

V.Z. MARUKHYAN, YE.R. SHAMAMYAN

**EFFICIENCY EVALUATION OF APPLYING SOLAR WATER HEATERS
IN YEREVAN**

The operation of solar water heaters in the climatic conditions of Yerevan is investigated. The efficiency and the absorbed useful energy of solar water heaters are calculated by months. The obtained data for Yerevan are typical.

Keywords: renewable energy sources, vacuum tube, direct and diffuse radiation, optical and thermal losses.

ՀՏԴ 621.175

Ո.Զ. ՄԱՐՈՒԽՅԱՆ, Ա.Ս. ԱՌԱՔԵԼՅԱՆ

**ՄԱԿԵՐԵՎՈՒԹԱՅԻՆ ԿՈՆԴԵՆՍԱՏՈՐՆԵՐԻ ՀԱՄԱԴՐԱԿԱՆ
ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅՈՒՆԸ ԷՆԵՐԳԱԽՆԱՅՈՂՈՒԹՅԱՆ ՏԵՍԱՆԿՅՈՒՆԻՑ**

Աշխատանքում կատարված է կոնդենսացիոն շոգետուրբինային տեղակայանքներով կահավորված ՋԷԿ-երի մակերևութային կոնդենսատորների համադրական վերլուծություն էներգախնայողության տեսանկյունից: Մասնավորապես, դիտարկված են կոնդենսատորների շահագործման և կառուցվածքային բնութագրերի լավարկման, կոնդենսատորում հովացնող ջրի ծախսի և շրջանառության պոմպերի վրա ծախսված էներգիայի չափի փոփոխության հետ կապված հարցադրումները՝ էներգախնայողության հնարավոր բարձրացման տեսանկյունից:

Առանցքային բաներ. ջերմային էլեկտրակայան, շոգետուրբինային տեղակայանք, մակերևութային կոնդենսատոր, տեխնիկական ջրամատակարարման համակարգ, էներգաարդյունավետություն, էներգախնայողություն:

Այսօր ցանկացած երկրի տնտեսության առջև ծառայած է սեփական էներգետիկ անվտանգության ապահովման խնդիրը: Այդ խնդրի լուծման նպատակով մի շարք զարգացած երկրներ հաջողությամբ ներդնում և խթանում են կայուն էներգետիկայի զարգացման տարատեսակ ծրագրեր, որոնցում մեծ դեր է հատկացվում վերականգնվող էներգետիկային և էներգիայի այլընտրանքային աղբյուրներին: Մեծ է նաև ուշադրությունն ատոմային էներգետիկայի նկատմամբ, որը նույնպես կարևոր դեր է խաղում երկրների էներգաապահովվածության խնդիրների լուծմանն ուղղված ծրագրերում: 2015թ. դեկտեմբերին ՀՀ կառավարության կողմից հաստատված «Հայաստանի Հանրապետության էներգետիկ համակարգի երկարաժամկետ (մինչև 2036 թ.) զարգացման ուղիները» ծրագրում բերված է Հայաստանի էներգետիկ անվտանգության անհրաժեշտ մակարդակի պահպանման համար միջոցառումների ցանկը: Այդ փաստաթղթի համաձայն՝

Հայաստանի Հանրապետությունը ևս պետական մակարդակով խրախուսում է էներգահամակարգում էներգիայի արտադրման աղբյուրների և ռեսուրսների դիվերսիֆիկացումը: Միևնույն ժամանակ, հանդիսանալով սեփական վառելիքա-էներգետիկ ռեսուրսներից զուրկ երկիր, կայուն էներգետիկ զարգացման շրջանակներում ՀՀ-ն չի շրջանցում էներգաարդյունավետության բարձրացմանն ու էներգախնայողությանն առնչվող հարցերն ու արդի մարտահրավերները [1]:

Այսօր ՀՀ էներգահամակարգում գերակշռում են շոգեուժային տեղակայանքներով կահավորված ՋԷԿ-երը և ԱԷԿ-ը: Ոչ վաղ անցյալում համաշխարհային մասշտաբով ևս շոգետուրբինային տեղակայանքներով կահավորված ՋԷԿ-երն ու ԱԷԿ-ները հանդիսանում էին էլեկտրաէներգիայի արտադրման հիմնական աղբյուրը, թեև վերջին տարիներին նշված իրադրությունը որոշակիորեն փոփոխվել է [2]: Ամեն դեպքում՝ համաշխարհային էներգետիկայի զարգացման տարբեր հեռանկարներում կենտրոնական տեղ են զբաղեցնում նաև էներգաարդյունավետության ու էներգախնայողության բարձրացման և մաքուր, հուսալի ու ապահով էներգետիկայի զարգացման խթանման հետ կապված հարցադրումները [2]: Ընդ որում՝ այդ հարցադրումները տեղին են ինչպես էլեկտրաէներգիայի վերջնական սպառման, այնպես էլ արտադրման և տեղափոխման գործընթացներում, ինչը թույլ կտա որոշակիորեն մեղմել կամ զսպել արտադրված և առաքված էլեկտրաէներգիայի ինքնարժեքի աճը:

Շոգեուժային տեղակայանքներով (ՇՈՒՏ) աշխատող էլեկտրակայաններում էլեկտրաէներգիայի արտադրման ինքնարժեքի նվազեցումն այն էական խնդիրներից մեկն է, որի լուծմանը կարելի է հասնել ինչպես ՋԷԿ-ի աշխատող սարքավորումների արդիականացման և վերակառուցման, այնպես էլ շահագործման ծախսերի նվազեցման հաշվին: Նշված խնդրի լուծման նպատակով առանձին էլեկտրակայանի էներգաարդյունավետության, հետևաբար և էներգախնայողության բարձրացման վերաբերյալ ուսումնասիրությունները նպատակահարմար է կատարել դրա առանձին օղակների կամ համակարգերի վերաբերյալ և ապա ընդհանրացնելով տարածել ամբողջ էլեկտրակայանի վրա:

Ժամանակակից ՇՈՒՏ-երի օ.գ.գ.-ն հիմնականում կախված է համապատասխան ջերմային ցիկլի և սարքավորումների կատարելության աստիճանից.

$$\eta_{տտ} = \eta_t \cdot \eta_{տն} \cdot \eta_{տ} \cdot \eta_{գ} : \quad (1)$$

ՇՈՒՏ-ի աշխատանքի հիմքում ընկած թերմոդինամիկական ցիկլի կատարելության աստիճանը բնութագրող η_t ջերմային օ.գ.գ.-ն պայմանավորված է բանող մարմնի սկզբնական և վերջնական պարամետրերով և ազդում է շոգետուրբինային տեղակայանքի աշխատանքի արդյունավետության վրա: Ընդ որում՝

η_t - ի վրա բանող մարմնի վերջնական պարամետրերի իջեցման ազդեցությունը, սկզբնական պարամետրերի բարձրացման համեմատ, ավելի մեծ է [3-6]: Տուրբինի $\eta_{տհ}$ ներքին հարաբերական օ.գ.գ.-ն կազմում է 0.8...0.9, η_{δ} մեխանիկական և η_q գեներատորային օ.գ.գ.-ները ևս բավականին մեծ արժեք ունեն՝ $\eta_{\delta q} = \eta_{\delta} \cdot \eta_q = 0.95...0.96$:

$\eta_{տտ}$ օ.գ.գ.- ով է պայմանավորված ամբողջ ՋԷԿ- ի օ.գ.գ.- ն.

$$\eta_{\Sigma ԷԿ}^{\text{II}} = \eta_{լա} \cdot \eta_{տտ} \cdot \eta_{տի} \cdot (1 - k_{սկ}) : (2)$$

(2) արտահայտության մեջ մտնող $\eta_{լա}$ կաթսայական ագրեգատի օ.գ.գ.- ն օրգանական վառելիքով աշխատող ՋԷԿ-երի ժամանակակից շոգեկաթսաների համար կազմում է 0.88...0.92, իսկ շոգեկաթսայից դեպի շոգետուրբին ջերմության տեղափոխման $\eta_{տի}$ օ.գ.գ.- ն՝ 0.97...0.99: ԱԷԿ-ների դեպքում պետք է հաշվի առնվեն նաև ջերմության կորուստները մնացած հանգույցներում, մասնավորապես՝ ռեակտորային և շոգեգեներատորային տեղակայանքներում, խողովակազծերում և այլուր: Մասնավոր դեպքում՝ ՀԱԷԿ- ի օրինակով երկկոնտուր ԱԷԿ- ի համար, այդ օ.գ.գ.- ն կորոշվի հետևյալ կերպ.

$$\eta_{\Sigma ԷԿ}^{\text{II}} = \eta_{\rho} \cdot \eta_{\Sigma q} \cdot \eta_{տտ} \cdot \eta_{լս}^{\text{I}} \cdot \eta_{լս}^{\text{II}} (1 - k_{սկ}), \quad (3)$$

որտեղ η_{ρ} օ.գ.գ.- ն հաշվի է առնում ջերմության կորուստները ռեակտորի իրանից և պայմանավորված ավտոմատ կարգավորման-փոխհատուցման հավաքվածքների հովացմամբ, $\eta_{\Sigma q}$ - ն՝ ջերմության կորուստները շոգեգեներատորների իրանից, $\eta_{լս}^{\text{I}}, \eta_{լս}^{\text{II}}$ օ.գ.գ.- ները՝ ջերմության կորուստները առաջին և երկրորդ կոնտուրների խողովակազծերից և կազմում են 0.985...0.988 [7]: (2)- ում և (3)- ում $k_{սկ}$ - ն ներկայացնում է էլեկտրակայանում սեփական կարիքների համար էլեկտրաէներգիայի հարաբերական ծախսը և, այլ բաղադրիչներից բացի, ներառում է նաև ՋԷԿ- ի ցածր պոտենցիալային մասի (ՅՊՄ) կազմում գործող կոնդենսատային, շրջանառության և օդահան պոմպերի բանեցման համար էլեկտրաէներգիայի վերը նշված ծախսը: Արդյունավետության ցուցանիշներից և էլեկտրակայանի սեփական կարիքների ծախսից բացի, էլեկտրաէներգիայի արտադրման ինքնարժեքի վրա ազդում են նաև վառելիքի, ջրօգտագործման համար և մի շարք այլ ծախսեր:

Այսպիսով, հաշվի առնելով վերը գրվածը՝ ՇՈՒՏ- երի օ.գ.գ.- ին կամ, որ նույնն է, էներգաարդյունավետության բարձրացմանը կարելի է հասնել, մասնա-

վորապես, այդ տեղակայանքների, ներառյալ նաև դրանց ՅՊՄ կազմող կոնդենսատորների էներգախնայողության բարձրացման ճանապարհով: Այսինքն՝ հարկավոր է փնտրել այնպիսի լուծումներ, իրականացնել համապատասխան ոչ ծախսատար միջոցառումներ և ընտրել այնպիսի ռեժիմներ, որոնց շնորհիվ հնարավոր կլինի կրճատել էներգիայի անհարկի ծախսը սեփական կարիքների համար՝ առանց վնասելու տեխնոլոգիական պրոցեսի ամբողջականությունն ու արտադրանքի որակը: Նման հարցադրումները կենտրոնական տեղ են զբաղեցնում ինչպես հայրենական, այնպես էլ արտասահմանյան էլեկտրակայանների շահագործման ընթացքում: Ընդ որում՝ նշված միջոցառումները կարող են լինել ինչպես իրարից անկախ, այնպես էլ կապակցված կամ փոխյրացնող: Մասնավորապես, նման միջոցառումներից են էներգաբլոկների միջև ներկայանային էլեկտրական բեռնվածքի վերաբաշխումը՝ վառելիքի տնտեսման նպատակով, հեռացող ծխազագերի հետ տարվող և/կամ կոնդենսատորում հովացնող ջրին հաղորդվող ցածր պոտենցիալային ջերմության օգտահանումը, ջերմափոխանակիչների և այլ սարքավորումների արդիականացումը կամ փոխարինումը, գազի բարձր ճնշման նվազեցման նպատակով՝ տուրբադետանդերների կիրառումը, համակցված ջերմային ցիկլերին անցումը, ջերմակիրների տեղափոխման խողովակագծերի ջերմամեկուսացումը և այլն:

Նորմատիվային մեծություններից ՋԷԿ-ի շահավետության ցուցանիշների և էլեկտրակայանում վառելիքի կամ ջերմության տեսակարար ծախսերի շեղման հիմնական պատճառներն են սարքավորումների շահագործման վիճակի վատացումն ու անվանականից տարբերվող ռեժիմներում դրանց աշխատանքը: Ուստի վերոնշյալ շեղումների և գերածախսերի չափի որոշման համար անհրաժեշտ է շահավետության վրա ազդող հիմնական պարամետրերի վերահսկում և համեմատում նորմատիվային մեծությունների հետ՝ օպերատիվ կարգավորման և օպտիմալ արժեքներից շեղման վերացման միջոցառումների ձեռնարկման նպատակով: Ի տարբերություն ռուսական արտադրության էներգաբլոկների, որոնց դեպքում վառելիքի տեսակարար ծախսի մեծությունները գերազանցում են նորմատիվային արժեքները 5...10 և ավելի տոկոսով, ամերիկյան և եվրոպական արտադրության լավագույն էներգաբլոկների դեպքում այդ ցուցանիշները հաշվարկայինից ցածր են 1...2 %- ով: Սակայն բոլոր դեպքերում էլ շահագործման ընթացքում շահավետությունը նվազում է 5...10 %- ով, մինչդեռ շահագործողական վերահսկման, այդ թվում նաև՝ կոնդենսացիոն տեղակայանքների աշխատանքային ռեժիմների օպտիմալացման, մասնավորապես, կոնդենսատորներում նվազագույն ջերմաստիճանային էջերի պահպանման և հովացնող ջրի ծախսի կարգավորման միջոցով այդ կորուստները կարելի է հասցնել 1...2 %- ի: Կոն-

դենսատորի շահագործման վիճակի օպերատիվ հսկողության միջոցով կարելի է որոշել ջերմաստիճանային էջքի բաղադրիչների բնույթը և փոփոխման արագությունը: Այդ դեպքում հնարավոր է ավելի հիմնավոր կերպով իրականացնել աղտոտումներից կոնդենսատորների մաքրման և օդի ներծծումների վերացման աշխատանքները և լավարկել դրանք: Ընդ որում՝ կոնդենսատորների դիագնոստիկ թեստերի անցկացմամբ վերը նշված միջոցառումների իրականացման շնորհիվ կարելի է հասնել կայանում վառելիքի տեսակարար ծախսի 2...3 % տնտեսման, ինչը համապատասխանաբար կազմում է 7...10 գ ա.վ./ (կՎտ·ժ) [8-12]:

Շոգետուրբինում բանաձ շոգու կոնդենսացման տեղակայանքներում նուրացման անգամ չնչին փոփոխությունը հանգեցնում է տուրբինային տեղակայանքի շահավետության զգալի փոփոխության: Մասնավորապես, կոնդենսատոր տրվող ջրի ջերմաստիճանի նվազումը 1°C- ով հանգեցնում է պայմանական վառելիքի տեսակարար ծախսի նվազման 1...2 գ/(կՎտ·ժ)- ով, իսկ բարձրացումը 1°C- ով՝ տուրբինի հզորության նվազման 0.4 %- ով, ինչը համարժեք է շոգու ծախսի ավելացմանը 0.5 %- ով: Ռադիատորային չոր աշտարակահովարաններով կոնդենսացիոն հովացուցիչ տեղակայանքներով կահավորված էներգաբլոկների շահագործման փորձը ցույց է տվել, որ օդի 20 °C- ից բարձր ջերմաստիճանների դեպքում ջերմաստիճանի յուրաքանչյուր 1 °C- ով բարձրանալը հանգեցնում է էներգաբլոկի հզորության նվազմանը՝ մոտ 5 ՄՎտ-ով: Ընդ որում՝ թե ջրային և թե օդային հովացմամբ կոնդենսատորները բնութագրվում են մասնակի բեռնվածքներով աշխատանքի ռեժիմներում օդի ներծծումների չափի մեծացմամբ, ինչի արդյունքում վատանում է կոնդենսատորում տիրող նոսրացումը, և դիտվում է կոնդենսատի գերսառեցում [8-15]:

Կոնդենսատորների էներգախնայողության բարձրացման տարբերակներից մեկը հովացնող ջրին հաղորդվող ջերմության օգտահանումն է, մասնավորապես, ջերմապոմպային տեղակայանքների կամ կոնդենսատորներում ներսարքավորված խողովակափնջի կիրառումը՝ ամռանը հովացման, իսկ ձմռանը ցանցային ջրի նախնական տաքացման նպատակով, ինչպես ջերմաֆիկացիոն (օրինակ, T-100-130) շոգետուրբինային տեղակայանքների դեպքում: Նշվածից բացի, հարկ է ուսումնասիրել կոնդենսատորների շահագործման ջերմատեխնիկական բնութագրերի կախվածությունը տարբեր գործոններից և տարբերակներ առաջարկել դրանց լավարկման համար:

Ինչպես հայտնի է, կոնդենսատորի մուտքում շոգու p_2 և կոնդենսատորում շոգու հագեցման $p_{\text{կ}}$ ճնշումները կախված են կոնդենսատորի մուտքում հովացնող ջրի $t_{\text{ջ1}}$ ջերմաստիճանից, կոնդենսատորում ջրի տաքացման Δt և թերտաքացման կամ, որ նույնն է, ջերմաստիճանային էջքի δt չափից.

$$\left. \begin{aligned} p_2 \rightarrow p_y \rightarrow t_y = t_{g1} + \Delta t + \delta t, \\ \Delta t = t_{g2} - t_{g1} = D_y \cdot \Delta h / (c_{pg} \cdot G_{hg}), \\ \delta t = t_y - t_{g2}, \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

որտեղ $D_y, \Delta h = i_2 - i_{y,t_y}$ - ը համապատասխանաբար կոնդենսատոր տրվող շոգու ծախսը, lq/l , կոնդենսացման տեսակարար ջերմությունը, lR/lq , և հագեցման ջերմաստիճանն են, °C, G_{hg} - ը՝ հովացնող ջրի ծախսը, lq/l , t_{g2} - ը՝ ջերմաստիճանը կոնդենսատորի ելքում, °C, և c_{pg} - ը՝ ջրի տեսակարար ջերմունակությունը, $lR/(lq \cdot \text{աստ})$:

(4)- ից ակնհայտ է, որ t_{g1} - ի իջեցումը հանգեցնում է p_y - ի նվազման:

Սակայն էներգաբլոկների զարգացրած հզորության մեծության վրա հովացնող ջրի սկզբնական ջերմաստիճանի փոփոխման նշված ազդեցությունը ենթակա չէ կառավարման: Հովացնող ջրի մուտքի ջերմաստիճանի անփոփոխ արժեքների դեպքում շոգու ընթացիկ ծախսի համար կոնդենսատորում ճնշման նվազման կարելի է հասնել կոնդենսատորում ջերմաստիճանային էջքի և տաքացման չափի նվազման հաշվին: Δt - ի նվազման կարելի է հասնել միայն հովացնող ջրի ծախսի ավելացմամբ: Կոնդենսատորում հովացնող ջրի ծախսի ավելացումը հանգեցնում է նոսրացման խորացման, հետևաբար նաև էներգաբլոկի զարգացրած բրուտտո հզորության մեծացման, սակայն միաժամանակ ավելանում են շրջանառության պոմպերի բանեցման վրա էլեկտրաէներգիայի ծախսը և ջրօգտագործման համար հարկը: Հովացնող ջրի ավելացած ծախսի դեպքում p_y ճնշման նվազումն ուղեկցվում է նաև դեպի կոնդենսատոր օդի ներծծումների չափի և դրանով պայմանավորված՝ օդահան պոմպերի վրա ծախսվող աշխատանքի մեծացմամբ: Ուստի կոնդենսատորում հովացնող ջրի ծախսի մեծացման տնտեսական նպատակահարմարությունը ֆունկցիա է էներգաբլոկի նետտո հզորությունից, այսինքն՝ նոսրացման խորացման հետևանքով էներգաբլոկի զարգացրած հզորության աճի և շրջանառության պոմպերի բանեցման վրա հզորության լրացուցիչ ծախսի տարբերությունից [9, 10, 16].

$$N_t - N_{2պ} \Rightarrow \max : \quad (5)$$

Ֆունկցիայի օպտիմումը գտնվում է այն կետում, որտեղ հզորության աճը և շրջանառության պոմպերի (ՇՊ) բանեցման վրա հզորության լրացուցիչ ծախսը հավասարվում են իրար:

Մյուս կողմից, շահագործման պայմաններից ելնելով, երբեմն նպատակահարմար է լինում նվազեցնել հովացնող ջրի ծախսը: Մասնավորապես, ցածր

բեռնվածքներով աշխատանքային ռեժիմների դեպքում հովացնող ջրի ծախսի նվազեցման միջոցով, նոսրացման համեմատական վատացման հետ մեկտեղ, հնարավոր է նվազեցնել ՇՊ բանեցման համար էլեկտրաէներգիայի ծախսը՝ դրանով իսկ հասնելով էլեկտրակայանի շահավետության ցուցանիշների բարձրացմանը: Բացի այդ, ձմռանը մթնոլորտային օդի ցածր ջերմաստիճանների դեպքում հովացնող ջրի ծախսի նվազեցմամբ հնարավոր է խուսափել կոնդենսատի գերսառեցումից: Սակայն ջրի նվազագույն արագությունը պետք է պահպանվի 1.0...1.3 մ/վ սահմաններում, որպեսզի բացառվեն նստվածքազոյացումները և կոռոզիան խողովակների ներքին մակերևույթների վրա: Միևնույն ժամանակ, հարվածային կոռոզիայի բացառման նպատակով՝ հովացնող ջրի արագությունը կոնդենսատորում պետք է չգերազանցի 2.5 մ/վ սահմանային թույլատրելի արագությունը [8, 9]: Հովացնող ջրի ծախսի նվազեցումը (կրճատում) սահմանափակվում է p_y ճնշման 12 կՊա սահմանային թույլատրելի մեծությամբ և կոնդենսատորի ելքում հովացնող ջրի ջերմաստիճանի համար գործող բնապահպանական նորմերով: Հետևաբար՝ էներգախնայողական տեսանկյունից խնդրի լուծումը կոնդենսատորում հովացնող ջրի ծախսի լավարկումն է, որով պայմանավորված՝ կնվազեն ջրօգտագործման համար ծախսերը, հետևաբար նաև էլեկտրաէներգիայի արտադրման վրա ծախսերի տեսակարար արժեքները: Մասնավորապես, K-300-240 էներգաբլոկների համար անվանական բեռնվածքով աշխատանքի դեպքում հովացնող ջրի օպտիմալ ծախսը փոքր է հաշվարկայինի 70 %-ից հովացնող ջրի անգամ 25 °C ջերմաստիճանի դեպքում: Եվ դրանով պայմանավորված՝ միայն ՕՊԵ մակնիշի ՇՊ-երի բնութագրերի համապատասխան 70 % ծախսին անցման շնորհիվ, էներգաբլոկի անվանական բեռնվածքով աշխատանքի պայմաններում, տարեկան կտրվածքով կարելի է հասնել զգալի տնտեսման [8-12, 17]:

Կոնդենսատորում p_y ճնշման նվազեցման նպատակով δ ջերմաստիճանային էջքի ավելի փոքր արժեքներ կարելի է ստանալ, առաջին հերթին, կոնդենսատորի խողովակահամակարգում առկա նստվածքների ժամանակին հեռացմամբ և դեպի կոնդենսատոր օդի ներծծումների նվազագույն չափի պահպանմամբ: Ուստի հարկավոր է հաշվի առնել աղտոտման հետևանքով էներգաբլոկի կոնդենսատորի աշխատանքային ռեժիմի փոփոխությունը, մասնավորապես՝ խողովակներում հովացնող ջրի շարժման W_2 արագության և կոնդենսատորի ջերմային հաշվարկի արդյունքում ստացված նոսրացման վերահսկման միջոցով: Հարկ է նշել, որ մակերևութային կոնդենսատորների հովացման ներքին մակերևույթների աղտոտման հետևանքով ոչ միայն վատանում է նոսրացումը, և դրանով պայմանավորված՝ ընկնում տուրբինի զարգացրած հզորությունը, այլև խողովակների կենդանի կտրվածքի փոքրացման և խցանման հետևանքով

մեծանում է կոնդենսատորի և ցանցի հիդրավիկական դիմադրությունը, ուստի՝ ՇՊ- երի վրա ծախված հզորությունը.

$$N_{2\omega} = G_{2\omega} \cdot \Delta p_{2\omega} \cdot 10^3 / (\rho \eta_{2\omega} \cdot 3.6) \text{ կՎտ}, \quad (6)$$

Ընդհանրացնելով վերը նշվածը, կարելի է եզրակացնել, որ էներգախնայողության տեսանկյունից շահագործման օպտիմալ պայմանները (կոնդենսատորում լավարկային նոսրացում) կապահովվեն, եթե շոգու ընթացիկ ծախսի դեպքում շոգետուրբինի զարգացրած հզորությունը լինի առավելագույնը.

$$N_{\beta\theta} = N_{\xi} - N_{2\omega} - N_{t\theta} - N'_{u\lambda} \Rightarrow \max, \quad (7)$$

որտեղ

$$N'_{u\lambda} = N_{u\lambda} - N_{2\omega} - N_{t\theta} \quad (8)$$

մեծությունն էներգաբլոկի սեփական կարիքների, բացառությամբ ՇՊ-ի և էժեկտորների, բանեցման համար ծախսված հզորությունն է, որը կարելի է ընդունել գործնականում հաստատուն մեծություն կոնդենսատորում նոսրացման լավարկման դեպքում:

Շոգեշիթային էժեկտորների դեպքում դրանց բանեցման համար վերցվող շոգու՝ հզորության $N_{t\theta}$ թերարտադրության չափը կախված է շոգու $D_{t\theta}$ ծախսից և առման կետում շոգու $h_{t\theta}^{sup}$ էնթալպիայից.

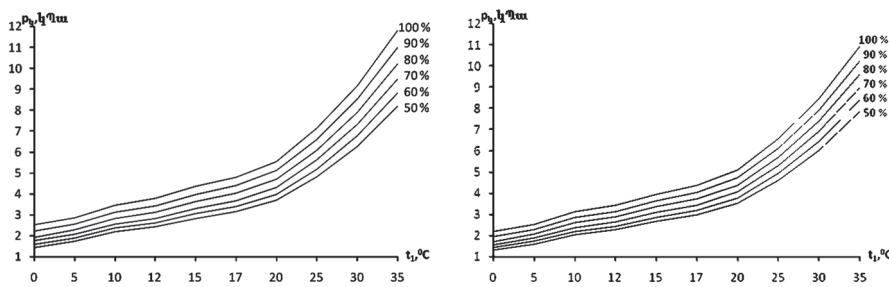
$$N_{t\theta} = D_{t\theta} \cdot (h_{t\theta}^{sup} - h_{t\theta}) \cdot \beta_p \cdot \eta_{t\theta}, \quad (9)$$

որտեղ β_p գործակիցը հաշվի է առնում ռեգեներատիվ տաքացման համակարգի համար շոգու առումները, իսկ $\eta_{t\theta}$ -ը տուրբինի էլեկտրամեխանիկական օ.գ.գ.- ն է: Ջրաշիթային էժեկտորների դեպքում $N_{t\theta}$ մեծությունը կախված է բանվորական ջրի մղման համար համապատասխան պոմպերի բանեցման վրա էլեկտրաէներգիայի ծախսից [17]:

ԱՊՀ երկրներում շահագործվող առավել տարածված խորհրդային տուրբինների (K-200-12.8, K-300-23.5, K-500-23.5, K-800-23.5, K-1200-23.5, K-220-4.4, ինչպես նաև T և ՍՏ տիպի) կոնդենսատորների բնութագրերի (տեսակարար շոգեբեռնվածություն, H_{λ} հիդրավիկական դիմադրություն և $G_{h\theta}/F$ բեռնվածություն, հովացման խողովակների բնութագրեր) և համապատասխան մեթոդով իրականացված ջերմային հաշվարկի արդյունքների վերլուծության հիման վրա կարելի է ասել, որ հիմնականում կոնդենսատորների կառուցվածքային բնութա-

գրերն էականորեն չեն տարբերվում: Մասնավորապես, միաքայլ կոնդենսատորների դեպքում հովացման բազմապատիկը տատանվում է 80...120 միջակայքում միաքայլ, 50...70 երկքայլ, 40...50 եռա- և քառաքայլ կոնդենսատորների դեպքում, ընդ որում՝ կոնդենսատորում հովացնող ջրի տաքացման չափը համապատասխանաբար կազմում է 5...7, 7...10 և 10...13 աստիճան: Էտրիդային արտադրության (ԼՄԳ, ԽՏԳ, ՈւՏԳ, ԿՏԳ) տարբեր կոնդենսատորների տեսակարար շոգեբեռնվածությունները, անվանական բեռնվածքով աշխատանքային ռեժիմի դեպքում, գտնվում են 31.5...73 կգ/(մ²·ժ), G_{h2}/F բեռնվածությունները 1...2.8 մ³/(մ²·ժ) և հիդրավլիկական դիմադրությունները՝ 30...74.38 կՊա, շոգետարածության դիմադրությունը՝ 270...410 կՊա միջակայքերում: Ընդ որում՝ ժամանակակից ՋԷԿ-երի և ԱԷԿ-ների կոնդենսատորների հուսալիության ու շահավետության բարձրացման նպատակով, համապատասխան բնութագրերի մշտադիտարկումից և հովացման ներքին մակերևույթների աղտոտման դեմ պայքարից բացի, իրականացվում են նաև դրանց կատարելագործմանը, արդիականացմանն ու շահագործման պայմանների լավացմանն ուղղված մի շարք միջոցառումներ, մասնավորապես՝ հովացման խողովակների պատրաստման համար նոր կոռոզիադիմացկուն նյութերի կիրառում՝ ելնելով հովացնող ջրի և կոնդենսատի որակից, խողովակափնջերի մոդուլային դասավորում՝ նախկին ժապավենաձևի փոխարեն և այլն [17-23]:

0...35°C միջակայքում հովացնող ջրի մուտքի ջերմաստիճանի փոփոխման դեպքում կոնդենսատորների համապատասխան շահագործման բնութագրերը փոփոխվում են հիմնականում նույն կերպ և էականորեն կախված են ինչպես կոնդենսատորի մուտքում հովացնող ջրի ջերմաստիճանից, այնպես էլ կոնդենսատորում հովացնող ջրի ծախսից և հովացման մակերևույթների մաքրության աստիճանից (նկ.):



Նկ. $p_y = f(t_{g1})$ կախվածությունը K-200-130 շոգեպորրբինի 200-ԿԼԸ-2(3) և K-300-240 շոգեպորրբինի 300-ԿԼԸ-1 մակնիշի կոնդենսատորների 50...100 % շոգեբեռնվածքի դեպքում (հովացնող ջրի ծախսերը՝ համապատասխանաբար 6944 և 10000 կգ/վ)

Այսպիսով, ամփոփելով համադրական վերլուծության արդյունքները, կարելի է ասել, որ տարբեր էներգաբլոկների մակերևութային կոնդենսատորների կառուցվածքային և շահագործման բնութագրերը հիմնականում էականորեն չեն տարբերվում: Ուստի էներգաբլոկների էներգախնայողության, հետևաբար նաև էներգաարդյունավետության բարձրացման կարելի է հասնել դրանց աշխատանքային ճիշտ ռեժիմների ընտրման, կոնդենսատորների ՇՊ-երի վրա էլեկտրաէներգիայի ծախսի, որը հիմնականում կախված է կոնդենսատորներում հովացնող ջրի ծախսից և կոնդենսատորի ջերմափոխանցման մակերևույթների մաքրության աստիճանից, լավարկման, շահագործման համապատասխան բնութագրերի մշտադիտարկման շնորհիվ՝ խախտումների ու շեղումների ժամանակին հայտնաբերման, կանխարգելման ու վերացման ճանապարհով:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. www.minenergy.am
2. World Energy Outlook 2016.
3. **Буров В.Д., Дорохов Е.В., Елизаров Д.П.** Тепловые электрические станции: Учебник для вузов/ Под ред. В.М. Лавыгина, А.С. Седлова, С.В. Цанева. - М.: Изд. МЭИ, 2007.- 466 с.
4. **Трухний А.Д., Изюмов М.А., Поваров О.А., Малышенко С.П.** Основы современной энергетики. Том 1: Современная теплоэнергетика/ Под ред. А.Д. Трухния.- М.: Изд. МЭИ, 2008.- 472 с.
5. **Արշակյան Դ.Թ.** Ջերմային էլեկտրական կայաններ: Ուս. ձեռնարկ պոլիտեխնիկական ին.-տի համար.- Եր.: Լույս, 1981.- 597 էջ:
6. **Матвеев А.С.** Тепловые и атомные электрические станции.- Томск, 2009. - 190 с.
7. **Գևորգյան Ա.Ա., Մարուխյան Ո.Ջ.** Ատոմային էլեկտրական կայաններ.-Եր.: «Լուսաբաց» հրատարակչատուն, 2012.-250 էջ:
8. **Առաքելյան Ա.Ս.** Ջերմաէլեկտրակայաններում ներկայանային էլեկտրական բեռնվածքի լավարկային բաշխումը՝ ցածր պոտենցիալային մասերի արդյունավետության ցուցանիշների ներառմամբ: Թեկն. ատենախոսություն.- Երևան, 2014.- 142 էջ:
9. **Շամամյան Ե.Ռ.** ՋէԿ-երի կոնդենսացիոն տեղակայանքների շահագործման լավարկային պայմանների հետազոտումը և արդյունավետության բարձրացման մեթոդների մշակումը: Թեկն. ատենախոսություն.- Երևան, 2010.- 145 էջ:
10. **Շամամյան Ե.Ռ.** ՋէԿ-երի մակերևութային կոնդենսատորների աղտոտման հետևանքով էլեկտրական հզորության անկման մաթեմատիկական մոդելի մշակումը// ՀՃԱԼ. - 2009.-Հ.6, N3.-էջ 377-380:
11. **Борисов Г.М., Макарьян В.А.** Внедрение систем оперативной диагностики-средство улучшения технико-экономической работы оборудования на ТЭС// Вестник МЭИ. -2004.-N°5.- С. 5-7.
12. **Борисов Г.М., Скубиенко С.В.** О влиянии платы за водопользование на себестоимость вырабатываемой электроэнергии энергоблоком 300 МВт// Изв. Вузов, Сев.-Кавк. регион. Техн. Науки.- 2004.-N°4.- С. 34-36.

13. **Кулоян Л.Т., Марухян В.З., Оганесян Л.С.** Интенсификация работы конденсационно-охлаждающих установок// Известия вузов. Энергетика.- 1981.- №1.- С. 53-60.
14. **Шелепов И.Г.** Оптимизация низкопотенциальных комплексов турбоустановок электростанций на базе технического диагностирования //Энергомашиностроение. -2003.- № 3.- С. 40-48.
15. **Մարության Ո.Զ., Բուռնաջյան Հ.Ա.** Ջերմային էլեկտրակայանների աշխատանքային ռեժիմներ և շահագործում: Ուսումնական ձեռնարկ.- Երևան, 1994.- 146 էջ:
16. **Մարության Ո.Զ., Շամաձյան Ե.Ռ.** Ջէչ-երի մակերևութային կոնդենսատորների աղտոտման հետևանքով ջերմային ռեժիմի փոփոխության հաշվարկի մեթոդ//ՀՀ ԳԱԱ և ՀՊՃՀ Տեղեկագիր. Տեխն. գիտ. սերիա.-2009.- Հ.62, N2.- էջ 163-170:
17. Теплообменники энергетических установок: Учебное электронное издание / **К.Э. Аронсон, С.Н. Блинков, В.И. Брезгин, Ю.М. Бродов и др.**- Екатеринбург: УрФУ, 2015.
18. **Кирсанов И.Н.** Конденсационные установки.- М.; Л.: Энергия,1965.- 376с.
19. **Берман Л.Д., Ефимочкин Г.И., Зернова Э.П.** Конструкция, расчет и исследование конденсационных устройств крупных паровых турбин в Великобритании// Теплоэнергетика.- 1977. -№ 9.- С. 88-92.
20. **Шкловер Г.Г., Мильман О.О.** Исследование и расчет конденсационных устройств паровых турбин.- М.: Энергоиздат, 1985.- 300 с.
21. **Մարության Ո.Զ., Հովհաննիսյան Լ.Ս.** Ջրախնայողական տեխնոլոգիաների կիրառումը էներգետիկայում: Դասագիրք.- Եր.: Ճարտարագետ, 2007.- 288 էջ:
22. **Ботько Е.Н., Жуковская А.А.** Повышение надежности и экономичности конденсаторов паровых турбин ТЭС и АЭС.-СНТК 69// Актуальные проблемы энергетики.- БНТУ.- 2014.- С. 162-165.
23. **Бродов Ю.М.** Повышение эффективности и надежности теплообменных аппаратов паротурбинных установок // Теплоэнергетика.-1998.- №1.- С. 25-29.

В.З. МАРУХЯН, А.С. АРАКЕЛЯН

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОВЕРХНОСТНЫХ КОНДЕНСАТОРОВ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ИХ ЭКОНОМИЧНОСТИ

Произведен сравнительный анализ показателей поверхностных конденсаторов ТЭС с конденсационными паротурбинными установками. В частности, рассмотрены вопросы оптимизации конструктивных и эксплуатационных характеристик конденсаторов, изменения расходов охлаждающей воды в конденсаторе и электроэнергии на циркуляционные насосы с точки зрения возможного повышения их экономичности.

Ключевые слова: тепловая электростанция, паротурбинная установка, поверхностный конденсатор, система технического водоснабжения, энергоэффективность, энергосбережение.

V.Z. MARUKHYAN, A.S. ARAKELYAN

**COMPARATIVE ANALYSIS OF SURFACE CONDENSERS FROM THE
STANDPOINT OF THEIR EFFICIENCY**

A comparative analysis of the parameters of surface condensers of TPPs with condensing steam turbine units is carried out. In particular, the issues on optimizing the design and operation characteristics of condensers, the change in the cooling water flow in the condenser and electric power to the circulation pumps are considered in terms of the possible increase of their efficiency.

Keywords: thermal power plant, steam turbine unit, surface condenser, technical water supply system, energy efficiency, economy.

ՀՏԴ 621.039.586

**Վ.Գ. ՊԵՏՐՈՍՅԱՆ, Ա.Դ. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ, Է.Ա. ԵՂՈՅԱՆ, Ա.Պ. ՊԵՏՐՈՍՅԱՆ,
Մ.Ռ. ՄՈՎՍԻՍՅԱՆ**

**ԾԱՆՐ ՎԹԱՐԻ ԴԵՊՔՈՒՄ ԶՋԷՌ-440 ՌԵԱԿՏՈՐՈՎ ԷՆԵՐԳԱՔԼՈՎՆԵՐՈՒՄ
ՋՐԱԾՆԱՅԻՆ ՎՏԱՆԳԻ ՄԵՂՄՄԱՆ ԱՅԼԸՆՏՐԱՆՔԱՅԻՆ
ՄԵԹՈԴԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ**

Որոշվել են հնարավոր ծանր վթարի դեպքում ՋՋԷՌ-440 ռեակտորով էներգաբերկում թթվածնի կուտակման և ջրածնի վտանգավոր այրման տեսանկյունից առավել հավանական ծավալները: Առավել վտանգավոր ծավալի համար առաջարկվել է ջրածնային վտանգի մեղմման այլընտրանքային մեթոդիկա՝ հիմնված միջավայրի կանխամտածված արտանետման և ազոտի սրսկման եղանակով թթվածնի քանակության նվազեցման վրա:

Առանցքային բաներ. ՋՋԷՌ-440, ծանր վթար, ջրածնային վտանգ, ազոտի սրսկման համակարգ, ֆիլտրացված օդափոխման համակարգ, սպրինկլերային համակարգ:

Ներկայումս աշխարհում միջուկային էներգաբերկ շահագործող կազմակերպությունների համար ծանր վթարների ուսումնասիրությունը և դրանց կառավարման ռազմավարությունների մշակումը հանդիսանում է հրատապ լուծումներ պահանջող խնդիրներից մեկը: Միջուկային էներգաբերկում հնարավոր ծանր վթարի դեպքում շահագործող անձնակազմի հիմնական խնդիրներից է հերմետիկ շինության ամբողջականության պահպանումը, որը դեպի շրջակա միջավայր ռադիոակտիվ արտանետումների ճանապարհին վերջին խոչընդոտն է: Ծանր վթարի ընթացքում գեներացված ջրածնի հնարավոր բռնկումը կարելի է համարել հերմետիկ շինության և ներքին կոնստրուկցիաների ֆիզիկական ամբողջականությանը սպառնացող ամենալուրջ վտանգը: Ասվածի լավագույն օրինակն է 2011թ. Ճապոնական Ֆուկուշիմա ԱԷԿ-ում տեղի ունեցած վթարը, որը