ISSN 0002-306X. ՀԳԱԱ և ՀԱՊՀ Տեղ. Տեխն. գիտ. սերիա. 2024. Հ. LXXVII, N3

ՀՏԴ 621.175 ԷՆԵՐԳԵՏԻԿԱ

DOI: 10.53297/0002306X-2024.v77.3-293

Ռ.Զ. ՄԱՐՈՒԽՅԱՆ, Ն.ՅՈՒ. ԴԱՎԹՅԱՆ

ՄԱԿԵՐԵՎՈՒԹԱՅԻՆ ԿՈՆԴԵՆՍԱՏՈՐՆԵՐԻ ՋԵՐՄԱՅԻՆ ՀԱՇՎԱՐԿԻ ՄԵԹՈԴՆԵՐԻ ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅՈՒՆԸ ԿՈՆԴԵՆՍԱՏՈՐՆԵՐԻ ՊԻՏԱՆԻՈՒԹՅԱՆ ԱՐԱՏՈՐՈՇՄԱՆ ՏԵՍԱՆԿՅՈՒՆԻՑ

Հետազոտվել է կոնդենսացիոն տեղակայանքների աշխատանքը: Կատարվել է տարբեր մեթոդներով կոնդենսատորների հաշվարկների արդյունքների համադրական վերլուծություն:

Առանցքային բառեր. կոնդենսացիոն տեղակայանք, կոնդեսատորի խողովակափունջ, օդագոլորշային խառնուրդ, ջերմափոխանցման ինտենսիվություն, ջերմահաղորդականության գործակից, մաքրության աստիճան:

Ներածություն: Կոնդենսացիոն տեղակայանքների մոնիտորինգի և արատորոշման (դիագնոստիկայի) գործառույթների իրականացումն անհնար է՝ առանց դրանցում ընթացող պրոցեսների ֆիզիկա-քիմիական մոդելավորման:

Թվով տասը մեթոդների վերլուծության միջոցով ջերմափոխանցման գործակցի հաշվարկման արդյունքում ստացված մեծությունների և փորձնական տվյալների համադրումը, հաստատել է, որ կոնդենսատորների ինժեներական հաշվարկների դեպքում, գործնական նպատակների համար, բավարար ճշգրտությամբ կարող են երաշխավորվել նախկին Համամիութենական ջերմատեխնիկական ինստիտուտի, ԱՄՆ-ի ջերմափոխանցման ինստիտուտի, Կալուգայի տուրբինաշինական գործարանի, Ուրալի դաշնային համալսարանի կողմից մշակված մեթոդները: Դիտարկված մեթոդներից մի քանիսը (Համամիութենական ջերմատեխնիկական ինստիտուտ, «Մետրոպոլիտեն-Վիկկերս» և այլն) հիմնվում են ռեժիմային բնութագրերի վրա և հնարավորություն են տալիս՝ անմիջականորեն հաշվարկելու կոնդենսատորի ամբողջ մակերևույթի ջերմափոխանցման գործակցի միջին արժեքի մեծությունը: Մեթոդների մյուս խումբը (Կալուգայի տուրբինաշինական գործարան, Ուրալի դաշնային համալսարան) հիմնված է կոնդենսատորի գոլորշային և ջրային հատվածների ջերմափոխանցման գործակցի մեծության անջատ որոշման վրա և հնարավորություն է տալիս՝ հաշվի առնելու խողովակների աղտոտման, գոլորշում օդի պարունակության և մի շարք այլ գործոնների ազդեցությունը ջերմափոխանցման արդյունավետության վրա ինչպես նախագծային, այնպես էլ ռեժիմային տեսանկյուններից:

Խնդրի դրվածքը և մեթոդիկայի հիմնավորումը: Կոնդենսացիոն տեղակայանքի հաշվարկի համար Համամիութենական ջերմատեխնիկական ինստիտուտի (ВТИ) մեթոդը [1] կիրառելու դեպքում կոնդենսատորում ջերմափոխանցման գործակցի մեծության որոշման համար անհրաժեշտ է օգտագործել հետևյալ արտահայտությունը՝

$$K = 4070 \cdot a \cdot \phi_w \cdot \phi_t \cdot \phi_z \cdot \phi_\delta, \qquad (1)$$

որտեղ a-ն մաքրության գործակիցն է, որը հաշվի է առնում ջերմափոխանցման մակերևույթի խողովակների վիճակը և խողովակների մետաղի ջերմահաղորդականության ազդեցությունը (տեխնիկապես մաքուր, տեխնիկական շահագործման կանոններին համապատասխան կոնդենսացիոն տեղակայանքի համար այն ընդունվում է 0,65...0,85 միջակայքում), ϕ_w-ն գործակից է, որը հաշվի է առնում խողովակներում հոսող ջրի շարժման արագության ազդեցությունը, ϕ_t-ն գործակից է, որը հաշվի է առնում խողովակներում հոսող ջրի ջերմաստիճանի ազդեցությունը, ϕ_z-ը գործակից է, որը հաշվի է առնում կոնդենսատորում հովացնող ջրի քայլերի թիվը, ϕ_δ-ն գործակից է, որը հաշվի է առնում կոնդենսատորի տեսակարար շոգեբեռնվածքի ազդեցությունը:

ԱՄՆ-ի ջերմափոխանցման ինստիտուտի (ИТО США) մշակած հաշվարկային մեթոդը [2] կիրառելիս, ВТИ մեթոդի նման, ջերմափոխանցման գործակցի որոշման համար ներառված $\beta_ш$ – գործակիցը նախագծման փուլում վերցվում է 0,75...0,85 միջակայքում և կախված է կոնդենսատորի խողովակային համակարգի մաքրության աստիճանից:

Ինչ վերաբերում է β_t գործակցին, ապա այն ջերմափոխանցման գործակցի հաշվարկման ժամանակ հաշվի է առնում կոնդենսատորի մուտքում հովացնող ջրի տարբեր ջերմաստիճանների ազդեցությունը: Խողովակների մետաղի և դրա հաստության ազդեցության գնահատումն իրականացվում է $b_ц$ – ուղղիչ գործակցի միջոցով:

Լենինգրադի (ներկայիս Սանկտ-Պետերբուրգ) մետաղաշինական գործարանի (ЛМЗ) հաշվարկային մեթոդը [2] հիմնվում է այն առնչությունների (կախվածությունների) վրա, որն առաջարկվել է «Մետրո-Վիկկերս»-ի կողմից: Հաշվարկի տվյալ մեթոդը հնարավորություն չի տալիս՝ հաշվի առնելու ջերմափոխանցման գործակցի վրա խողովակի տրամագծի, կոնդենսատորի տեսակարար շոգեբեռնվածքի, ջերմափոխանցման մակերևույթի մաքրության աստիճանի և խողովակի պատի հաստության ազդեցությունները: Փորձարարական և հաշվարկային տվյալների զուգամիտությունը մի շարք կոնդենսացիոն տեղակայանքների դեպքում հաշվարկելիս (ЛМЗ-ի մեթոդով) դիտվում է աղտոտման գործակցի 0,7...0,8 թվային արժեքը ներմուծելիս:

Տուրբոմոտորային գործարանի (ТМЗ)՝ Ուրալի տուրբինային գործարանում (УТЗ) մշակված մեթոդով [3] կոնդենսատորի հաշվարկման դեպքում կոնդենսացիոն տեղակայանքի ջերմափոխանցման գործակցի բազային նշանակությունը որոշվում է ВТИ մեթոդին համաձայն, որից հետո դրան ավելացվում է աղտոտող շերտի (խողովակների ներքին մակերևույթ) ջերմային դիմադրությունը ($R_ш = \frac{\delta_ш}{\lambda_ш}$): Խողովակների նյութի ջերմահաղորդականության հաշվի առնելն իրականացվում է, եթե այն տարբերվում է Л68-ից: Դա կատարվում է խողովակի պատի ջերմային դիմադրության ներմուծմամբ՝ հանելով արույրե խողովակի

(1 *մմ* պատի հաստությամբ) ջերմային դիմադրությունը: ТМЗ-УТЗ-ի շոգետուրբինների կոնդենսատորների ներսարքավորված խողովակափնջերի հաշվարկը հիմնվում է «Մետրո-Վիկկերս»-ի մեթոդի վրա, ընդ որում, ջերմափոխանցման մակերևույթի աղտոտվածության հաշվի առնելը կատարվում է հիմնական խողովակափնջի նման, կատարելով համապատասխան ուղղումներ օդահովացուցչի մակերևույթի համապատասխան չափաբաժնի չափով:

Կոնդենսացիոն տեղակայանքների վերը թվարկված բոլոր հաշվարկները տալիս են կոնդենսատորի ջերմափոխանցման ամբողջ մակերևույթի ջերմափոխանցման գործակցի մեծության միջին գնահատականը՝ ըստ ինտեգրալ ռեժիմների և կոնդենսատորի կոնստրուկտորական բնութագրերի ($W_{ջ1}, t_{1հջ}, D_{կ}, n_{խողող}$): Այս մեթոդով հաշվարկի ընթացքում օդի ներծծումների և խողովակների աղտոտվածության ազդեցությունների տարանջատումը հնարավոր չէ:

Կալուգայի տուրբինաշինական գործարանի (КТЗ) մշակած մեթոդի համաձայն [2] ՝շոգու միջոցով ջերմատվության գործակցի որոշումն իրականացվում է՝ հաշվի առնելով օդի ներծծումները (օդագոլորշային խառնուրդ) կոնդենսատոր՝ ըստ հետևյալ արտահայտության.

$$\alpha_{խ} = 0.56 \cdot \overline{\alpha_2} \cdot \varepsilon^{-0.05} , \qquad (2)$$

որտեղ $\overline{\alpha_2}$-ն հորիզոնական խողովակափնջում մաքուր գոլորշու կոնդենսացման պրոցեսում ջերմատվության գործակցի միջին նշանակությունն է, ε-ն՝ գոլորշում օդի հարաբերական պարունակությունը (ըստ տեխնիկական շահագործման կանոնների հաշվարկի ժամանակ այն վերցվում է առավելագույնը):

Այս մեթոդով չի իրականացվում կոնդենսատորի մակերևույթի մաքրության աստիճանի բացահայտ տեսքով հաշվի առնելը:

Ուրալի պետական տեխնիկական համալսարանի (Ուրալի պոլիտեխնիկական ինստիտուտ) УГТУ-УПИ-ի կողմից առաջարկվող մեթոդը նման է КТЗ-ի մեթոդին: Այս դեպքում իրականացվում է կոնդենսացվող շոգուց խողովակի պատին ջերմատվության գործակցի α_2 (КТЗ-ի մեթոդում՝ $\alpha_{խ}$) որոշում՝ ըստ հետևյալ արտահայտության.

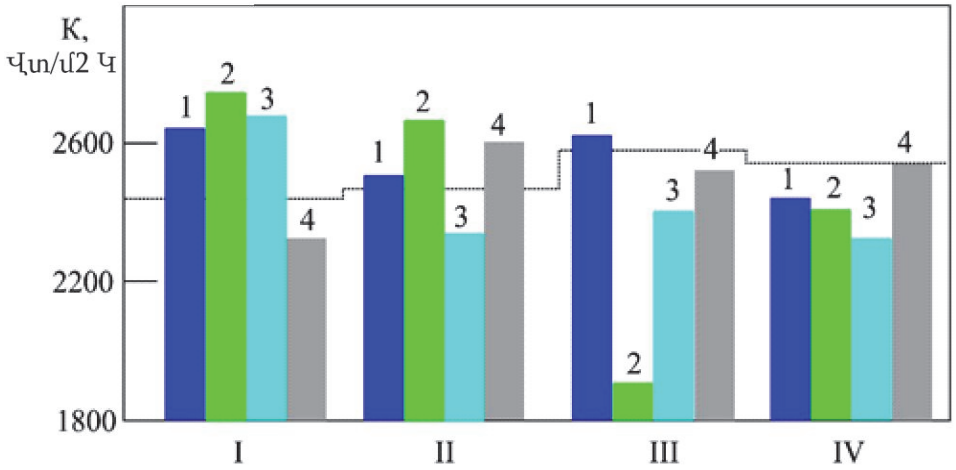
$$\alpha_2 = \alpha_{Nu} \cdot \phi_w \cdot \phi_{hկ} \cdot \phi_{oդ} \cdot \phi_f \cdot \phi_կ \,, \qquad (3)$$

որտեղ α_{Nu}-ն ջերմատվության գործակիցն է ըստ Նուսելտի, ϕ_w-ն՝ շոգու արագությունը հաշվի առնող գործակիցը, $\phi_{hկ}$-ն՝ կոնդենսատի հոսքը հաշվի առնող գործակիցը, $\phi_{oդ}$-ն՝ գոլորշում օդի պարունակությունը հաշվի առնող գործակիցը, ϕ_f-ն՝ խողովակների վիբրացիայի պարամետրերը հաշվի առնող գործակիցը, $\phi_կ$-ն՝ խողովակափնջի հարմարադասումը հաշվի առնող գործակիցը:

КТЗ-ի և УГТУ-УПИ-ի մեթոդները հնարավորություն են տալիս՝ իրականացնելու կոնդենսատորի հաշվարկները տարանջատ, գնահատելով կոնդենսատորում շոգու ճնշման վրա օդի ներծծումների ազդեցությունն առանձին և խողովակային համակարգի աղտոտվածության ազդեցությունն առանձին, քանզի այդ մեթոդները հնարավորություն են տալիս՝ առանձին որոշելու շոգու և ջրի ջերմատվության գործակիցները: Օդի ներծծումների և աղտոտվածության ազդեցությունը հաշվի առնելու համար անհրաժեշտ է ճշտորեն իմանալ խողովակների ներքին մակերևույթների վրա նստվածքագոյացումների ջերմային դիմադրությունը և դեպի կոնդենսացիոն տեղակայանք օդի ներծծումների մեծությունը: Շահագործման պայմաններում աշխատող կոնդենսատորի վրա այդ պարամետրերի անմիջական չափումների կազմակերպումը բավականաչափ դժվարին խնդիր է: Առկա են նաև բարդություններ կոնդենսացիոն տեղակայանքում ջերմափոխանցման պրոցեսի վերլուծության տեսանկյունից: Վերջինս կապված է այն բանի հետ, որ պրոցեսի պարամետրերի որևէ մեկի փոփոխությունը հանգեցնում է տեղային պարամետրերի և խողովակափնջում ջերմափոխանցման ինտենսիվության վերաբաշխմանը:

Կոնդենսացիոն տեղակայանքում ջերմափոխանցման պրոցեսի վրա ազդող տարբեր գործոնների խիստ հաշվառումը բարդացված է նաև կոնդենսատորի ծավալում արագության եռաչափ դաշտերի և օդագոլորշային խառնուրդի այլ պարամետրերի որոշմամբ և մաթեմատիկական նկարագրմամբ: Հաշվի առնելով վերոնշյալը, УГТУ-УПИ-ի և КТЗ-ի մեթոդների կիրառմամբ կոնդենսացիոն տեղակայանքի ամբողջական արատորոշումը նույնպես բարդ խնդիր է:

Ստորև բերվում է վերոնշյալ տարբեր մեթոդներով կոնդենսատորների հաշվարկների (անվանական ռեժիմով աշխատելիս) և շահագործման պայմաններում արդյունաբերական փորձարկումների արդյունքների համադրական գրաֆիկական վերլուծությունը (նկ.1):

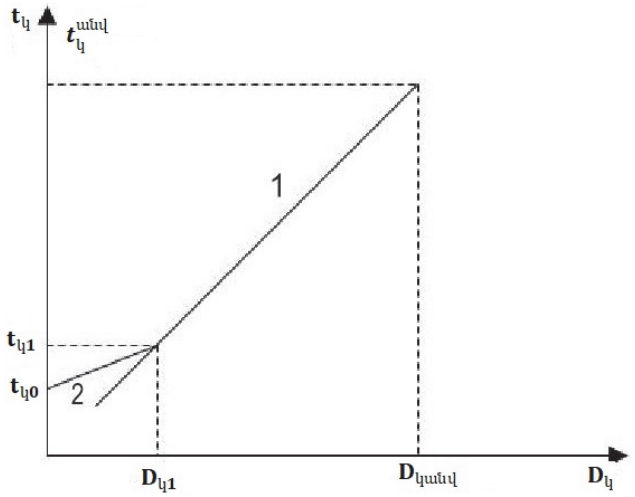


Նկ.1. Կոնդենսատորների հաշվարկների և շահագործման պայմաններում արդյունաբերական փորձարկումների արդյունքների համադրական գրաֆիկական վերլուծությունը
1. ВТИ-ի մեթոդ (a=0.8), 2. ИТО США-ի մեթոդ (βաշխ=0,6), 3. КТЗ-ի մեթոդ (ε–ը վերցված է առավելագույն թույլատրելին), 4. УГТУ-УПИ-ի մեթոդ.
I. K-200-130 շոգետուրբինի կոնդենսատոր, II. K-500-240 շոգետուրբինի կոնդենսատոր, III. K-800-240 շոգետուրբինի կոնդենսատոր, IV. T-110/120-130 շոգետուրբինի կոնդենսատոր, փորձնական տվյալներ

Վերը բերված նկարի հաշվարկային տվյալները հաշվարկվել են կոնդենսատորի անվանական ռեժիմով աշխատանքի դեպքում՝ $D_{կ} = D_{կ}^{անվ}$, $G_{ջ} = G_{ջ}^{անվ}$, $t_{1հջ} = 12$ °C: Ինչպես երևում է նկարից, փորձնական տվյալների և տարբեր մեթոդներով հաշվարկված ջերմափոխանցման գործակցի տվյալների տարամիտումը կազմում է մոտավորապես 20 %: Այսպիսի շեղումը միանգամայն բավարար է: Այսինքն՝ վերը բերված մեթոդներով կարելի է բավարար ճշգրտությամբ իրականացնել տեխնիկապես մաքուր կոնդենսատորի ջերմային հաշվարկը, երբ օդի ներծծումների ազդեցությունը էական չէ, օրինակ, դեպի կոնդենսատոր շոգու մեծ ծախսի պայմաններում:

[4] աշխատանքում ներկայացված մեթոդը, ի տարբերություն վերը թվարկածի, հնարավորություն է տալիս բավականին խստորեն հաշվի առնել կոնդենսատորում շոգու ճնշման վրա օդի ներծծումների ազդեցությունը՝ կոնդենսատորի ծավալում օդի պարցիալ ճնշման հաշվարկման միջոցով:

Ընդհանուր գծերով տվյալ մեթոդի սկզբունքային դրույթները հետևյալն են: Նշենք, որ մեթոդը հիմնվում է կոնդենսատորի և էժեկտորի համատեղ աշխատանքի բնութագրի վրա [2] (նկ. 2):



Նկ. 2. Կոնդենսատորի և էժեկտորի համատեղ բնութագիրը

Կոնդենսատորի և էժեկտորի համատեղ բնութագիրը կարելի է տրոհել 2 տեղամասի: 1-ին տեղամասը բնութագրում է կոնդենսացիոն տեղակայանքի աշխատանքը դեպի կոնդենսատոր շոգու մեծ ծախսի պայմաններում: $D_{կ}$-ի փոփոխության այդ միջակայքում, օդի ներծծումների նորմատիվ մեծությունների պարագայում, էժեկտորը կոնդենսացիոն տեղակայանքի աշխատանքի արդյունավետության վրա ազդեցություն չի ունենում: 2-րդ տեղամասը ներկայացնում է կոնդենսատոր – էժեկտոր համակարգի համատեղ բնութագիրը: Այս տեղամասը բնութագրում է կոնդենսատորի աշխատանքը շոգու փոքր ծախսերի պայմաններում: Փոքր ծախսային ռեժիմներում օդի ներծծումները էական ազդեցություն են ունենում ջերմափոխանցման գործակցի վրա: Ուստի 1-ին տեղամասը կարող է հաշվարկվել վերը բերված մեթոդներից որևէ մեկով, իսկ 2-րդ տեղամասը՝ [2, 4] – ում առաջարկված մեթոդով:

Եվ որպես ամփոփիչ եզրահանգում ուշագրավ մտորումների տեղիք կարող է տալ [5] -ում գրեթե մեկ տասնյակի հասնող արտասահմանյան մի շարք մեթոդների վերլուծության ներկայացումը՝ շոգետուրբինների կոնդենսատորների ջերմափոխանցման գործակիցների գնահատման միջոցով ստացված $P_{կ}$-ների և դրանց փորձնական տվյալների համադրմամբ 100 *ՄՎտ*-ից մինչև 800 *ՄՎտ* հզորությամբ տուրբաագրեգատների կտրվածքով: Այդ առումով, որպես օրինակ, ստորև աղյուսակում բերվել է K-220-44 ХТГЗ տուրբատեղակայանքի կոնդենսատորի հաշվարկային և փորձարարական տվյալների համադրումը:

K-220-44 ХТГЗ տուրբատեղակայանքի կոնդենսատորի հաշվարկային և փորձարարական տվյալների համադրումը

Կոնդենսատոր տրվող շոգու ծախսը, *տ/ժ*	Հովացնող ջրի ծախսը, $մ^3/ժ$	Հովացնող ջրի ջերմաստիճանը կոնդենսատորի մուտքում, ^0C	Շոգու ճնշումը, *կՊա*			
			Փորձ	Հաշվարկի արդյունքները ըստ մեթոդների		
				ВТИ	КТЗ	УГТУ-УПИ
144.5	15227	1.7	1.92	1.49	1.31	1.81
93.1	14595	2.1	1.83	1.41	1.10	1.70
264.1	17170	3.3	2.70	1.96	2.15	2.55
241.0	16895	3.5	2.57	1.89	2.02	2.42
336.4	18162	4.2	3.30	2.37	2.78	3.11
360.0	18275	5.0	3.59	2.61	3.12	3.39
176.5	16360	7.7	2.57	2.06	2.09	2.44
129.0	15945	8.3	2.38	1.94	1.84	2.26
221.1	17075	12.7	3.475	2.90	3.20	3.33

Եզրակացություն: Կոնդենսատորի բնութագրի հաշվարկի համար այս կամ այն մեթոդի ընտրությունը որոշվում է նախապատվությամբ և պատրաստող գործարանում ձևավորված գործնական հանգամանքներով: Կոնդենսատորների արտասահմանյան արտադրողները՝ թե եվրոպական և թե ամերիկյան, լայնորեն օգտագործում են ԱՄՆ Ջերմափոխանցման ինստիտուտի (ՋՓԻ) հաշվարկային մեթոդը՝ երբեմն կատարելով որոշակի ուղղումներ: Օրինակ, ABB-ին լրացուցիչ հաշվի է առնում խողովակափնջի կոմպակտության գործոնը, որը ներկայացնում է մոդուլի ծայրամասային խողովակների թվի հարաբերությունը խողովակների լրիվ թվին: Որոշակի ստանդարտը տալիս է երաշխավորություններ և առնչություններ ջերմային և հիդրավլիկական հաշվարկների համար, ընդ որում, սահմանափակելով խողովակներում ջրի շարժման արագությունը 0,9 *մ/վ* և նվազագույն թերտաքացումը՝ վերցնելով այն 2,8 °C (5 °F):

Կոնդենսատորների ջերմային և հիդրավլիկական հաշվարկների գոյություն ունեցող մեթոդները հիմնականում բավարար են էսքիզային նախագծման և շահագործման հսկողության նպատակների իրագործման համար: Սակայն կոնդենսատորներում ընթացող ֆիզիկական պրոցեսների խոր հետազոտման համար կիրառվում են ժամանակակից հաշվողական ծրագրային փաթեթների ու գործիքամիջոցների թվային մոդելավորման մեթոդները:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. РД 34.30.104. Руководящие указания по тепловому расчету поверхностных конденсаторов мощных турбин ТЭС и АЭС. - М.: СПО “Союзтехэнерго”, 1982.- 106 с.
2. **Шкловер Г.Г., Мильман О.О.** Исследование и расчет конденсационных установок паровых турбин.- М.: Энергоатомиздат, 1985. - 240 с.
3. **Хает С.И.** Разработка и реализация элементов диагностического модуля для мониторинга состояния конденсационной установки паровой турбины: Дис. … к.т.н.- Екатеринбург, 2004. – 147 с.
4. **Шемпелев А.Г.** Разработка и исследование некоторых способов повышения эффективности конденсационных устройств паровых турбин при малопаровых режимах работы: Автореф. дис. ... к.т.н.- Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 1999. - 21с.
5. **Ледуховский Г.В., Поспелов А.А.** Конденсационные установки паровых турбин: Расчет энергетических характеристик: Учебное пособие.- Иваново, 2014.- 112с.

Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 16.10.2024:

В.З. МАРУХЯН, Н.Ю. ДАВТЯН

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ТЕПЛОВОГО РАСЧЕТА ПОВЕРХНОСТНЫХ КОНДЕНСАТОРОВ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ДИАГНОСТИКИ ПРИГОДНОСТИ КОНДЕНСАТОРОВ

Исследована работа конденсационных установок. Проведен анализ расчетов конденсаторов различными методами.

Ключевые слова: конденсационная установка, конденсаторный пучок труб, паровоздушная смесь, интенсивность теплоотдачи, коэффициент теплопроводности, степень чистоты.

V. Z. MARUKHYAN, N. YU. DAVTYAN

ANALYSIS OF THERMAL CALCULATION METHODS OF SURFACE CAPACITORS FROM THE PERSPECTIVE OF DETERMINING THE SUITABILITY OF CAPACITORS

The operation of condensing units has been studied. A comparative analysis of the results of calculations of capacitors using different methods was carried out.

Keywords: condensing unit, condenser tube bundle, steam-air mixture, heat transfer intensity, thermal conductivity coefficient, degree of purity.