | 0.357 | 34.294 | 615.584 |
| 14 | 17 | 60 | 18.391 | 35.788 | 0.248 | 17.138 | 0.355 | 34.244 | 615.623 |
| 14 | 18 | 60 | 18.493 | 35.865 | 0.248 | 17.113 | 0.354 | 34.194 | 615.666 |
| 14 | 19 | 60 | 18.595 | 35.941 | 0.248 | 17.088 | 0.353 | 34.144 | 615.714 |
| 14 | 20 | 60 | 18.697 | 36.018 | 0.248 | 17.062 | 0.352 | 34.093 | 615.767 |

| | | | | | | | | | |
|----|----|----|--------|--------|-------|--------|-------|--------|---------|
| 14 | 21 | 60 | 18.800 | 36.095 | 0.248 | 17.037 | 0.351 | 34.042 | 615.825 |
| 14 | 22 | 60 | 18.902 | 36.172 | 0.248 | 17.011 | 0.350 | 33.991 | 615.888 |
| 14 | 23 | 60 | 19.004 | 36.248 | 0.248 | 16.985 | 0.348 | 33.939 | 615.958 |
| 14 | 24 | 60 | 19.107 | 36.325 | 0.248 | 16.959 | 0.347 | 33.887 | 616.033 |
| 14 | 25 | 60 | 19.209 | 36.401 | 0.248 | 16.933 | 0.346 | 33.835 | 616.114 |
| 14 | 26 | 60 | 19.311 | 36.477 | 0.248 | 16.907 | 0.345 | 33.782 | 616.202 |
| 14 | 27 | 60 | 19.414 | 36.553 | 0.248 | 16.880 | 0.344 | 33.729 | 616.297 |
| 14 | 28 | 60 | 19.516 | 36.628 | 0.248 | 16.853 | 0.343 | 33.676 | 616.399 |
| 14 | 29 | 60 | 19.618 | 36.703 | 0.248 | 16.826 | 0.342 | 33.622 | 616.508 |
| 14 | 30 | 60 | 19.720 | 36.778 | 0.248 | 16.799 | 0.341 | 33.568 | 616.625 |
| 14 | 31 | 60 | 19.822 | 36.852 | 0.248 | 16.772 | 0.340 | 33.513 | 616.750 |
| 14 | 32 | 60 | 19.923 | 36.926 | 0.248 | 16.744 | 0.339 | 33.458 | 616.884 |
| 14 | 33 | 60 | 20.024 | 37.000 | 0.248 | 16.717 | 0.338 | 33.403 | 617.026 |
| 14 | 34 | 60 | 20.125 | 37.073 | 0.248 | 16.689 | 0.337 | 33.347 | 617.177 |
| 14 | 35 | 60 | 20.226 | 37.145 | 0.248 | 16.661 | 0.336 | 33.291 | 617.337 |

| πλ | t _η , °C | φ, % | Ni _l , Υφιν/(λq/λ) | Ni _{qS} , Υφιν/(λq/λ) | Ni _{υφ} , Υφιν/(λq/λ) | Ni, Υφιν/(λq/λ) | Ni _{qS_οη} , Υφιν/(λq/λ) | η _{qSS} , % | t _{qS_h} , °C |
|----|---------------------|------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------|--------------------------------------|-------------------------|---------------------------|
| 15 | 15 | 60 | 19.156 | 36.863 | 0.261 | 17.435 | 0.358 | 34.837 | 603.306 |
| 15 | 16 | 60 | 19.265 | 36.946 | 0.261 | 17.409 | 0.356 | 34.786 | 603.340 |
| 15 | 17 | 60 | 19.374 | 37.028 | 0.261 | 17.383 | 0.355 | 34.733 | 603.378 |
| 15 | 18 | 60 | 19.483 | 37.111 | 0.261 | 17.356 | 0.354 | 34.681 | 603.421 |
| 15 | 19 | 60 | 19.592 | 37.194 | 0.261 | 17.330 | 0.353 | 34.628 | 603.469 |
| 15 | 20 | 60 | 19.701 | 37.276 | 0.261 | 17.303 | 0.351 | 34.575 | 603.521 |
| 15 | 21 | 60 | 19.811 | 37.359 | 0.261 | 17.276 | 0.350 | 34.521 | 603.579 |

| | | | | | | | | | |
|----|----|----|--------|--------|-------|--------|-------|--------|---------|
| 15 | 22 | 60 | 19.920 | 37.441 | 0.261 | 17.249 | 0.349 | 34.467 | 603.643 |
| 15 | 23 | 60 | 20.029 | 37.524 | 0.261 | 17.222 | 0.348 | 34.413 | 603.712 |
| 15 | 24 | 60 | 20.139 | 37.606 | 0.261 | 17.195 | 0.347 | 34.358 | 603.787 |
| 15 | 25 | 60 | 20.248 | 37.688 | 0.261 | 17.167 | 0.345 | 34.303 | 603.869 |
| 15 | 26 | 60 | 20.358 | 37.769 | 0.261 | 17.140 | 0.344 | 34.248 | 603.957 |
| 15 | 27 | 60 | 20.467 | 37.851 | 0.261 | 17.112 | 0.343 | 34.192 | 604.052 |
| 15 | 28 | 60 | 20.576 | 37.932 | 0.261 | 17.084 | 0.342 | 34.136 | 604.154 |
| 15 | 29 | 60 | 20.685 | 38.013 | 0.261 | 17.056 | 0.341 | 34.080 | 604.264 |
| 15 | 30 | 60 | 20.794 | 38.093 | 0.261 | 17.027 | 0.340 | 34.023 | 604.381 |
| 15 | 31 | 60 | 20.903 | 38.173 | 0.261 | 16.998 | 0.339 | 33.966 | 604.507 |
| 15 | 32 | 60 | 21.012 | 38.253 | 0.261 | 16.970 | 0.337 | 33.908 | 604.641 |
| 15 | 33 | 60 | 21.120 | 38.332 | 0.261 | 16.940 | 0.336 | 33.850 | 604.783 |
| 15 | 34 | 60 | 21.228 | 38.411 | 0.261 | 16.911 | 0.335 | 33.791 | 604.935 |
| 15 | 35 | 60 | 21.336 | 38.489 | 0.261 | 16.882 | 0.334 | 33.732 | 605.097 |

| πλ | τη, °C | φ,% | Ni _l , U _φ /((λφ/λ) | Ni _{qS} , U _φ /((λφ/λ) | Ni _{ψφ} , U _φ /((λφ/λ) | Ni, U _φ /((λφ/λ) | Ni _{qS_οη} , U _φ /((λφ/λ) | η _{qSS} , % | t _{qS_h} , °C |
|----|--------|-----|--|---|---|-----------------------------|---|-------------------------|---------------------------|
| 16 | 15 | 60 | 20.108 | 38.045 | 0.273 | 17.653 | 0.357 | 35.274 | 592.005 |
| 16 | 16 | 60 | 20.223 | 38.134 | 0.273 | 17.626 | 0.355 | 35.220 | 592.038 |
| 16 | 17 | 60 | 20.339 | 38.222 | 0.273 | 17.599 | 0.354 | 35.165 | 592.076 |
| 16 | 18 | 60 | 20.455 | 38.310 | 0.273 | 17.571 | 0.353 | 35.110 | 592.119 |
| 16 | 19 | 60 | 20.571 | 38.399 | 0.273 | 17.543 | 0.352 | 35.054 | 592.166 |
| 16 | 20 | 60 | 20.687 | 38.487 | 0.273 | 17.515 | 0.350 | 34.998 | 592.218 |
| 16 | 21 | 60 | 20.804 | 38.575 | 0.273 | 17.487 | 0.349 | 34.942 | 592.276 |
| 16 | 22 | 60 | 20.920 | 38.664 | 0.273 | 17.459 | 0.348 | 34.886 | 592.339 |

| | | | | | | | | | |
|----|----|----|--------|--------|-------|--------|-------|--------|---------|
| 16 | 23 | 60 | 21.037 | 38.752 | 0.273 | 17.430 | 0.346 | 34.829 | 592.408 |
| 16 | 24 | 60 | 21.153 | 38.840 | 0.273 | 17.402 | 0.345 | 34.772 | 592.484 |
| 16 | 25 | 60 | 21.270 | 38.927 | 0.273 | 17.373 | 0.344 | 34.714 | 592.565 |
| 16 | 26 | 60 | 21.386 | 39.015 | 0.273 | 17.344 | 0.343 | 34.656 | 592.653 |
| 16 | 27 | 60 | 21.503 | 39.102 | 0.273 | 17.315 | 0.342 | 34.598 | 592.749 |
| 16 | 28 | 60 | 21.619 | 39.189 | 0.273 | 17.285 | 0.340 | 34.539 | 592.851 |
| 16 | 29 | 60 | 21.735 | 39.276 | 0.273 | 17.256 | 0.339 | 34.480 | 592.961 |
| 16 | 30 | 60 | 21.852 | 39.362 | 0.273 | 17.226 | 0.338 | 34.420 | 593.079 |
| 16 | 31 | 60 | 21.967 | 39.448 | 0.273 | 17.196 | 0.337 | 34.360 | 593.205 |
| 16 | 32 | 60 | 22.083 | 39.533 | 0.273 | 17.166 | 0.336 | 34.300 | 593.339 |
| 16 | 33 | 60 | 22.199 | 39.618 | 0.273 | 17.135 | 0.335 | 34.239 | 593.483 |
| 16 | 34 | 60 | 22.314 | 39.703 | 0.273 | 17.105 | 0.334 | 34.178 | 593.635 |
| 16 | 35 | 60 | 22.428 | 39.787 | 0.273 | 17.074 | 0.333 | 34.116 | 593.798 |

| πλ | τη, °C | φ, % | Ni_λ, U_λ/(λq/λ) | Ni_φS, U_φS/(λq/λ) | Ni_ψ, U_ψ/(λq/λ) | Ni, U/(λq/λ) | Ni_φS_οη, U_φS_οη/(λq/λ) | ηφSS, % | t_φS_h, °C |
|----|--------|------|---------------------|-----------------------|------------------|--------------|--------------------------|------------|---------------|
| 17 | 15 | 60 | 21.043 | 39.187 | 0.285 | 17.847 | 0.355 | 35.660 | 581.522 |
| 17 | 16 | 60 | 21.166 | 39.281 | 0.285 | 17.818 | 0.354 | 35.603 | 581.555 |
| 17 | 17 | 60 | 21.289 | 39.375 | 0.285 | 17.789 | 0.353 | 35.546 | 581.592 |
| 17 | 18 | 60 | 21.412 | 39.469 | 0.285 | 17.761 | 0.351 | 35.489 | 581.634 |
| 17 | 19 | 60 | 21.535 | 39.563 | 0.285 | 17.732 | 0.350 | 35.431 | 581.681 |
| 17 | 20 | 60 | 21.658 | 39.657 | 0.285 | 17.702 | 0.349 | 35.372 | 581.733 |
| 17 | 21 | 60 | 21.782 | 39.751 | 0.285 | 17.673 | 0.348 | 35.313 | 581.791 |
| 17 | 22 | 60 | 21.905 | 39.845 | 0.285 | 17.643 | 0.346 | 35.254 | 581.854 |
| 17 | 23 | 60 | 22.029 | 39.939 | 0.285 | 17.614 | 0.345 | 35.195 | 581.923 |

| | | | | | | | | | |
|----|----|----|--------|--------|-------|--------|-------|--------|---------|
| 17 | 24 | 60 | 22.152 | 40.033 | 0.285 | 17.584 | 0.344 | 35.135 | 581.998 |
| 17 | 25 | 60 | 22.276 | 40.126 | 0.285 | 17.554 | 0.342 | 35.075 | 582.079 |
| 17 | 26 | 60 | 22.400 | 40.219 | 0.285 | 17.523 | 0.341 | 35.014 | 582.168 |
| 17 | 27 | 60 | 22.523 | 40.313 | 0.285 | 17.493 | 0.340 | 34.953 | 582.263 |
| 17 | 28 | 60 | 22.647 | 40.405 | 0.285 | 17.462 | 0.339 | 34.892 | 582.365 |
| 17 | 29 | 60 | 22.770 | 40.498 | 0.285 | 17.431 | 0.337 | 34.830 | 582.476 |
| 17 | 30 | 60 | 22.894 | 40.590 | 0.285 | 17.400 | 0.336 | 34.768 | 582.594 |
| 17 | 31 | 60 | 23.017 | 40.682 | 0.285 | 17.369 | 0.335 | 34.705 | 582.720 |
| 17 | 32 | 60 | 23.140 | 40.773 | 0.285 | 17.337 | 0.334 | 34.642 | 582.855 |
| 17 | 33 | 60 | 23.262 | 40.864 | 0.285 | 17.305 | 0.333 | 34.579 | 582.999 |
| 17 | 34 | 60 | 23.384 | 40.954 | 0.285 | 17.273 | 0.332 | 34.515 | 583.152 |
| 17 | 35 | 60 | 23.506 | 41.044 | 0.285 | 17.241 | 0.331 | 34.451 | 583.315 |

| πλ | t _η , °C | φ, % | Ni _l , U _φ un/(lq/ι) | Ni _{qS} , U _φ un/(lq/ι) | Ni _φ , U _φ un/(lq/ι) | Ni, U _φ un/(lq/ι) | Ni _{qS} _{on} , U _φ un/(lq/ι) | η _{qSS} , % | t _{qS} _h , °C |
|----|---------------------|------|---|--|--|------------------------------|---|-------------------------|--------------------------------------|
| 18 | 15 | 60 | 21.965 | 40.292 | 0.296 | 18.018 | 0.354 | 36.003 | 571.755 |
| 18 | 16 | 60 | 22.095 | 40.391 | 0.296 | 17.988 | 0.353 | 35.944 | 571.788 |
| 18 | 17 | 60 | 22.225 | 40.491 | 0.296 | 17.958 | 0.351 | 35.884 | 571.824 |
| 18 | 18 | 60 | 22.355 | 40.591 | 0.296 | 17.928 | 0.350 | 35.824 | 571.866 |
| 18 | 19 | 60 | 22.485 | 40.691 | 0.296 | 17.898 | 0.348 | 35.763 | 571.913 |
| 18 | 20 | 60 | 22.615 | 40.791 | 0.296 | 17.868 | 0.347 | 35.702 | 571.965 |
| 18 | 21 | 60 | 22.746 | 40.891 | 0.296 | 17.837 | 0.346 | 35.641 | 572.022 |
| 18 | 22 | 60 | 22.876 | 40.991 | 0.296 | 17.806 | 0.344 | 35.579 | 572.085 |
| 18 | 23 | 60 | 23.007 | 41.090 | 0.296 | 17.775 | 0.343 | 35.517 | 572.153 |
| 18 | 24 | 60 | 23.138 | 41.190 | 0.296 | 17.744 | 0.342 | 35.455 | 572.228 |

| | | | | | | | | | |
|----|----|----|--------|--------|-------|--------|-------|--------|---------|
| 18 | 25 | 60 | 23.269 | 41.289 | 0.296 | 17.712 | 0.340 | 35.392 | 572.310 |
| 18 | 26 | 60 | 23.400 | 41.389 | 0.296 | 17.681 | 0.339 | 35.329 | 572.398 |
| 18 | 27 | 60 | 23.531 | 41.488 | 0.296 | 17.649 | 0.338 | 35.265 | 572.493 |
| 18 | 28 | 60 | 23.661 | 41.586 | 0.296 | 17.617 | 0.337 | 35.201 | 572.596 |
| 18 | 29 | 60 | 23.792 | 41.685 | 0.296 | 17.584 | 0.335 | 35.137 | 572.706 |
| 18 | 30 | 60 | 23.923 | 41.783 | 0.296 | 17.552 | 0.334 | 35.072 | 572.824 |
| 18 | 31 | 60 | 24.053 | 41.881 | 0.296 | 17.519 | 0.333 | 35.006 | 572.951 |
| 18 | 32 | 60 | 24.183 | 41.978 | 0.296 | 17.486 | 0.332 | 34.941 | 573.086 |
| 18 | 33 | 60 | 24.313 | 42.074 | 0.296 | 17.453 | 0.331 | 34.875 | 573.230 |
| 18 | 34 | 60 | 24.442 | 42.171 | 0.296 | 17.420 | 0.329 | 34.808 | 573.384 |
| 18 | 35 | 60 | 24.571 | 42.266 | 0.296 | 17.387 | 0.328 | 34.741 | 573.548 |

