

ՋԵՐՄԱԷՆԵՐԳԵՏԻԿԱ, ՇՐՋԱԿԱ ՄԻՋԱՎԱՅՐԻ
ՊԱՇՏՊԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

ՀՏԴ 621.574

Ռ.Գ. ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ, Մ.Ի. ՔԱՍՍԻՍ

**ԱՔՍՈՐԲՑԻՈՆ ՍԱՌՆԱՐԱՆԱՅԻՆ ՄԵՔԵՆԱՆԵՐԻ ՕԳՏԱԳՈՐԾՄԱՄԲ
ԷՆԵՐԳԱԱՐԴՅՈՒՆԱՎԵՏՈՒԹՅԱՆ ԲԱՐՁՐԱՑՄԱՆ ԳՆԱՀԱՏՈՒՄԸ
ՇԵՆՔԵՐԻ ԷՆԵՐԳԱՍՊԱՌՄԱՆ ՄՈԴԵԼԱՎՈՐՄԱՆ ՄԻՋՈՑՈՎ**

Գնահատվում է ավելցուկային ջերմային էներգիա օգտահանող բրոմալիթիումային աբսորբցիոն սառնարանային մեքենաների օգտագործման հնարավորությունը՝ շենքերի հովացման համակարգերում էներգետիկական արդյունավետությունը բարձրացնելու նպատակով: Կատարվել է շենքերի էներգասպառման մոդելավորում՝ շենքերի շահագործումը նմանակելու և էներգիայի պահանջարկը որոշելու համար:

Առանցքային բառեր. աբսորբցիոն սառնարանային մեքենա, փոխակերպման գործակից, էներգախնայողություն, շենքերի հովացման համակարգեր, շենքերի էներգասպառման մոդելավորում:

Ներածություն: Որպես էներգախնայողության համակարգերի հիմք՝ աբսորբցիոն ջերմության տրանսֆորմատորների կիրառությունը, կոգեներացման տեղակայանքների ամառային չօգտագործվող ջերմության առման և ոչ ավանդական վերականգնվող աղբյուրների ջերմության հիման վրա աշխատանքի դեպքում, դիտարկվել է բազմաթիվ գիտական հետազոտություններում [1]: Կատարված աշխատանքների արդյունքների ուսումնասիրությունը թույլ է տվել որոշել տարբեր տեսակի ջերմության տրանսֆորմատորների արդյունավետ օգտագործման ոլորտները՝ շենքերի հովացման և կենտրոնացված ջերմամատակարարման էներգետիկական ցուցանիշները բարելավելու համար:

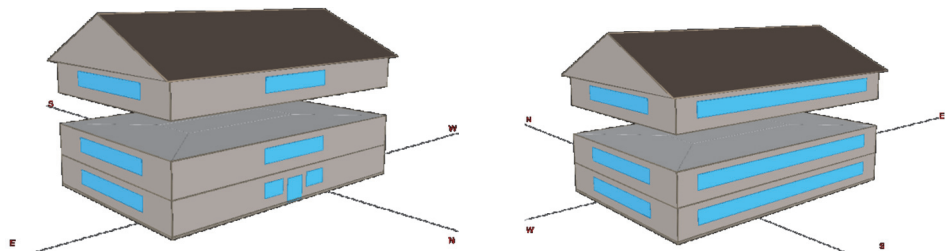
Աբսորբցիոն սառնարանային մեքենաների (ԱԲՍՄ) բոլոր տիպերը միավորում է այն, որ ջերմության տեղափոխման (փոխանցման) պրոցեսները դրանցում կատարվում են համատեղված ուղիղ և հակառակ թերմոդինամիկական ցիկլերով, ի տարբերություն շոգեկոմպրեսորային սարքավորումների, որոնցում բանող մարմինը (ֆրեոն) կատարում է միայն հակառակ թերմոդինամիկական ցիկլ: Այդ պատճառով դրանց շահագործման համար անհրաժեշտ է բարձր ջերմաստիճանի ջերմային էներգիա: Այդ հատկությունը, այլընտրանքների համեմատ շահավետության բարձր ցուցանիշների շնորհիվ, դարձել է ԱԲՍՄ-ների լայն կիրառության գրավականը: Շենքերի հովացման արագորեն աճող պահանջարկը, կապված հարմարավետության ավելի բարձր ստանդարտների և գլոբալ

տաքացման խնդիրների հետ, առաջացնում է էլեկտրական էներգիայի զգալի սպառում [2]: Ակնկալվում է, որ շոգեկոմպրեսորային օդորակման համակարգերի գազաթնային էլեկտրական բեռնվածքը աշխարհի շատ մասերում նույնիսկ եռապատկվի [3]: Աբսորբցիոն սառնարանային մեքենաները, հնարավոր է, դառնան էլեկտրական պահանջարկի նվազեցման եղանակներից մեկը, ինչպես նաև առանցքային բաղադրիչ՝ մթնոլորտային աղտոտումը կրճատելու USGBC-ի պահանջների բավարարման համար: Նոր շինարարության համար USGBC-ի մշակած LEED v4.1-ը [4] ներառում է օգոնային շերտի քայքայումը նվազեցնելու անհրաժեշտ պայման՝ օգտագործելով ոչ քլոր-ֆտոր ածխածնային (CFC) սառնարանային ազենտներ նոր շինարարության ջեռուցման, օդափոխության, օդորակման և հովացման համակարգերում և փոխարինելով CFC սառնարանային ազենտները գոյություն ունեցող կառույցների վերանորոգման դեպքում:

Քանի որ արսորբցիոն սառնարանային մեքենաներում հաճախ կիրառվող երկու սառնարանային ազենտները ջուրը և ամոնիակն են, ուստի արսորբցիոն սառնարանային մեքենաները բավարարում են «էներգիա» և «մթնոլորտ», «հիմնարար սառնարանային ազենտների կառավարում» նախապայմանը՝ ոչ CFC սառնարանային ազենտների պահանջը:

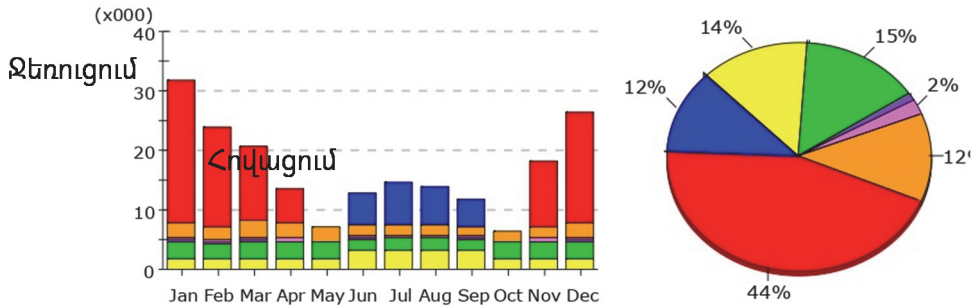
Խնդրի դրվածքը: Տրված մակերեսով բազմահարկ բնակելի շենքի էներգասպառման մոդելավորման միջոցով որոշել հովացման բեռնվածքը՝ ըստ ամիսների, և շոգեկոմպրեսորային օդահովացուցիչների էլեկտրաէներգիայի սպառումը: Հովացման պահանջարկի հիման վրա կատարել դրանք արսորբցիոն սառնարանային մեքենաներով փոխարինելու տնտեսական հիմնավորումը՝ բարձր արամետրերով թափոնային ջերմային էներգիայի առկայության և տաք ջուրը կաթսայատանն արտադրելու համար բնական գազ օգտագործելու դեպքերում:

Մոդելի նկարագրությունը: Դիտարկվել է գումարային 1600 մ² մակերեսով շենք (երկարությունը՝ 24,42 մ, լայնությունը՝ 16,38 մ), որի ինչպես ջեռուցման, այնպես էլ հովացման համար օգտագործվում է էլեկտրական էներգիա (նկ.1):



Նկ. 1. Շենքի պարզեցված մոդելը

Էլեկտրական պահանջարկի փոփոխությունը տարբեր բաղադրիչների դեպքում տրված է ըստ ամիսների (նկ.2): Շենքի հովացման գումարային ջերմային բեռնվածքը 72000 կՎտժ է, որը բավարարելու համար շոգեկոմպրեսորային սառնարանային մեքենաներում օգտագործվող էլեկտրաէներգիայի քանակությունը կազմում է էլեկտրական պահանջարկի 12%-ը:



Նկ. 2. Էլեկտրական պահանջարկը, կՎտժ

Մեթոդիկայի հիմնավորումը: Տարբեր գործոնների ընդհանուր մոդելավորումը թույլ է տալիս լուծել էներգիայի տեղում՝ բաշխված արտադրության (էլեկտրական, գազային, կոնդենսացիոն կաթսա, ջերմային պոմպ, արևային ֆոտովոլտային համակարգեր) էներգաարդյունավետության բարձրացման խնդիրները և հաշվարկել շենքերի շահագործական բնութագրերը՝ կախված կլիմայական պայմաններից, ճարտարապետական հայեցակարգից և սենյակներում պահանջվող միկրոկլիմայից:

Որպեսզի հաշվարկվի, թե ինչ է հարկավոր անել՝ ապահովելու համար պահանջվող հարմարավետությունը, անհրաժեշտ է հաշվարկում ներառել բազմաթիվ պրոցեսներ, բոլոր հիմնական գործոնները և իրականում գոյություն ունեցող մեխանիզմները: Ըստ էության, նախագծման ընթացքում ստեղծվում է որոշակի մաթեմատիկական մոդել, որն արտացոլում է շենքի շահագործումը իրական պայմաններում, այն է՝ շենքի էներգասպառման մոդելը, որը ներառում է ճարտարապետական մոդելը՝ կապելով այն ինժեներական համակարգերին: Այդ կապը նկարագրվում է մաթեմատիկական ալգորիթմներում, որոնց հիման վրա կառուցված է հաշվարկի ծրագիրը:

Շենքի մաթեմատիկական մոդելը կնկարագրի դրա աշխատանքը իրականին առավելագույնս մոտ պայմաններում միայն այն դեպքում, եթե ճիշտ հաշվի առնվեն գործոնների չորս հիմնական խմբերը.

1. եղանակային տվյալները,
2. շենքի և դրա շրջակայքի երկրաչափությունը,

3. ներքին բնութագրերի ժամանակացույցները,

4. համակարգերի և սարքավորումների մոդելները:

Հաշվարկի ընթացքում բացահայտ կերպով հաշվի է առնվում արտաքին պայմանների մանրամասն դինամիկան: Գործնականում օգտվում են կոնկրետ տարածաշրջանի համար յուրաքանչյուր եղանակային պարամետրի ժամային արժեքների զանգվածներից, ինչը հաշվարկի արդյունքները զգալիորեն մոտեցնում է իրականությանը:

Մասնավորապես, հնարավոր է հստակ դիտարկել և գնահատել օդի փոփոխական ծախսով համակարգերի կամ տաք ջրի համար կուտակիչ տարողությունների (բաքերի) կիրառման արդյունավետությունը և շատ այլ տարբերակներ, առաջարկել էներգախնայողության միջոցառումներ՝ իրականացնելով դրանց համադրական վերլուծություն և տնտեսական ցուցանիշների գնահատում: Նմանօրինակ մանրամասնումը պարզապես անհնար է ձեռքով հաշվարկներ կատարելիս:

Մոդելավորումն իրականացվում է ASHRAE 140 ստանդարտին համապատասխանող մասնագիտացված ծրագրերում, որոնց ալգորիթմները հիմնված են պրոցեսների ֆիզիկայի վրա: Հաշվարկում ընդգրկվում են բազմաթիվ գործոններ և պարամետրեր: Դրանց գրագետ ներմուծումը մոդելում ինժեների հիմնական խնդիրն է և վերջնական արդյունքների ճշտության գրավականը: Այդ տեսանկյունից վարկանիշային համակարգով սերտիֆիկացման դեպքում շենքերի էներգասպառման մոդելավորում իրականացնելու համար կարևոր է ներգրավել սերտիֆիկացված ՇԷՄ մասնագետների:

Հետազոտության արդյունքները: Նշված մեթոդով կատարվել է հետազոտությունը: Մասնակի բեռնվածքի արժեքը (IPLV) որոշելու համար արտորոգին սառնարանային մեքենաների շահագործական բնութագրերի որոշման հիմնական AHRI 560 ստանդարտը [5] հաստատել է ստանդարտ պայմաններ ԱՔՄՄ-ների փորձարկման համար՝ կոնդենսատորի մուտքում հովացնող ջրի ջերմաստիճանը 29,4°C և գոլորշացուցչի ելքում ջրի ջերմաստիճանը 6,7°C:

Կարևոր է հասկանալ, որ սառնարանային մեքենաները հազվադեպ են շահագործվում իրենց առավելագույն հզորությամբ [6]: Տարբեր քաղաքներում տիպային շենքերի տեսակների և շահագործման տվյալների կիրառմամբ մշակվել է սառնարանային մեքենաների բեռնավորման կորը (աղ.): Այդ արժեքները ներառվել են IPLV-ի բանաձևերի մեջ՝

$$IPLV = 0,01 \cdot COP_{100\%} + 0,42 \cdot COP_{75\%} + 0,45 \cdot COP_{50\%} + 0,12 \cdot COP_{25\%} ,$$

որտեղ COP-ը ԱՔՄՄ-ի փոխակերպման գործակիցն է տարբեր բեռնվածքների դեպքում:

Տարբեր սառնարանային մեքենաների էներգասպառումը գնահատելիս էներգիայի միջին օգտագործումը ամենաճշգրիտ արտահայտում է IPLV-ն: Տրված արժեքներից տարբեր ջրի ջերմաստիճանների դեպքում արդյունավետությունը բնութագրվում է ոչ ստանդարտ մասնակի բեռնվածի արժեքի (NPLV) միջոցով, որը որոշվում է նույն բանաձևով:

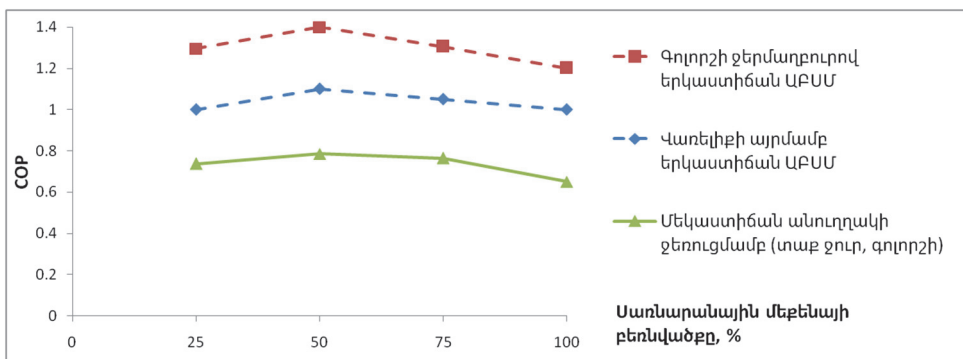
«Մասնակի բեռնվածք» նշանակում է ոչ միայն ավելի ցածր հովացման պահանջարկ, այլև ավելի ցածր էջք՝ գոլորշացուցչի և կոնդենսատորի միջև ջերմաստիճանների տարբերություն: Էջքը հիմնականում որոշում է սառնարանային մեքենայի էներգասպառումը, և COP-ը փոփոխվում է բեռնվածքից կախված (աղ.):

Աղյուսակ

ԱԲՍՄ-ի արդյունավետության փոփոխությունը

Բեռնվածքը, %	Տրված բեռնվածքով շահագործման տևողությունը, %	Կոնդենսատորի մուտքում հովացնող ջրի ջերմաստիճանը, °C	COP	Q, կՎտ
25	12	21,1	0.737	30.6
50	45	21,1	0.785	61.3
75	42	25	0.765	91.9
100	1	29,4	0.65	122.5

Նկ.3-ից երևում է, որ ԱԲՍՄ-ների բոլոր տեսակները ամենաարդյունավետն են 50% բեռնվածքի դեպքում, ընդ որում՝ մեկաստիճան անուղղակի ջեռուցմամբ սառնարանային մեքենայի արդյունավետության աճը կազմում է 20%:



Նկ. 3. ԱԲՍՄ-ների էներգասպառումը մասնակի բեռնվածքների դեպքում

Էներգասպառման մոդելից որոշվում է տվյալ կլիմայական պայմաններում հովացման ժամերի թիվը՝ 1481 ժ, շենքի տարբեր հատվածներում՝ առաջին, միջին

և վերին, օդամուղների և ՇԿՍՄ-ների բեռնվածքը, մատակարարվող օդի ծավալը և էլեկտրաէներգիայի պահանջարկը՝ ըստ ամիսների (նկ.4):

UNIT TYPE is PVAVS		COOLING-CAPACITY = 130.559 (KBTU/HR) COOLING-EIR = 0.350 (BTU/BTU) SUPPLY-FLOW = 4751. (CFM)																	
MONTH	UNIT LOAD SUM (MBTU) PEAK (KBTU/HR)	ENERGY USE (KWH) (KW)	COMPRESSOR (KWH) (KW)	FAN ENERGY (KWH) (KW)	CMP	FAN	Number of hours within each PART LOAD range										TOTAL RUN HOURS		
							00	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	+	
YR	SUM PEAK	57.253 95.077	5811.004 9.189	5624.252 9.189	999.578	2.099	0	218	537	586	120	14	4	0	0	0	0	0	1479
							0	0	0	1380	69	18	6	5	1	0	0	0	1479
UNIT TYPE is PVAVS		COOLING-CAPACITY = 301.561 (KBTU/HR) COOLING-EIR = 0.350 (BTU/BTU) SUPPLY-FLOW = 11119. (CFM)																	
YR	SUM PEAK	129.866 225.723	12968.103 21.809	12781.351 21.809	2324.399	4.913	0	211	595	568	92	10	3	1	0	0	0	0	1480
							0	0	0	1390	65	14	5	5	1	0	0	0	1480
UNIT TYPE is PVAVS		COOLING-CAPACITY = 142.758 (KBTU/HR) COOLING-EIR = 0.350 (BTU/BTU) SUPPLY-FLOW = 5239. (CFM)																	
YR	SUM PEAK	58.776 97.212	6043.876 9.396	5857.126 9.396	1081.169	1.963	0	255	638	532	50	4	2	0	0	0	0	0	1481
							0	0	0	1443	24	6	5	3	0	0	0	0	1481

Նկ. 4. Շենքի շահագործման նմանակման արդյունքում սրացված էներգասպառման տվյալները, հովացման բեռնվածքը և էլեկտրասպառումը

ԱԲՍՄ-ների խնայողությունը կազմում է էլեկտրաէներգիայի այն քանակությունը, որը ծախսվում է ՇԿՍՄ-ներում՝ գումարային 24260 կՎտ: ԱԲՍՄ-ի հետգնումը կորոշվի՝

$$T = (IC_{ԱԲՍ} - IC_{ՇԿՍ}) / (N_{էլ} \cdot \tau \cdot C_{էլ}) = 8 \text{ փարի},$$

որտեղ $(IC_{ԱԲՍ} - IC_{ՇԿՍ})$ -ը կապիտալ ներդրումների տարբերությունն է, $N_{էլ} \cdot \tau \cdot C_{էլ}$ -ը՝ խնայված էլեկտրաէներգիայի արժեքը:

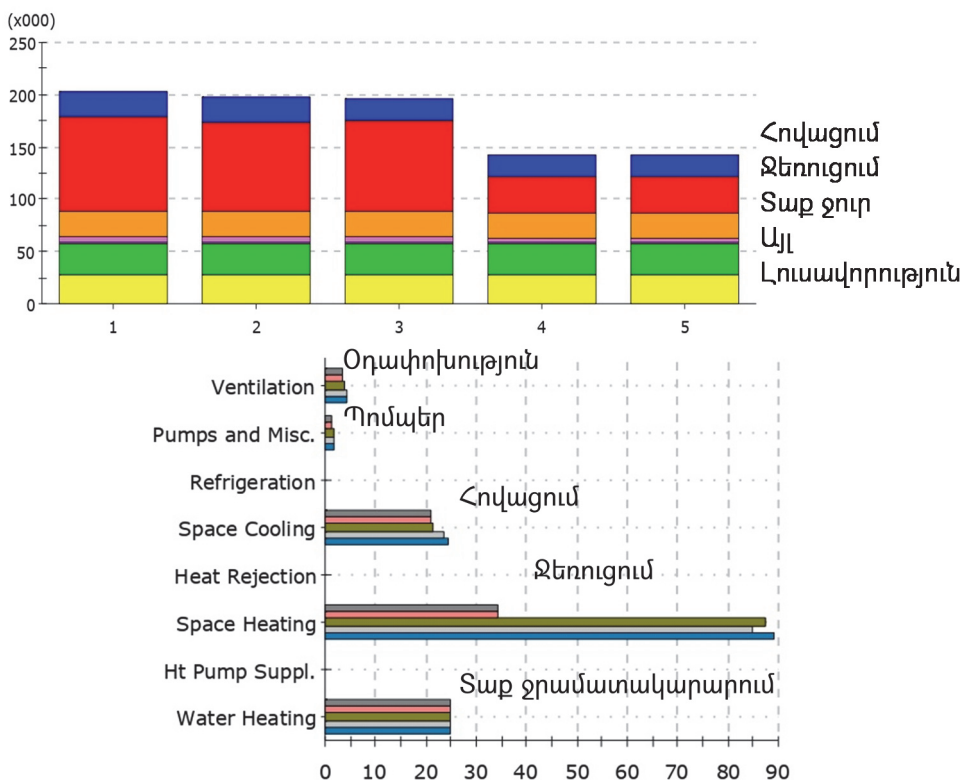
Համակարգչային մոդելի միջոցով շենքի էներգասպառման նմանակման արդյունքում որոշվում են ըստ ամիսների հովացման բեռնվածքը և ժամերի թիվը շահագործման տվյալ միջակայքում: ԱԲՍՄ-ի արդյունավետության կորերից որոշվում է այդ բեռնվածքին համապատասխան COP-ը, որը բնորոշում է ջերմային էներգիայի պահանջարկը՝ գումարային 105455 կՎտ:

Հաշվարկի կատարման արդյունքում որոշվել է բնական գազի սպառումը ԱԲՍՄ-ի շահագործման համար և դրա արժեքը, որը ավելի բարձր է, քան էլեկտրաէներգիայի արժեքը ՇԿՍՄ-ներում:

Կարևոր է ընդգծել, որ ԱԲՍՄ-ի կիրառման դեպքում հովացման համար առաջնային էներգիայի սպառումը ոչ թե նվազում է, այլ աճում 9,93 տ պ.վ.-ից (30% արդյունավետությամբ 24260 կՎտ էլեկտրաէներգիա արտադրելու համար) մինչև 14,38 տ պ.վ. (90% արդյունավետությամբ 105455 կՎտ ջերմային էներգիա արտադրելու համար): Դա նշանակում է, որ ԱԲՍՄ-ի ներդրումը էներգախնայողություն ապահովում է միայն բարձր պարամետրերով թափոնային ջերմային էներգիա օգտահանելու և էներգիայի վերականգնվող աղբյուրներ օգտագործելու դեպքում:

Էներգասպառման մոդելավորման միջոցով հնարավոր է գնահատել նաև այլ էներգախնայողական միջոցառումների արդյունքում հովացման բեռնվածքի

կրճատումը ելակետային տարբերակի 1 համեմատ, ինչպես նաև հովացման և ջեռուցման պահանջարկների հարաբերության փոփոխությունը, որը որոշիչ գործոն է համակցված ջեռուցման, հովացման սարքավորումների ընտրության դեպքում: Կառուցվածքում էներգախնայող Low-E պատուհանների 2, սովերող տարրերի 3, ջերմամեկուսիչ նյութերի 4 և 5 կիրառման դեպքում նվազեցվում են հովացման համար անհրաժեշտ արտադրյալի սառնարանային մեքենայի հզորությունը և IC_{UPV} արժեքը (նկ.5):



Նկ. 5. Էներգախնայողական միջոցառումների արդյունքում էլեկտրասպառման նվազեցումը և միջոցառումների համադրումը

Եզրակացություններ.

1. ԱԲՍՄ-ների օգտագործումը նպատակահարմար է, առաջին հերթին, ջերմատեխնիկական համակարգերում, որտեղ կան ավելցուկային ջերմային հոսքեր, որոնք ԱԲՍՄ-ի հետ ինտեգրման դեպքում օգտագործվում են հովացման համակարգերում էներգետիկական արդյունավետությունը բարձրացնելու համար:

2. Ներկայացված էներգետիկական և տնտեսական ցուցանիշներն ընդգծում են ներդրումների համար նախագծի բարձր գրավչությունը:

