

Ո.Զ. ՄԱՐՈՒԽՅԱՆ, Ռ.Ա. ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ

**ՀՈՎԱՑՄԱՆ ՀԱՄԱԿՑՎԱԾ ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ ԱՐԴՅՈՒՆԱՎԵՏՈՒԹՅԱՆ
ԳՆԱՀԱՏՈՒՄԸ («ՀՐԱԶԴԱՆ-5» ՋԷԿ-Ի ՕՐԻՆԱԿՈՎ)**

Հետազոտվել են «Հրազդան-5» ՋԷԿ-ի հովացման թաց և չոր համակարգերի համակցման հնարավորությունն ու նպատակահարմարությունը, գնահատվել է համակցման արդյունավետությունը:

Առանցքային բառեր. հովացման չոր համակարգ, հովացման թաց համակարգ, հովացման համակցված համակարգ, հովացման համակարգի մաթեմատիկական մոդել, ցայտավազան:

Ներածություն: Հովացման չոր և թաց համակարգերի համեմատական վերլուծությունը ակնհայտ է դարձնում դրանց առավելությունները և թերությունները միմյանց համեմատ: Համակարգերի համակցումը թույլ է տալիս միաժամանակ օգտագործել դրանց առավելությունները՝ հնարավորինս նվազեցնելով թերությունների բացասական ազդեցությունը:

ՋԷԿ-երի շրջանառու տեխնիկական ջրամատակարարման համակարգերում հովացման չոր կամ թաց տարբերակի ընտրությունը խիստ ազդում է համակարգի արդյունավետության և հուսալիության վրա: Այսպես, չոր, մասնավորապես՝ Հելլերի համակարգերը, թաց համակարգերի համեմատ, պահանջում են ավելի մեծ կապիտալ ներդրումներ, աշխատանքի ընթացքում ապահովում են ավելի թույլ նոսրացում և բնութագրվում են կլիմայական պայմաններից առավել խիստ կախվածությամբ, ինչն արտահայտվում է արդյունավետության նվազմամբ տարվա շոգ եղանակներին և հուսալիության նվազմամբ՝ ցուրտ եղանակներին: Մինևույն ժամանակ, չոր համակարգերի կիրառումը հնարավորություն է՝ գործնականում բացառելու թաց համակարգերին բնորոշ ջրի գոլորշիացմամբ, տարվածքով և արտափչմամբ կորուստները, որոնք կազմում են շրջանառու ջրի 3,5...4,0%-ը և համեմատելի են կոնդենսատորում խտացող շոգու քանակի հետ:

Խնդրի դրվածքը և մեթոդիկայի հիմնավորումը: Շահագործման մեջ գտնվող շոգետուրբինների զարգացրած հզորության առավել հաճախակի դարձող և առավել խորը չափով տեղի ունեցող այն սահմանափակումները, որոնք պայմանավորված բնակլիմայական պայմաններով, որպես կանոն, դրանց հովացման համակարգերի «ծերացման» հետևանք են:

Հելլերի համակարգով կահավորված էներգաբլոկների արդյունավետության գնահատումները, որոնք իրականացվել են Հրագրանի ՋԷԿ-ի դեռևս յուրացման փուլում, ցույց են տվել, որ 4000 $ւ^2$ մակերեսով թաց հովարանով կահավորված 200 *ՄՎտ* էներգաբլոկը, Հելլերի հովարանով կահավորվածի համեմատ, տարեկան կտա 7 *մլն կՎտժ*-ով ավելի էներգիա՝ կոնդենսատորում ապահովելով ավելի խոր նոսրացում արտաքին օդի 0 °C-ից ցածր և +5 °C-ից բարձր ջերմաստիճանների դեպքում և ավելի թույլ նոսրացում ջերմաստիճանային մյուս տիրություններում [1]:

Թաց և չոր համակարգերի մի կողմից՝ բարձր օ.գ.գ.-ն, մյուս կողմից՝ առավել ջրախնայողության հակասությունը ի վերջո հանգեցրեց հովացման համակցված համակարգերի ներդրմանը, որոնք, տարբեր ռեժիմային և սեզոնային պայմանների դեպքում, հնարավորություն են տալիս՝ այս կամ այն չափով օգտագործելու այն համակարգը, որի արդյունավետությունը տվյալ պահին ավելի բարձր է:

Համակցված համակարգերի օրինակներ են համադրված և հիբրիդային հովարանները [2, 3]: Դրանց առավելություններն են.

- ✓ ջրի խնայողությունը. թաց ռեժիմը միանում է միայն անհրաժեշտության դեպքում,
- ✓ բարձր արդյունավետությունն ամռանը. կարող է ապահովել 5...15 °C-ով ավելի ցածր կոնդենսացիոն ջերմաստիճաններ՝ ի համեմատ միայն չոր համակարգերի,
- ✓ շրջակա միջավայրի վրա նվազ բացասական ազդեցությունը, որն արտահայտվում է ջրի ավելի փոքր սպառմամբ,
- ✓ կայուն աշխատանքը ամբողջ տարվա ընթացքում:

Որպես համակցված համակարգերի թերություններ պետք է համարել ավելի բարդ կառավարման ավտոմատիկան և ավելի բարձր նախնական ներդրումները:

Եթե նոր կառուցվող կայանների դեպքում նախապատվությունը կարող է տրվել համակցված համակարգերի կիրառմանը, ապա արդեն գոյություն ունեցող էներգաբլոկների դեպքում տնտեսապես բավականին արդյունավետ կարող է լինել գոյություն ունեցող հովացման համակարգի «վերակառուցումը» համակցված համակարգի: Այս աշխատանքը պահանջում է մանրակրկիտ ուսումնասիրություն ամեն մի կոնկրետ կայանի դեպքում՝ առանձնացնելով դրա յուրահատկությունները, և նախատեսվող լուծումների հարմարեցումը արդեն գոյություն ունեցող համակարգերին:

Մասնավորապես, «Հրագրան-5» էներգաբլոկը, ելնելով տեխնոլոգիական, այն է՝ յուղի և գեներատորի բավարար հովացումն ապահովելու նկատառումներից, կահավորված է նաև հովացման թաց համակարգով: Շոգետուրբինի կոնդենսատորի հովացումն իրականացվում է Հելլերի համակարգով, իսկ մնացած սարքավորումներինը՝ առանձին կոնտուրով աշխատող ցայտավազանով: Աշխատանքի

բնույթից ելնելով՝ ավելի ճիշտ է հովացման այս համակարգերին ոչ թե համակցված, այլ ուղղակի համատեղ անվանելը, քանզի նրա երկու բաղկացուցիչ՝ թաց և չոր մասերը, գործում են միմյանցից անկախ, ծառայում են տարբեր նպատակների և ռեժիմային առումով որևէ ազդեցություն չունեն իրար նկատմամբ:

Հովացման թաց և չոր համակարգերը իրարից միանջանակ տարանջատելու համար դրանք տեքստում այսուհետ կանվանվեն համապատասխանաբար տեխնիկական և շրջանառու ջրամատակարարման համակարգեր:

Տեխնիկական ջրամատակարարման համակարգը բաղկացած է.

✓ թվով 2 հատ ցայտավազաններից՝ 208x37 *ս/ն* 172x37 *ս/ն* չափերով, և կահավորված գումարային թվով 62 հատ B-75 տիպի փողրակներով,

✓ պոմպակայանից, որում տեղադրված են *Ճ-6300x27-2* տիպի թվով 3 հատ և 20HՃH տիպի թվով 2 հատ պոմպեր,

✓ DN1000 մայրուղային խողովակաշարերից (2,5 *կս*), անջատող արմատորից (25 հատ) և այլն:

Շրջանառու ջրամատակարարման համակարգը բաղկացած է.

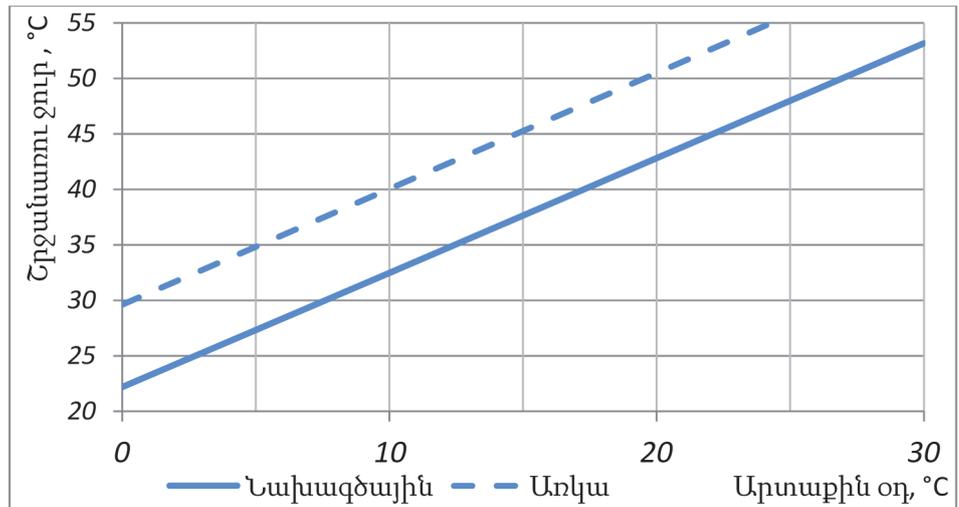
✓ հովացման աշտարակից՝ 160 *ս/ն* բարձրությամբ և կահավորված թվով 192 հատ դելտաներով,

✓ պոմպակայանից, որում տեղադրված են HՃ-1000 տիպի թվով 2 հատ և *Ճ-6300x27-2* տիպի թվով 2 հատ պոմպեր,

✓ DN2000 մայրուղային խողովակաշարերից (1,5 *կս*), անջատող արմատորից (60 հատ) և այլն:

Երկու համակարգերն էլ շահագործման մեջ են գտնվում ավելի քան 20 տարի: Մակայն շրջանառու համակարգի աշխատանքային բնութագրերը, ի տարբերություն տեխնիկական ջրամատակարարման համակարգի, բավականին շեղված են իրենց նախագծային արժեքներից: Դա հիմնականում պայմանավորված է դելտաների խողովակաշարերի և արտաքին մակերևույթների չվերականգնվող վնասվածքներով, այդ թվում՝ չվացվող նստվածքների առկայությամբ:

Շրջանառու համակարգի հովացման նախագծային և առկա բնութագրերը ներկայացված են նկ. 1-ում: Ինչպես երևում է նկ. 1-ում պատկերված գրաֆիկներից, շրջանառու ջրի ջերմաստիճանները ներկա դրությամբ բարձր են իրենց նախագծային արժեքներից 7...8 °C-ով, ինչի հետևանքով էներգաբլոկի վառելիքի տեսակարար ծախսը բարձրանում է 2...6 *գպվ/կՎտժ*-ով:



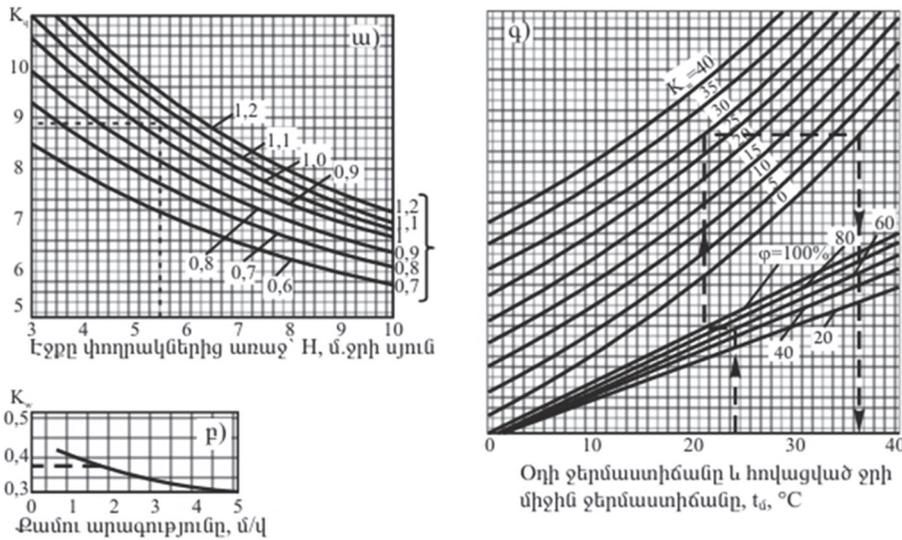
Նկ. 1. Շրջանառու ջրի ջերմաստիճանը կոնդենսատորի ելքում արտաքին օդի 0...30°C ջերմաստիճանների տիրույթում, երբ արտանետվող ջերմաքանակը 400 ՄՎտ է, շրջանառու ջրի ծախսը՝ 36000 մ³/ժ, հովարանում միացված սյուների քանակը՝ 384 հատ. ա) նախագծային տվյալներ, բ) առկա՝ 2024թ. դրությամբ վերլուծության արդյունքներ

«Հրագրան-5» էներգաբլոկի պարագայում շրջանառու համակարգի բնութագրերի լավացման բավականին օպտիմալ տարբերակ է դրա համակցումը տեխնիկական ջրամատակարարման համակարգի հետ: Տեխնիկական ջրամատակարարման համակարգը ներկայումս օգտագործվում է շուրջ 10...15 ՄՎտ ջերմանջատման ապահովման նպատակով, որի համար բավարար է թվով 15...20 հատ փողրակների միացումը: Նկատի ունենալով, որ ցայտավազանների չափերը և տեղադրված պոմպերի քանակը թույլ են տալիս փողրակների քանակը հասցնել 104-ի և ապահովել շուրջ 13 հազ մ³/ժ տեխնիկական ջրի ծախս, առաջին մոտեցմամբ կատարված հաշվարկները ցույց են տալիս, որ տեխնիկական ջրամատակարարման համակարգը կարող է ապահովել շուրջ 60 ՄՎտ ջերմանջատում, որից 48 ՄՎտ-ը կարող է օգտագործվել շրջանառու ջրի հովացման համար:

Առավել մանրամասն և բազմագործոն հաշվարկների համար, որոնք այնուհետև կարող են դրվել հովացման համակցված համակարգի ռեժիմների լավարկման հիմքում, անհրաժեշտ է կիրառել շրջանառու և տեխնիկական ջրամատակարարման համակարգերի մաթեմատիկական մոդելները:

Շրջանառու ջրամատակարարման համակարգի մաթեմատիկական մոդելի հիմքում դրվել են ՀՊՃՀ «Ջերմաէներգետիկա» ամբիոնի կողմից ավելի վաղ մշակված երկու ալգորիթմները [4, 5]:

Տեխնիկական ջրամատակարարման համակարգի մաթեմատիկական մոդելը մշակվել է [6]-ում տրված նումոգրամների հիման վրա (նկ. 2):



Նկ. 2. Ցայտավազանի հաշվարկային նոմոգրամը [6]

Համակարգչային հաշվարկներում կիրառելի դարձնելու և վերոհիշյալ նոմոգրամների հիման վրա K_q , K_w օժանդակ գործակիցների ու ջրի միջին t_{ui} ջերմաստիճանի արժեքները որոշելու համար՝ ռեգրեսիոն անալիզի միջոցով ստացվել են հետևյալ հավասարումները.

$$K_q = 5,1 - 0,683 \times H + 11,4 \times Q + 0,044 \times H^2 - 2,665 \times Q^2 - 0,466 \times H \times Q,$$

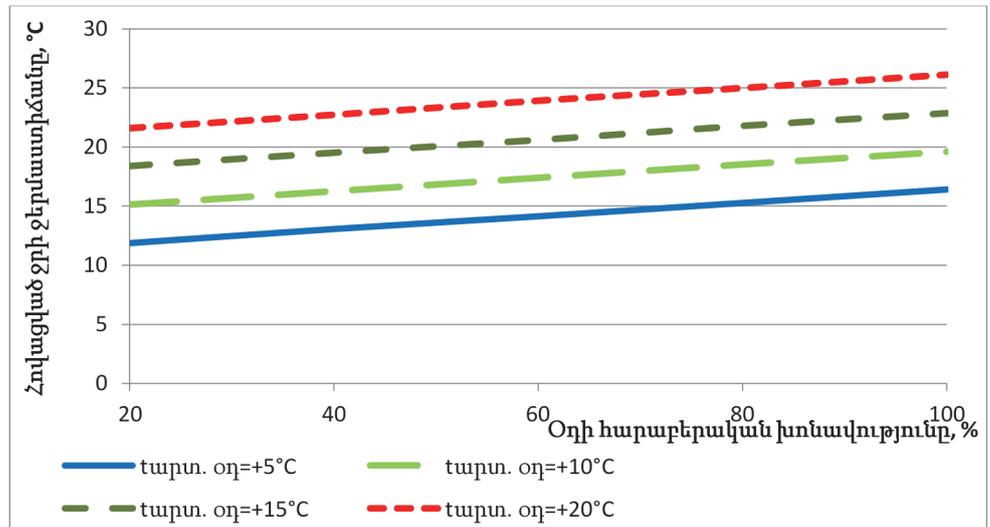
$$K_w = 0,3085 + 0,1843 \times \exp(-w),$$

$$K = K_q \times K_w \times \Delta t,$$

$$t_{ui} = 8,1 + 0,686 \times t_{oi} + 0,4775 \times K - 6,48 \times (1 - \varphi)^{1,25},$$

որտեղ H -ը ջրի ճնշումն է փողրակներից առաջ, l , Q -ն՝ ռոտման խտությունը, $l^3/(l^2 \cdot d)$, w -ն՝ քամու արագությունը, $l/վ$, Δt -ն՝ ջրի հովացման չափը, $^{\circ}C$, t_{ui} -ը՝ ջրի միջին ջերմաստիճանը, $^{\circ}C$, t_{oi} -ը՝ օդի ջերմաստիճանը, $^{\circ}C$, φ -ն՝ օդի հարաբերական խոնավությունը:

Հետազոտության արդյունքները: Նկ. 3-ում ներկայացված է ցայտավազանում հովացված ջրի ջերմաստիճանի կախվածությունը արտաքին օդի ջերմաստիճանից և խոնավությունից: Ակնհայտ է, որ օդի խոնավության գործոնը ոչ պակաս «ազդեցիկ» է օդի ջերմաստիճանից:



Նկ. 3. Ցայտավազանում հովացված ջրի ջերմաստիճանը՝ կախված արտաքին օդի ջերմաստիճանից և խոնավությունից, երբ արտանետվող ջերմաքանակը 23,2 ՄՎտ (20 Գկալ/ժ) է, ջրի ծախսը՝ 8200 մ³/ժ (միացված է 62 փողրակ)

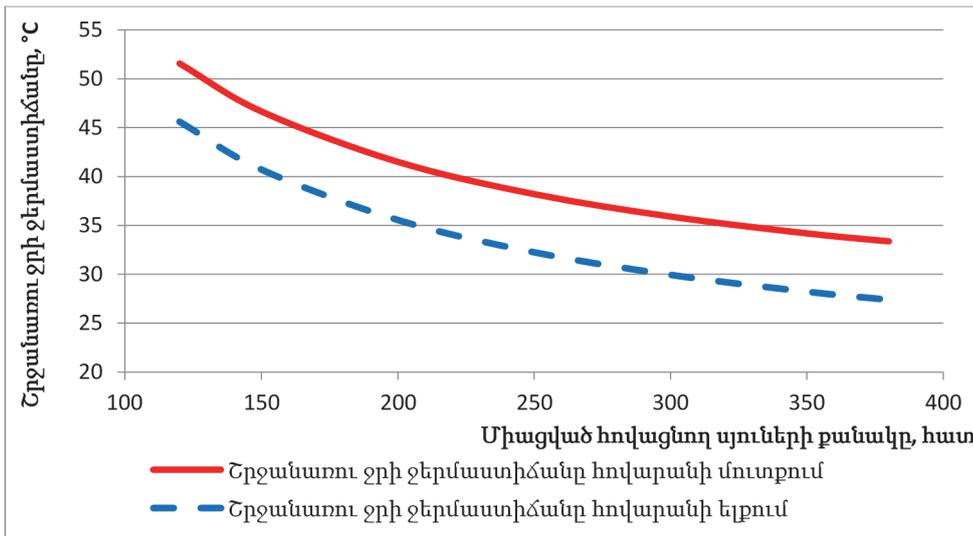
Ի տարբերություն ցայտավազանի՝ շրջանառու համակարգի աշխատանքի վրա օդի հարաբերական խոնավության ազդեցությունը գործնականում աննշան է, իսկ ջերմաստիճանի ազդեցությունը՝ առավել զգալի: Խոնավության 20...100% պայմաններում կատարված հաշվարկները ցույց են տալիս, որ շրջանառու ջրի ջերմաստիճանի փոփոխությունը չի գերազանցում 0,2 °C-ը, ընդ որում, որքան բարձր է օդի խոնավությունը, այնքան բարձր է շրջանառու ջրի ջերմաստիճանը: Համեմատության համար հարկ է նշել, որ ցայտավազանով թաց համակարգում այդ տարբերությունը կազմում է 4...5 °C (նկ. 3):

Ինչպես երևում է նկ. 1, 3-ում պատկերված գրաֆիկներից, արտաքին օդի յուրաքանչյուր 1 °C-ով ջերմաստիճանի բարձրացումը հանգեցնում է շրջանառու ջրի ջերմաստիճանի բարձրացմանը 1,0...1,1 °C-ով, մինչդեռ ցայտավազանային թաց համակարգում այդ տարբերությունը կազմում է 0,5...0,65 °C:

Շրջանառու համակարգի համար մշակված մոդելի միջոցով ուսումնասիրվել է նաև դրա հովացման խորությունը՝ կախված աշխատանքի համար միացված հովացնող էլեմենտների քանակից: Ինչպես երևում է նկ. 4-ում պատկերված գրաֆիկից, յուրաքանչյուր հաջորդ միացվող էլեմենտի արդյունավետությունն ավելի փոքր է, քան իր նախորդինը:

Շրջանառու և տեխնիկական ջրամատակարարման համակարգերի համակցումն իրականացվում է ջրաջրային ջերմափոխանակիչների կիրառմամբ: Շրջանառու ջրի մի մասը, չոր հովարանին զուգահեռ, տրվում է վերոնշյալ ջերմափո-

խանակիչներով, որոնք հովացվում են տեխնիկական ջրով: Ջերմափոխանցման ընդհանուր մակերեսը կազմում է 4000 մ², ջերմափոխանակիչների քանակը և յուրաքանչյուրի մակերեսը կարող են որոշվել աշխատանքային փաստաթղթերի մշակման ժամանակ:

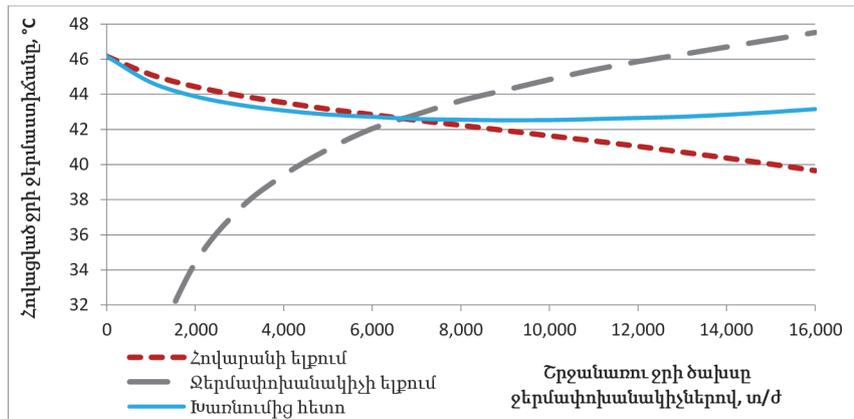


Նկ. 4. Հեղեղի հովարանի մուտքում շրջանառու ջրի ջերմաստիճանը՝ կախված միացված հովացնող սյուների քանակից, արտաքին օդի ջերմաստիճանը 15°C է, արտանետվող ջերմաքանակը 250 ՄՎտ, շրջանառու ջրի ծախսը՝ 36000 մ³/ժ

Շրջանառու և տեխնիկական ջրամատակարարման համակարգերի մշակված մաթեմատիկական մոդելների կիրառմամբ կատարված հաշվարկներով հիմնավորվում է համակցման նպատակահարմարությունը: Դրա արդյունքում, շոգ եղանակային պայմաններում, արտանետվող գոլորշու ջերմաստիճանը կոնդենսատորում նվազում է 1,5...3,5 °C-ով, ընդ որում, որքան բարձր են արտաքին օդի ջերմաստիճանը և կոնդենսատորի ջերմային բեռը, այնքան բարձր է համակցման արդյունավետությունը:

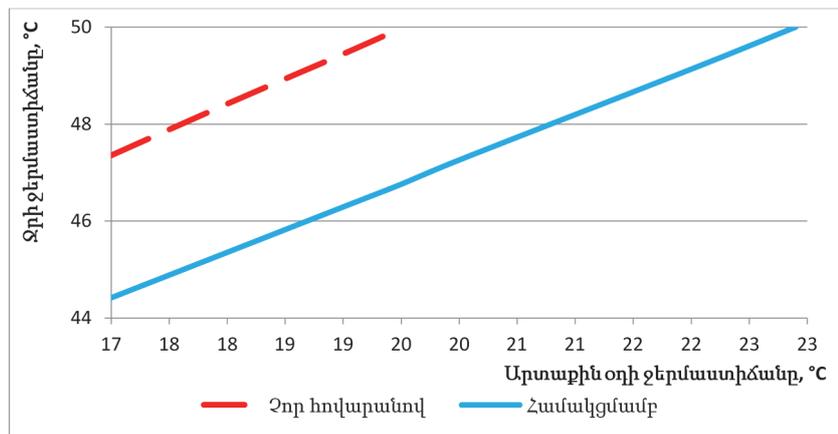
Մասնավոր դեպքի համար կատարված հաշվարկների արդյունքները ներկայացված են նկ. 5-ում: Այս և հետագա հաշվարկներում տեխնիկական ջրի ծախսը ջրաջրային ջերմափոխանակիչներով ընդունվել է 9300 մ³/ժ, որը համարժեք է ցայտավազանում լրացուցիչ թվով 70 հատ փողրակների միացմանը:

Նկ. 5-ում ներկայացված, ինչպես նաև այլ ռեժիմների դեպքում կատարված հաշվարկները ցույց են տալիս, որ ջրաջրային ջերմափոխանակիչներով անցնող շրջանառու ջրի օպտիմալ ծախսը կազմում է 6000...8000 մ³/ժ:



Նկ. 5. Հեղերի հովարանի և ջրաջրային ջերմափոխանակիչների ելքերում և դրանց միախառնումից հետո կոնդենսատոր տրվող շրջանառու ջրի ջերմաստիճանները՝ կախված ջերմափոխանակիչներով շրջանառու ջրի ծախսից, երբ արտաքին օդի ջերմաստիճանը 25°C է, հարաբերական խոնավությունը՝ 60%, կոնդենսատորի ջերմային բեռը՝ 400 ՄՎտ, շրջանառու ջրի գումարային ծախսը՝ 36000 մ³/ժ

Մյուս կողմից՝ համակցված համակարգի կիրառումը հնարավորություն է տալիս՝ մեղմելու էներգաբլոկի հզորության սահմանափակման չափը՝ պայմանավորված բնակլիմայական պայմաններով: Միայն չոր հովարանով և համակցման սխեմայի կիրառմամբ շրջանառու ջրի ջերմաստիճանների կախվածությունը արտաքին օդի ջերմաստիճանից ներկայացված է նկ. 6-ում:



Նկ. 6. Միայն չոր հովարանով և համակցման սխեմայի կիրառմամբ կոնդենսատորի մուտքում շրջանառու ջրի ջերմաստիճանի կախվածությունը արտաքին օդի ջերմաստիճանից, երբ կոնդենսատորի ջերմային բեռը կազմում է 400 ՄՎտ, շրջանառու ջրի գումարային ծախսը՝ 36000 մ³/ժ, իսկ համակցման տարբերակի դեպքում՝ չոր հովարանով 28000 մ³/ժ և ջրաջրային ջերմափոխանակիչներով՝ 8000 մ³/ժ

Ինչպես երևում է նկ. 6-ում ներկայացված գրաֆիկից, համակցման արդյունքում էներգաբլոկի առավելագույն բեռի դեպքում սահմանափակումը սկսվում է արտաքին օդի 22,9 °C-ից այն պարագայում, երբ միայն չոր հովարանով այն կազմում է 19,5 °C: Համեմատության համար նշենք, որ ըստ մշակված մոդելով կատարված հաշվարկների՝ միայն չոր հովարանով աշխատելու դեպքում, արտաքին օդի 22,9 °C պայմաններում, էներգաբլոկի շոգետուրբինի հզորությունը պետք է նվազեցվի և կազմի 240 ՄՎտ՝ 300 ՄՎտ-ի փոխարեն:

Եզրակացություն: ՋԷԿ-ի հովացման սխեմայում համակցված համակարգի կիրառումը կարող է բավականին արդյունավետ լինել համակարգի բաղկացուցիչ մասերի ճիշտ ընտրության և դրանց միջև հովացնող ջրի, կամ որ նույնն է՝ ջերմային բեռնվածության բաշխման լավարկման արդյունքում:

Մասնավորապես, «Հրազդան-5» ՋԷԿ-ի դեպքում հովացման չոր համակարգի համակցումը թաց համակարգով, ըստ էության, կրում է «գազաթնային» բնույթ և նպատակահարմար է իրականացնել արտաքին օդի դրական ջերմաստիճանների պայմաններում: Համակցման կիրառման արդյունքում, ի լրումն ՋԷԿ-ի արդյունավետության բարձրացման, նվազում է նաև առավելագույն բեռի սահմանափակման չափը՝ պայմանավորված արտաքին օդի ջերմաստիճանով: Օրինակ՝ միայն չոր հովարանով աշխատելու պայմաններում, սկսած արտաքին օդի 19,5 °C ջերմաստիճանից անհրաժեշտ է բեռնաթափել շոգետուրբինը, իսկ հովացման համակցման կիրառման արդյունքում այդ ջերմաստիճանը կազմում է 22,9 °C: Հարկ է նշել, որ միայն չոր հովարանով աշխատելու դեպքում, արտաքին օդի 22,9 °C պայմաններում, էներգաբլոկի շոգետուրբինի զարգացրած հզորությունը պետք է նվազեցվի և կազմի 240 ՄՎտ՝ 300 ՄՎտ-ի փոխարեն:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. Пуско-наладочные и экспериментальные работы по градирне воздушно-конденсационной установки блока №1 200 МВт Разданской ГРЭС. Инв. 6545/ Исполнители А.П. Середя, Г.П. Гаврюшенков, В.И. Горбенко: Отчет южного отделения ОРГРЭС.-Львов, 1972.-32 с.
2. **Մարտիկյան Ռ.Ջ., Հովհաննիսյան Լ.Ս.** Ջրախնայողական տեխնոլոգիաների օգտագործումը էներգետիկայում: Դասագիրք.- Եր.: Ճարտարագետ, 2007.- 288 էջ:
3. **Пономаренко В.С., Арефьев Ю.И.** Градири промышленных и энергетических предприятий: Справочное пособие / Под общ. ред. В.С. Пономаренко.- М.: Энергоатомиздат, 1998.- 376 с.
4. Моделирование низкопотенциальной части тепловой схемы энергоблоков Разданской ГРЭС и оптимизация режимов работы оборудования: Отчет ЕрПИ. IV завершающий этап / Руководитель работы К.А. Тер-Мкртчян.- Ереван, 1981.- 125 с.
5. Моделирование низкопотенциальной части тепловой схемы энергоблоков Разданской ГРЭС и оптимизация режимов работы оборудования: Отчет ЕрПИ. III завершающий этап / Руководитель работы Л.Т. Кулоян.-Ереван, 1980,- 111 с.

6. РД 34.22.507-90 Типовая инструкция по эксплуатации брызгальных установок.

Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 24.12.2025:

В.З. МАРУХЯН, Р.А. ВАРДАНЯН

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМБИНИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ
ОХЛАЖДЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ТЭС «РАЗДАН-5»)**

Исследованы возможность и целесообразность комбинирования мокрой и сухой систем охлаждения на ТЭС «Раздан-5», дана оценка эффективности такого совмещения.

Ключевые слова: сухая система охлаждения, мокрая система охлаждения, комбинированная система охлаждения, математическая модель системы охлаждения, брызгальный бассейн.

V.Z. MARUKHYAN, R.A. VARDANYAN

**ASSESSING THE EFFICIENCY OF A COMBINED COOLING SYSTEM (ON THE
EXAMPLE OF THE «HRAZDAN-5» TPP)**

The feasibility and expedience of combining wet and dry cooling systems at the «Hrazdan-5» Thermal Power Plant are investigated, and the effectiveness of such a combination is assessed.

Keywords: dry cooling system, wet cooling system, combined cooling system, cooling system mathematical model, spray pool.