

ՀՀ ՏԱՐԲԵՐ ՔԱՂԱՔՆԵՐՈՒՄ ԲՆԱԿԵԼԻ ՇԵՆՔԵՐԻ ՕՊՏԻՄԱԼ ՁԵՐՄԱՍԵԿՈՒՄԻԶ ՇԵՐՏԻ ԸՆՏՐՈՒԹՅՈՒՆԸ

Սպարտակ Հովհաննեսի Սարգսյան*, Արտաշես Լևոնի Պետրոսյան

Ճարտարապետության և շինարարության Հայաստանի ազգային համալսարան, ք. Երևան, ՀՀ

*s.sargsyannuaca@gmail.com

ՀՀ-ի կախվածությունը հասնաժողովրդի ներկրումից՝ ՌԴ-ից ստացվող բնական գազից, ստիպում է մասնագետներին մշակել և կիրառել գործուն միջոցներ ներկրվող վառելիքի ֆիզիկական ծավալների, ուստի և պահանջվող դրամական միջոցների կրճատման համար: Միջազգային գների հետ համեմատած, ՀՀ-ում գազի գինը ցածր է, սակայն ազգաբնակչության ցածր վճարունակության պայմաններում դրան առանձնակի ուշադրություն է դարձվում: Նման խնդիրները լինելով պետական նշանակության՝ կատարվել է հետազոտություն և դիտարկվել են ՀՀ տարբեր կլիմայական գոտիներում կառուցված և շահագործվող 9 հարկանի պանելային տիպային շենքերի ջերմատեխնիկական բնութագրերը: Հետազոտությունը ցույց է տվել, որ ՀՀ-ի տարբեր քաղաքներում, կախված կլիմայական պայմաններից, պատող կոնստրուկցիաների և ջերմամեկուսիչ նյութի ջերմատեխնիկական տվյալներից և արժեքից, օպտիմալ ջերմամեկուսիչ շերտի հաստությունը փոխվում է: Արդյունքում ջերմամեկուսիչ շերտի կիրառումը շինարարական կոնստրուկցիայում տարվա կտրվածքով բերում է ջերմացրտամատակարարման համակարգերում օրգանական վառելիքի և էլեկտրաէներգիայի ծախսի զգալի կրճատման: Կախված ամռան ամիսների արտաքին օդի ջերմաստիճանից, սեզոնի տևողությունից և աստիճան-օրերի թվից, առանձին քաղաքներում բերված են ծախսերը: Մա կնշանակի, որ շերտի օպտիմալ հաստությունը որոշելիս հարկ կա այն որոշել նոջ տարվա ընթացքում:

Բանալի բառեր. օպտիմալ մեկուսիչ շերտ, էներգախնայողություն, էներգաարդյունավետություն, կլիմայական գործոններ, բազմաբնակարան շենքեր

Ներածություն

Միավորված Ազգերի Կազմակերպության շրջակա միջավայրի ծրագիրը [1] գնահատում է, որ շենքերը սպառում են համաշխարհային զուբալ էներգիայի մոտ 40 % -ը և ջրի 25 % -ը: Եվրոպական երկրների ջեռուցման կամ հովացման համակարգերում այս իրավիճակը նպաստեց նոր բնապահպանական քաղաքականության մշակմանը, որն օգտագործում է առնվազն 50 % վերականգնվող էներգիա և 75 % համատեղ արտադրվող ջերմության համակցություն [2]: Եվրահանձնաժողովը գնահատել է, որ այս գործողությունները կնպաստեն նվազեցնել ջեռուցման և հովացման նպատակով էներգիայի պահանջարկը 2030-ին՝ 12 %, իսկ 2050-ին՝ 17 %, 2005-ի համեմատ [3]: Նման խնդիրները նվազեցնելու արդյունավետ լուծումը շենքերի արտաքին պատող կոնստրուկցիաների ջերմամեկուսացումն է: Ջերմամեկուսիչ նյութերը դարձնում են շենքերն ավելի

Էներգաարդյունավետ, նվազեցնելով հանաժողովարարական վառելիքի քանակը, որն անհրաժեշտ է հիմնականում ջեռուցման և սառեցման համար և դրանով իսկ նվազեցնելով ածխածնի երկօքսիդի և ծծմբի երկօքսիդի քանակի արտանետումը մթնոլորտ [4]: Շենքի ջերմամեկուսացումը բերում է նաև դրամական ծախսերի խնայողության: Ըստ ջերմամեկուսիչ նյութի ուսումնասիրությունների՝ ջերմահաղորդականության գործակցի [5, 6], ջերմային էներգիայի պահպանման [7, 8], հրդեհասնվտանգության [9, 10] և բնապահպանական ազդեցության [9, 11, 12] կարողանում են կատարել ընտրություն: Ջերմամեկուսիչ նյութերի օպտիմալ շերտի ընտրությունը կախված է նաև կլիմայական պայմաններից, ջեռուցման և հովացման սեզոնների տևողություններից և բնույթից, աստիճան-ժամերից, տվյալ տարածաշրջանում օրգանական վառելիքի արժեքներից: Ըստ ջերմատեխնիկական և տնտեսական հաշվարկների հնարավոր է դառնում կատարել ընտրություն ջերմամեկուսիչ նյութի տեսակի և օպտիմալ հաստության որոշման համար [13-17]:

Նյութեր և մեթոդներ

ՀՀ-ում բնակելի ֆոնդն ունի ջեռուցման համար սպառվող էներգիայի արդյունավետության բարձրացման խնդիր՝ ջերմամեկուսացման բարելավման միջոցով: Տնտեսական զարգացումները և բնակչության կենսամակարդակի բարձրացումը երկարաժամկետ հեռանկարում ակնհայտորեն հանգեցնում են տնային տնտեսությունների կողմից էներգիայի պահանջարկի ավելացման, ինչը նշանակում է, որ առաջիկայում սպառման արդյունավետության առումով կարևորվելու են բնակելի տարածքների և բազմաբնակարան շենքերի ջերմամեկուսացման բարելավման հարցերը [18]: Բազմաբնակարան շենքերի բնակարանային ֆոնդի ընդհանուր մակերեսը 2021 թ. վերջին կազմել է 29 171,1 հազ.մ² կամ հանրապետության բնակարանային ֆոնդի ընդհանուր մակերեսի 29,1 %-ը [19]: Դիտարկվել են ՀՀ քաղաքներում (Երևան, Գյումրի, Վանաձոր, Հրազդան, Սևան, Կապան) տեղաբաշխված ամենատարածված 9 հարկանի բազմաբնակարան շենքերի մի քանի տիպեր՝ ըստ արտաքին պատող կոնստրուկցիայի և հարկայնության: Դրանք տեղաբաշխված են տարբեր կլիմայական գոտիներում, տարբեր են ջեռուցման և հովացման սեզոնների տևողությունները և աստիճան-օրերը: Ըստ այդմ կատարվել են ջեռուցման և հովացման բեռնվածությունների հաշվարկներ: Արտաքին պատող կոնստրուկցիաների համար ջերմամեկուսիչ են ընտրվել ամենակիրառելիները՝ փրփրապոլիստիրոլը (EPS) և էքստրուդացված պոլիստիրոլը (XPS) [20-24] (աղ. 1):

Աղյուսակ 1

Ջերմամեկուսիչ նյութերի ջերմատեխնիկական բնութագիրը

Ջերմամեկուսիչի անվանումը	Ջերմահաղորդականության գործակցը, $\lambda, \text{W/m}^\circ\text{C}$
Էքստրուդացված պոլիստիրոլ (XPS)	0,034
Փրփրապոլիստիրոլ (EPS)	0,041

Ջեռուցման և հովացման բեռնվածության հաշվարկ [25]: Շենքի ընդհանուր ջերմային բեռը՝

$$Q_{\text{ջերմ. բեռ}} = Q_{\text{ջերմ. կոր.}} - Q_{\text{ներք. ջերմ.}}, \tag{1}$$

որտեղ $Q_{\text{ջերմ. կոր.}}$ -ը ջերմային կորուստներն են պատող կոնստրուկցիաներից, $\lambda, Q_{\text{ներք. ջերմ.}}$ -ը ներքին ջերմանջատումներն են մարդկանցից, կենցաղային սարքերից, լուսավորությունից, $\lambda :$

$$Q_{\text{ջերմ. կոր.}} = Q_{\text{պտ.}} + Q_{\text{պհ.}} + Q_{\text{առ.}} + Q_{\text{հտ.}} + Q_{\text{դռ.}}, \tag{2}$$

որտեղ

$$Q_{պտ, պհ, առ, հտ, ղռ} = k_{պտ, պհ, առ, հտ, ղռ} F_{պտ, պհ, առ, հտ, ղռ} (t_{ներս} - t_{դուրս}), \quad (3)$$

$k_{պտ}, k_{պհ}, k_{առ}, k_{հտ}, k_{ղռ}$ -ը պատի, պատուհանի, դռան, առաստաղի, հատակի ջերմափոխանցման գործակիցներն են, $\varphi_{տ}/\mu^2 \text{ } ^\circ\text{C}, F_{պտ}, F_{պհ}, F_{ղռ}, F_{առ}, F_{հտ}$ -ը՝ պատի, պատուհանի, դռան, առաստաղի, հատակի մակերեսները, $\varphi_{տ}, t_{ներս}$ -ը՝ ներսի օդի ջերմաստիճանը, $^\circ\text{C}, t_{դուրս}$ -ը՝ դուրսի օդի ջերմաստիճանը ջեռուցման սեզոնի ընթացքում, $^\circ\text{C}$ [26]:

Ներքին ջերմանջատումները՝

$$Q_{ներք. ջերմ.} = Q_{մարդ} + Q_{կենց. սարք}, \quad (4)$$

$Q_{մարդ}$ - ջերմանջատումներն են մարդկանցից՝

$$Q_{մարդ} = q_{մարդ} \cdot n, \quad (5)$$

որտեղ $q_{մարդ} = 115 \text{ } \varphi_{տ}$ - ը մեկ մարդուց անջատված ջերմության քանակն է հանգիստ վիճակում [27], n -ը՝ բնակիչների քանակը շենքում:

Ջերմանջատումները կենցաղային սարքերից և լուսավորությունից՝

$$Q_{կենց. սարք} = V_{շենք} \cdot q_{կենց. սարք}, \quad (6)$$

որտեղ $V_{շենք}$ -ը շենքի ծավալն է, $\mu^3, q_{կենց. սարք} = 0,003 \text{ կ}\varphi_{տ}/\mu^3$ -ը կենցաղային սարքերից և լուսավորությունից անջատված ջերմության քանակն է [28]:

Ամռան սեզոնում ջերմաթափանցումները և ներքին ջերմանջատումները կորոշվեն՝

$$Q_{հով. բեռ} = Q_{ջերմաթափ.} + Q_{ներք. ջերմ.}, \quad (7)$$

որտեղ $Q_{ջերմաթափ.}$ -ը պատող կոնստրուկցիաներից ջերմաթափանցումներն են, $\varphi_{տ}, Q_{ներք. ջերմ.}$ -ը ջերմանջատումներն են մարդկանցից, կենցաղային սարքերից, լուսավորությունից, $\varphi_{տ}$:

$$Q_{ջերմաթափ.} = Q_{պհ} + Q_{պտ.} + Q_{ղռ.} + Q_{առ.}, \quad (8)$$

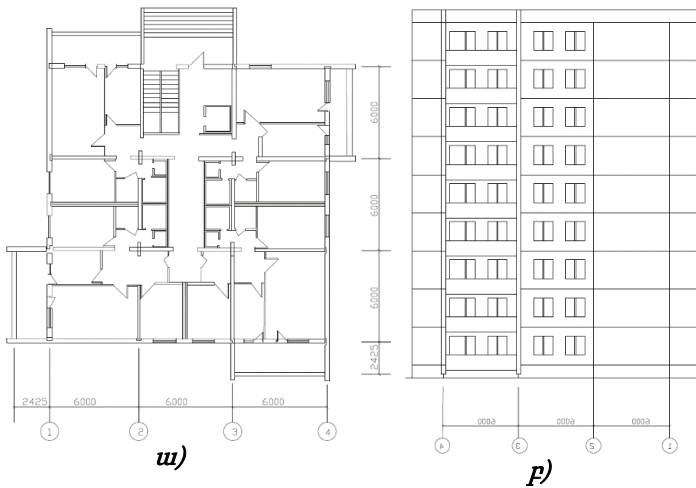
որտեղ $Q_{պտ}, Q_{պհ}, Q_{ղռ}, Q_{առ.}$ - ը պատից, պատուհանից, դռնից, առաստաղից տեղի ունեցող ջերմաթափանցումներն են, $\varphi_{տ}$:

$$Q_{պտ, առ, ղռ, պհ.} = k_{պտ, առ, ղռ, պհ.} F_{պտ, առ, ղռ, պհ.} (t_{դուրս}^{պայմ} - t_{ներս}), \quad (9)$$

որտեղ $k_{պտ, առ, ղռ, պհ.}$ -ը պատի, առաստաղի, դռան, պատուհանի ջերմափոխանցման դիմադրությունն է, $\varphi_{տ}/\mu^2 \text{ } ^\circ\text{C}, F_{պտ, առ, ղռ, պհ.}$ -ը՝ պատի, առաստաղի, դռան, պատուհանի մակերեսը, $\mu^2, t_{դուրս}^{պայմ}$ -ը՝ արտաքին օդի պայմանական ջերմաստիճանը հովացման սեզոնի ընթացքում, $^\circ\text{C}, t_{ներս}$ -ը՝ սենյակի ներսի ջերմաստիճանը, $^\circ\text{C}$ [29], իսկ ճառագայթմամբ՝

$$Q_{պհ.} = I_{ճառագ.} F_{պհ.} \beta_1 \beta_2 \beta_3, \quad (10)$$

որտեղ $F_{պհ.}$ -ն պատուհանի մակերեսն է, $\mu^2, I_{ճառագ.}$ -ը՝ արևի ճառագայթային հոսքը միավոր մակերեսի վրա, $\mu^2, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ - ը պատուհանի ստվերապատումը, փոշոտվածությունը, անթափանց շրջանակի մակերեսը հաշվի առնող գործակիցներն են [30]:



Նկ. 1. 9 հարկանի բնակելի շենք.
ա) - հատակագիծ, բ) - հիմնական ճակատ

Նկ. 2. Պատող կոնստրուկցիա.
1 - Արթիկ տուֆ, $\delta_1 = 0,02$ մ,
 $\lambda_1 = 0,52$ Վտ/մ⁰С, 2 - բետոնե լիցք,
 $\delta_2 = 0,1$ մ, $\lambda_2 = 0,76$ Վտ/մ⁰С, 3 - է/բ
պանել, $\delta_3 = 0,16$ մ, $\lambda_3 = 1,92$ Վտ/մ⁰С,
4 - գաջային սվաղ, $\delta_4 = 0,02$ մ,
 $\lambda_4 = 0,41$ Վտ/մ⁰С

Ըստ ճարտարապետաշինարարական նախագծի (նկ. 1), բնակելի շենքում նախատեսված է 36 բնակարան, որոնք պարփակված են արտաքին պատող կոնստրուկցիաներով. պատ՝ 1638 մ², պատուհան՝ 311 մ², դուռ՝ 48 մ², առաստաղ՝ 324 մ², հատակ՝ 324 մ²: Շենքում բանակիչների թիվը 108 մարդ է: Արտաքին պատող կոնստրուկցիան պանելային տիպի է (նկ. 2), որի ջերմափոխանցման գործակիցը 2,17 Վտ/մ² °С է: Ըստ արտաքին օդի հաշվարկային ջերմաստիճանի, որոշվել են շենքի ջեռուցման և հովացման բեռնվածությունները: Բնակելի շենքերի համար ջեռուցման սեզոնի տևողությունը պայմանավորված է արտաքին օդի ջերմաստիճանով, երբ այն չի գերազանցում +8 °С: Ջերմային կորուստները պայմանավորված են նաև արևի ճառագայթային հոսքով հորիզոնական և ուղղահայաց մակերևույթների վրա: Նման մոտեցման դեպքում կարելի է անջատել ջերմության աղբյուրը (օրինակ՝ կաթսան), որն էլ կբերի օրգանական վառելիքի խնայողության՝ ըստ գոյություն ունեցող մեթոդների (պայմանական ջերմաստիճանի օգտագործմամբ) [31]: Տարբեր ամիսների արտաքին օդի կլիմայական պայմանների փոփոխության, շենքում ջերմային կորուստներն ըստ հաշվարկային ջերմաստիճանի և խոնավաթափանցելիության կազմում են. Գյումրիում՝ 194,8 կՎտ, երբ ջերմատարի ծախսը 2,33 կգ/վ է, Երևանում՝ 178,0 կՎտ, երբ ջերմատարի ծախսը 2,13 կգ/վ է, Վանաձորում՝ 159,3 կՎտ, երբ ջերմատարի ծախսը 1,9 կգ/վ է, Հրազդանում՝ 182,7 կՎտ, երբ ջերմատարի ծախսը 2,18 կգ/վ է, Սևանում՝ 159,3 կՎտ, երբ ջերմատարի ծախսը 1,9 կգ/վ է, Կապանում՝ 136,0 կՎտ, երբ ջերմատարի ծախսը 1,63 կգ/վ է: Ստորև (աղ. 2) ներկայացված են ջեռուցման սեզոնի ընթացքում վառելիքի ծախսն ըստ ջերմաստիճանային ռեժիմների:

Վառելիքի ծախսն ըստ ջերմաստիճանային ռեժիմների

Քաղաքներ	Վառելիքի ծախսը սեզոնի ընթացքում ըստ 80/60°C ջերմաստիճանային ռեժիմի, մ ³ /սեզ.	Վառելիքի ծախսը սեզոնի ընթացքում ըստ 60/40 °C ջերմաստիճանային ռեժիմի, մ ³ /սեզ.	Վառելիքի ծախսը սեզոնի ընթացքում ըստ 45/25 °C ջերմաստիճանային ռեժիմի, մ ³ /սեզ.
Երևան	23984	23776	23260
Գյումրի	37853	37012	36207
Վանաձոր	25053	24496	23964
Կապան	19723	19285	18866
Հրազդան	38493	37638	36820
Սևան	36732	35916	35135

Ջեռուցման համակարգում ցանցային պոմպերի էլեկտրական էներգիայի ծախսն ըստ ջերմաստիճանային ռեժիմների՝ 80/60 °C, 60/40 °C և 45/25 °C, համապատասխանաբար կկազմի. Գյումրիում՝ 3769, 3758 և 3735 կՎտմ/սեզ., Երևանում՝ 2557, 2541 և 2532 կՎտմ/սեզ., Հրազդանում՝ 3722, 3700 և 3689 կՎտմ/սեզ., Վանաձորում՝ 3342, 3325 և 3312 կՎտմ/սեզ., Սևանում՝ 2969, 2941 և 2928 կՎտմ/սեզ., Կապանում՝ 1910, 1895 և 1878 կՎտմ/սեզ.: Արդյունքում նկատելի է ծախսվող էլեկտրական էներգիայի խնայողություն՝ շնորհիվ ջերմաստիճանային ռեժիմում կինեմատիկական մածուցիկության և ջերմունակության նվազման: Համանման ձևով իրականացվել է նաև հովացման բեռնվածության հաշվարկ, կախված արտաքին օդի ջերմաստիճանից, հովացման սեզոնի տևողությունից և պայմանական ջերմաստիճանից: Արդյունքում ստացվում է էլեկտրաէներգիայի ծախսը սարքավորումների վրա (սառնարանային մեքենա, ֆանկոյլ, շրջանառու պոմպ) սեզոնի ընթացքում: Հաշվի առնելով վերը բերված մեթոդներն ու կլիմայական պայմանների փոփոխությունները՝ շենքում հովացման բեռնվածությունները հաշվարկային ջերմաստիճանում կազմում են. Գյումրի՝ 135,2 կՎտ, երբ ջերմատարի ծախսը 6,45 կգ/վ է, Երևան՝ 154,8 կՎտ, երբ ջերմատարի ծախսը 7,0 կգ/վ է, Հրազդան՝ 120,6 կՎտ, երբ ջերմատարի ծախսը 5,76 կգ/վ է, Վանաձոր՝ 122,1 կՎտ, երբ ջերմատարի ծախսը 5,83 կգ/վ է, Սևան՝ 134,2 կՎտ, երբ ջերմատարի ծախսը 6,41 կգ/վ է, Կապան՝ 152,9 կՎտ, երբ ջերմատարի ծախսը 7,32 կգ/վ է: Սառնարանային մեքենայի ճնշակի և շրջանառու պոմպի էլեկտրաէներգիայի ծախսերը սեզոնում կկազմեն. Գյումրիում՝ 36820 կՎտ/սեզ., Երևանում՝ 37853 կՎտ/սեզ., Հրազդանում՝ 26702 կՎտ/սեզ., Վանաձորում՝ 34943 կՎտ/սեզ., Սևանում՝ 25096 կՎտ/սեզ. և Կապանում՝ 37321 կՎտ/սեզ.: Հովացման սեզոնում ևս իրականացվում է համակարգի հիդրավլիկական հաշվարկ: Ըստ սահմանված արագության, որոշվում են շենքի ներքին ցանցի խողովակների տրամագծերը: Հաշվարկների արդյունքում ջերմացրտամատակարարման խողովակների տրամագծերն ըստ քաղաքների կկազմեն՝ Գյումրի, Սևան, Երևան՝ Ø20...110 մմ, Հրազդան, Վանաձոր՝ Ø20...90 մմ, Կապան՝ Ø20...125 մմ (վերջին թվերը ներկայացնում են մայրուղային խողովակների տրամագծերը): Շինություններում հարմարավետ պայմաններ ունենալու համար որպես ջեռուցման և հովացման սարք է ընտրվում ֆանկոյլը՝ ըստ

հովացման բեռնվածության, ապա վերահաշվարկվում ըստ ջեռուցման բեռնվածության, կախված ջերմաստիճանային ռեժիմներից: Սրանց տարբերություններից փոխվում է ֆանկոյլում օդամուղի կողմից ծախսված էլեկտրաէներգիան և հովացման մակերեսը: Ըստ հովացման բեռնվածության շենքում ֆանկոյլների քանակը ստացվել է 162 հատ, երբ ջերմաստիճանային ռեժիմը 5/12 °C է: Այդ դեպքում օդամուղների կողմից էլեկտրաէներգիայի ծախսն ըստ հովացման սեզոնի տարբեր ամիսների տևողության նշված քաղաքներում կկազմի. Երևանում՝ 8329 կՎտժ/սեզ., Գյումրիում՝ 5211 կՎտժ/սեզ., Վանաձորում՝ 5006 կՎտժ/սեզ., Սևանում՝ 3687 կՎտժ/սեզ., Հրազդանում՝ 3562 կՎտժ/սեզ., Կապանում՝ 8653 կՎտժ/սեզ., իսկ երբ դիտարկվում է 10/17 °C ջերմաստիճանային ռեժիմը, ապա ֆանկոյլների քանակը դառնում է 283 հատ: Հովացման սեզոնում 10/17 °C ջերմաստիճանային ռեժիմի դեպքում կպանջվի գրեթե կրկնակի անգամ ավելի նման սարքեր՝ ի հետևանք ջերմափոխանցման գործակցի փոքրացման և օդաքանակի մեծացման, իսկ մյուս կողմից՝ կապիտալ ներդրումների մեծացման: Այնուհետև վերահաշվարկվում է ֆանկոյլների բնութագրերն ըստ ջեռուցման բեռնվածության, կախված ջերմաստիճանային ռեժիմներից՝ 80/60 °C, 60/40 °C, 45/25 °C: Դրա հետևանքով տարբեր կլինեն քանակները և օդամուղի կողմից էլեկտրաէներգիայի ծախսը (աղ. 3):

Աղյուսակ 3

Էլեկտրաէներգիայի ծախսն ըստ ջերմաստիճանային ռեժիմի

Քաղաքներ	Էլեկտրաէներգիայի ծախսը սեզոնի ընթացքում ըստ 80/60°C ջերմաստիճանային ռեժիմի, կՎտժ/սեզ.	Էլեկտրաէներգիայի ծախսը սեզոնի ընթացքում ըստ 60/40 °C ջերմաստիճանային ռեժիմի, կՎտժ/սեզ.	Էլեկտրաէներգիայի ծախսը սեզոնի ընթացքում ըստ 45/25 °C ջերմաստիճանային ռեժիմի, կՎտժ/սեզ.
Երևան	10490	10609	10551
Գյումրի	15513	15431	14209
Վանաձոր	12095	12385	13334
Կապան	7511	7498	7700
Հրազդան	14774	14890	14630
Սևան	13615	13942	15010

Արդյունքներ և քննարկում

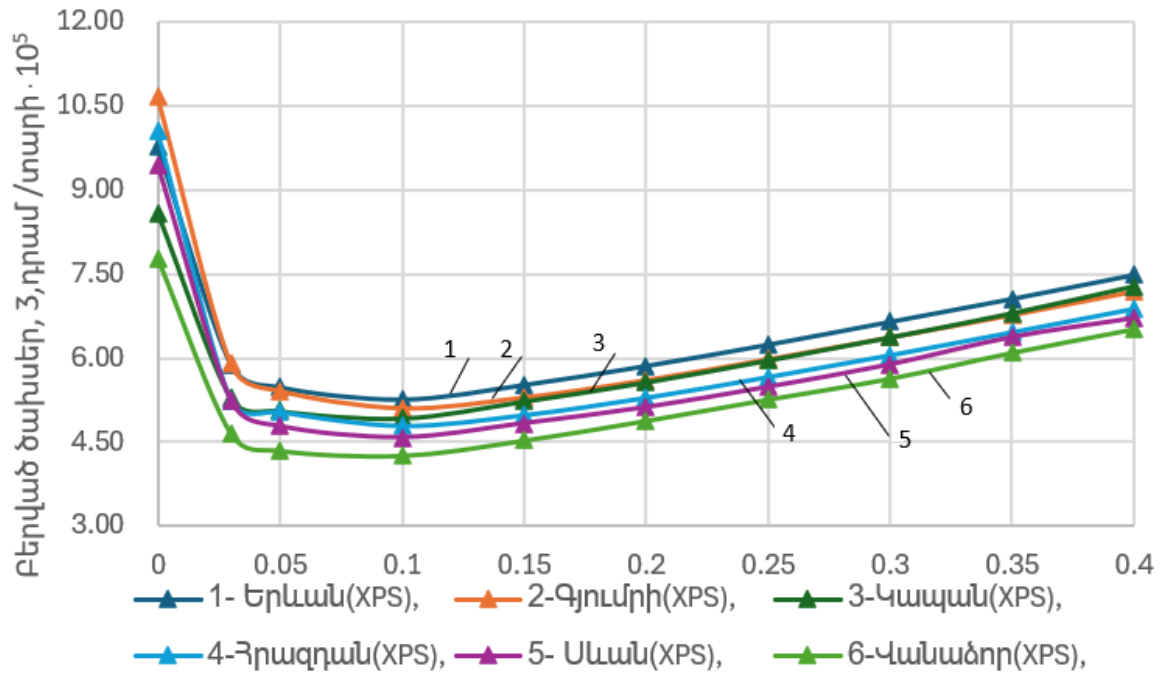
Շենքի օպտիմալ ջերմամեկուսիչ շերտի (ՕՋՇ) էներգատնտեսական ցուցանիշների որոշմանը կարելի է հասնել դրանց բազմակողմանի վերլուծության արդյունքում: Սակայն վերջնական պատասխան կարող են տալ տնտեսական ցուցանիշները, ջերմամեկուսիչի և սարքավորումների արժեքները, վառելիքի գինը և այլն: Ստորև անդրադարձ է կատարվել նման հաշվարկներին: Վերը դիտարկված 9 հարկանի բազմաբնակարան շենքի համար նախատեսվել էր իրականացնել արտաքին պատող կոնստրուկցիայի ջերմամեկուսացում, ըստ որի կորոշվեն ջերմացրտամատակարարման համակարգի էներգետիկական և տեխնիկատնտեսական ցուցանիշները, կիրականաց-

վեն դրանց վերլուծությունները: Ինչպես նշվեց, համակարգային վերլուծության համար անհրաժեշտ է որոշել ինչպես շինկառուցվածքների, այնպես էլ ջերմացրտամատակարարման համակարգի վրա հիմնական և շահագործման ծախսերի ամբողջությունը և բերված ծախսերը: Այդ ծախսերը որոշվել են հայտնի բանաձևով [15].

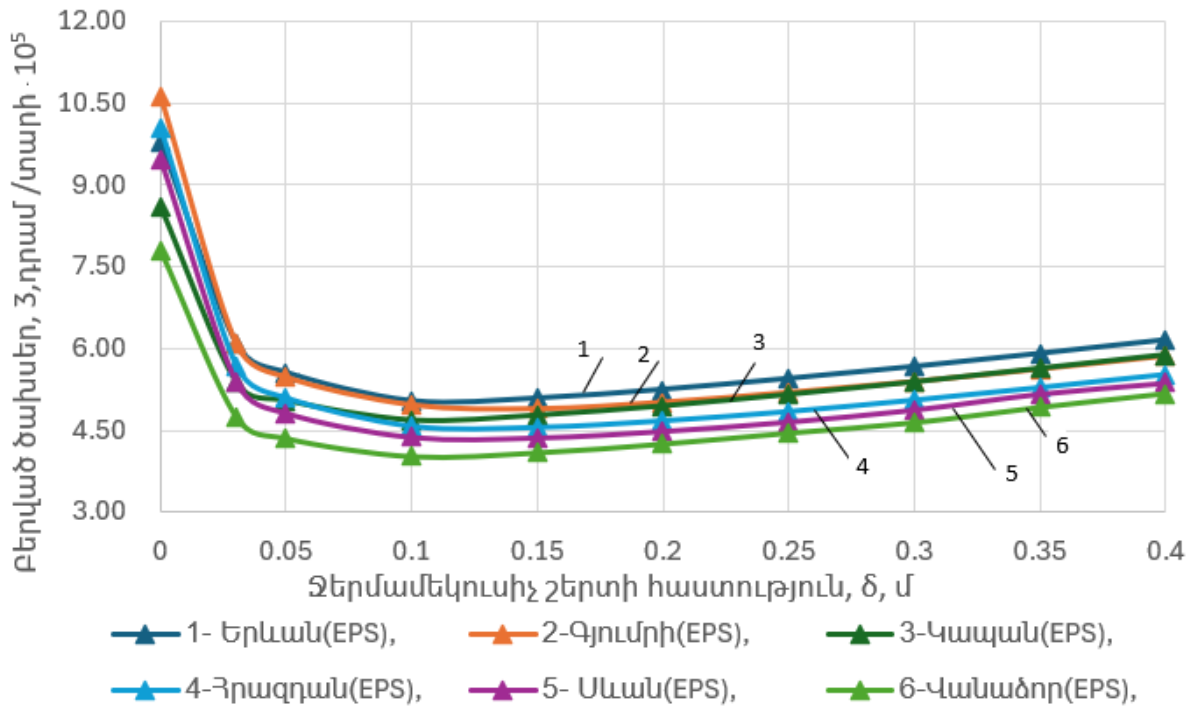
$$Z_{\text{գ. ս}}^{\text{միջ. սեզ.}} = (E_{\text{ջեռ. ս}} + k_{\text{ջեռ. ս}}^{\text{վեր.}}) \cdot K_{\text{ջեռ. ս}} + (E_{\text{կաթ.}} + k_{\text{կաթ.}}^{\text{վեր.}}) \cdot K_{\text{կաթ.}} + (E_{\text{ջերմ.}} + k_{\text{ջերմ.}}^{\text{վեր.}}) \cdot K_{\text{ջերմ.}} + (E_{\text{ջերմ. ցանց}} + k_{\text{ջերմ. ցանց}}^{\text{վեր.}}) \cdot K_{\text{ջերմ. ցանց}} + (E_{\text{գ. աղբ.}} + k_{\text{գ. աղբ.}}^{\text{վեր.}}) \cdot K_{\text{գ. աղբ.}} + c_{\text{վառ.}} \cdot \sum V_{\text{վառ.}}^{\text{միջ. սեզ.}} + c_{\text{էլ. էն.}}^{1\text{կՎտ}} \cdot \sum N_{\text{էլ. էն.}}^{\text{միջ. սեզ.}}, \quad (11)$$

որտեղ $Z_{\text{գ. ս}}^{\text{միջ. սեզ.}}$ -ը տարեկան բերված ծախսերն են \$/տարի, $E_{\text{ջեռ. ս}}$, $E_{\text{կաթ.}}$, $E_{\text{ջերմ.}}$, $E_{\text{գ. աղբ.}}$, $E_{\text{ջերմ. ցանց}}$ -ը շահագործման նորմատիվային գործակիցներ են՝ ջեռուցման սարքի, կաթսայի, ջերմամեկուսիչ նյութի, ցրտի աղբյուրի համար, *տարի*, $k_{\text{ջեռ. ս}}^{\text{վեր.}}$, $k_{\text{կաթ.}}^{\text{վեր.}}$, $k_{\text{ջերմ.}}^{\text{վեր.}}$, $k_{\text{գ. աղբ.}}^{\text{վեր.}}$, $k_{\text{ջերմ. ցանց}}^{\text{վեր.}}$ -ը սարքավորումների, ջեռուցման կաթսայի, ջերմամեկուսիչի և ցրտի աղբյուրի վերանորոգման ծախսեր են, %, $K_{\text{ջեռ. ս}}$, $K_{\text{կաթ.}}$, $K_{\text{գ. աղբ.}}$, $K_{\text{ջերմ.}}$, $K_{\text{ջերմ. ցանց}}$ -ը՝ ներդրումային արժեքները, $c_{\text{վառ.}} \cdot \sum V_{\text{վառ.}}^{\text{միջ. սեզ.}}$ -ը՝ վառելիքի փաստացի ծախսը, $u^{\beta}/\text{սեզոն}$, $c_{\text{էլ. էն.}}^{1\text{կՎտ}} \cdot \sum N_{\text{էլ. էն.}}^{\text{միջ. սեզ.}}$ -ը՝ էլեկտրաէներգիայի փաստացի ծախսը, $l\text{Վտ}/\text{սեզոն}$, $\sum N_{\text{էլ. էն.}}^{\text{միջ. սեզ.}}$ -ը՝ ջերմատարի և ցրտատարի շրջապտույտն ապահովող պոմպերի ծախսած էլեկտրաէներգիան, ներառյալ շենքի ջեռուցման (հովացման) ներքին ցանցում հիդրավիլիկական կորուստների հաղթահարման վրա էլեկտրաէներգիայի ծախսը, $\sum V_{\text{վառ.}}^{\text{միջ. սեզ.}}$ -ն վառելիքի տարեկան ծախսն է, $u^{\beta}/\text{տարի}$, $c_{\text{էլ. էն.}}^{1\text{կՎտ}}$ -ը՝ ՀՀ էներգահամակարգում վաճառվող էլեկտրական էներգիայի սակագինն է (0,38 *կՎ* լարմամբ սնվող սպառողների համար կազմում է՝ ցերեկային սակագին 53,48 *դրամ/կՎժ* (0,13 *\$/կՎտժ*) գիշերային սակագին 43,48 *դրամ/կՎտժ* (0,11 *\$/կՎտժ*) [32], $c_{\text{վառ.}}$ - ամսական 10000 *ւՅ* և ավելի սպառում ունեցող սպառողներին վաճառվող յուրաքանչյուր 1 *ւՅ* բնական գազի սակագինը, 0,265 *\$* [33]: Ըստ այդմ ստացվել են շենքի արտաքին պատող կոնստրուկցիայի օպտիմալ ջերմամեկուսիչ շերտի հաստության փոփոխության գրաֆիկները համապատասխան կլիմայական պայմանների դեպքում (նկ. 3, 4):

Էքստրուդացված պոլիստիրոլ (XPS) տիպի ջերմամեկուսիչ շերտի առավելագույն հաստություն է պահանջվում Հրագդան քաղաքում՝ 0,12 *ւ*, իսկ Կապանի դեպքում, որն ունի ամենաբարձր հաշվարկային ջերմաստիճանը, մեկուսիչի հաստությունը կկազմի 0,08 *ւ* (նկ. 3): Գյումրի քաղաքում, երբ արտաքին օդի ջերմաստիճանը զգալիորեն ցածր է և մեծ են ջերմային կորուստները, էքստրուդացված պոլիստիրոլ (XPS) տիպի ջերմամեկուսիչի դեպքում օպտիմալ հաստությունը կազմում է 0,11 *ւ*:



Նկ. 3. Օպտիմալ ջերմամեկուսիչ շերտի հաստությունը, էքստրուդացված պոլիստիրոլ (XPS)



Նկ. 4. Օպտիմալ ջերմամեկուսիչ շերտի հաստությունը, փրփրապոլիստիրոլ (EPS)

Փրփրապոլիստիրոլի (EPS) տիպի ջերմամեկուսիչի դեպքում կորերն ավելի ողորկ են շնորհիվ նյութի ջերմատեխնիկական հատկությունների փոքր արժեքի, քիչ թեքված են, ուստի և բերում են բերված ծախսերի հաստություն կապի ողորկացման և հաստության աճը չի բերում բերված ծախսերի նշանակալի մեծացման: Կորերի թեքման անկյունը հորիզոնական առանցքի նկատմամբ մեծ է, ջերմամեկուսիչի հաստությունն այս դեպքում տարբեր քաղաքների համար կլինի:

Հրագրան՝ 0,16 լ, Վանաձոր 0,13 լ, Գյումրի՝ 0,15 լ, Երևան և Սևան՝ 0,12 լ, Կապան՝ 0,1 լ: Ստացված արդյունքները ցույց են տալիս, որ օպտիմալ հաստության վրա ազդող հիմնական մեծությունն արտաքին օդի ջերմաստիճանն է նույն շենքի և արտաքին շինարարական կոնստրուկցիայի դեպքում (նկ. 4):

Եզրակացություն

1. ՀՀ տարբեր քաղաքներում ջերմամեկուսիչ շերտի հաստությունը պայմանավորված է դրա տիպով, կլիմայական պայմաններով, հաշվարկային ջերմաստիճանների պահպանման տևողություններով և աստիճան-օրերով:
2. Հաշվի առնելով նշված բոլոր գործոնները՝ XPS տիպի ջերմամեկուսիչը համարվում է առավել նպատակահարմար տարբեր քաղաքներում՝ իր փոքրագույն հաստությամբ ու արդյունավետությամբ, մյուս կողմից մեծ են տարեկան դրամական ծախսերը: EPS-ը պահանջում է ավելի մեծ հաստություն, սակայն փոքր են տարեկան դրամական ծախսերը:
3. Ամռան սեզոնում, օպտիմալ ջերմամեկուսիչ շերտի դեպքում, եթե ցրտամատակարարում չի իրականացվում, ապա վերը բերված կորերը փոխվում են և կստացվի հակառակ պատկեր, քանի որ շինությունների հովացումը բերում է ծախսերի զգալի աճի:

Գրականության ցանկ

- [1] <https://www.unep.org/resources/report/global-status-report-buildings-and-construction>
- [2] Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings
- [3] Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC A.M.
- [4] **Papadopoulos, A. Karamanos, A. Avgelis.** Environmental impact of insulating materials at the end of their useful lifetime, ResearchGate (2002) 9 p., <https://www.researchgate.net/publication/237448672>.
- [5] **B. Abu-Jdayil, A-H. Mourad, W. Hittini, M. Hassan, S.Hameedi,** Traditional, state-of-the-art and renewable thermal building insulation materials: an overview. Construct Build Mater 214 (2019) 709–35, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.04.102>.
- [6] **Ս.Հ.Սարգսյան,** Մեկուսիչ նյութերի արդյունավետության գնահատումը փորձարարական մեթոդով. ՃՇՀԱՀ գիտական աշխատություններ 2 (89) (2024) 110-115, DOI: <https://doi.org/10.54338/18294200-2024.2-13>
- [7] **W. Villasmil, L.J. Fischer, J. Worlitschek,** A review and evaluation of thermal insulation materials and methods for thermal energy storage systems. Renew Sustain Energy Rev 103 (2019)71–84, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.12.040>.
- [8] **ՀՀՇՆ II-7.02-1995.** Շինարարական ջերմաֆիզիկա. շենքերի պատող կոնստրուկցիաների նախագծման նորմեր. Երևան, 1995, 28 էջ:
- [9] **F. Asdrubali, F. D’Alessandro, S.Schiavoni,** A review of unconventional sustainable building insulation materials. Sustainable Materials and Technologies 4 (2015) 1–17, <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2015.05.002>. 2015/07/01/.
- [10] ՀՀՇՆ 21-01-2014 «Շենքերի և շինությունների հրդեհային անվտանգություն»
- [11] **N. Pargana, M.D. Pinheiro, J.D. Silvestre, J. de Brito,** Comparative environmental life cycle assessment of thermal insulation materials of buildings. Energy Build 82 (2014) 466–81, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.05.057>

- [12] **Ս.Հ. Մարգարյան, Դ.Ե. Միրունյան**, Ջերմամեկուսիչ նյութերի ազդեցությունը շրջակա միջավայրի վրա. ՃՇՀԱՀ գիտական աշխատություններ 3(90) (2024) 116-122, <https://doi.org/10.54338/18294200-2024.3-13>.
- [13] **Huakun Huang, Yijun Zhou, Renda Huang, Huijun Wua, Yongjun Sunc, Gongsheng Huangd, Tao Xua**, Optimum insulation thicknesses and energy conservation of building thermal insulation materials in Chinese zone of humid subtropical climate, <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101840>.
- [14] **S. Egnatosyan, D. Hakobyan, S. Sargsyan**, Comparative Analysis of the Use of Thermal Insulation Materials Depending on Climatic Conditions and Comfort Microclimate Supply Systems, <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.906.99>.
- [15] **A. Petrosyan**, The Influence of the Properties of Thermal - Insulation Materials on the Thermomoist Indicators of a Building, <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.906.125>.
- [16] **Ա.Լ. Պետրոսյան, Ա.Ն. Զաքարյան**, Շինությունների արտաքին կոնստրուկցիաների ջերմամեկուսիչ շերտի օպտիմալ հաստությունը ու դրա տեղի որոշումը. ՃՇՀԱՀ գիտական աշխատություններ 1 (2015) 43-49:
- [17] **E. Cuce, P. Cuce, C. Wood, S. Riffat**, Optimizing insulation thickness and analysing environmental impacts of aerogel-based thermal superinsulation in buildings. *Energy and Buildings* 77(7) (2014) 28–39, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.03.034>.
- [18] Էներգախնայողության և վերականգնվող էներգետիկայի 2022-2030 թվականների ծրագիր. ՀՀ Կառավարության 2022 թ. մարտի 24-ի N 398-Լ որոշում:
- [19] RA SC, Housing stock and Public Utility in the Republic of Armenia, p. 75.
- [20] **S. Schiavoni, F.D. Alessandro, F. Bianchi, F. Asdrubali**, Insulation materials for the building sector: A review and comparative analysis, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.05.045>
- [21] **Dileep Kumar, Morshed Alam, Patrick X.W. Zou, Jay G. Sanjayan, Rizwan Ahmed Memon**, Comparative analysis of building insulation material properties and performance <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110038>.
- [22] **C.C. Pavel, D.T. Blagoeva**, Competitive Landscape of the EUs Insulation Materials Industry for Energy-Efficient Buildings. Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018, p.19.
- [23] **A. Ali, A. Issa, A. Elshaer**, Comprehensive Review and Recent Trends in Thermal Insulation Materials for Energy Conservation in Buildings, <https://doi.org/10.3390/su16208782>.
- [24] **F. Asdrubali, F.D. Alessandro, S. Schiavoni**, A review of unconventional sustainable building insulation materials, <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2015.05.002>.
- [25] **В.Н. Богословский**, Отопление и вентиляция. Москва, 1975, 478 с.
- [26] **ՀՀՇՆ II-22.01-2024**. Շինարարական կլիմայաբանություն. Երևան, 2024, 259 էջ:
- [27] Heating and cooling of buildings. Chapter 16. ASHRE, Available from: <https://www.discountpdh.com/wp-content/themes/discountpdh/pdf-course/heating-and-cooling-of-the-buildings.pdf>.
- [28] **Z. Melikyan**, Heating-Cooling of Buildings: Efficiency of Conventional and Renewable Technologies, 2012, p. 344.
- [29] **ՀՀՇՆ 24.01.2016**. Շենքերի ջերմային պաշտպանություն, Երևան, 2016, 63 էջ:
- [30] **Л.С. Донин**, Справочник по вентиляции в пищевой промышленности. Москва, 1977, 351 с.
- [31] **В.Н. Богословский**, Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха), Рипол Классик, 1982, 415 с.
- [32] ՀՀ Հանրային ծառայությունները կարգավորող հանձնաժողով. Որոշում № 451-Ն «Գազպարոմ Արմենիա» ՓԲԸ-ի կողմից սպառողներին վաճառվող բնական գազի սակագներ, 30.12.2024թ.
- [33] ՀՀ Հանրային ծառայությունները կարգավորող հանձնաժողով. Որոշում №478-Ն «Հալաստանի էլեկտրական ցանցեր» ՓԲԸ-ի կողմից սպառողներին վաճառվող էլեկտրաէներգիայի սակագներ, 29.12.2021թ.

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ ТОЛЩИНЫ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО СЛОЯ ДЛЯ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ В РАЗЛИЧНЫХ ГОРОДАХ РА

Спартак Оганнесович Саргсян*, **Арташес Левонович Петросян**

Национальный университет архитектуры и строительства Армении, г. Ереван, РА

**.sargsyannuaca@gmail.com*

Зависимость Республики Армения от импорта ископаемого топлива, а именно - природного газа из Российской Федерации, заставляет специалистов разрабатывать и внедрять эффективные меры по сокращению физических объемов импортируемого топлива, а следовательно, и требуемых финансовых ресурсов. Хотя цена на газ в РА низкая по сравнению с мировыми ценами, в условиях низкой платежеспособности населения ей уделяется особое внимание. Поскольку подобные проблемы имеют государственное значение, было проведено исследование по изучению теплотехнических характеристик 9-этажных панельных типовых зданий, построенных и эксплуатируемых в различных климатических зонах РА. Исследование показало, что в разных городах РА в зависимости от климатических условий, теплотехнических данных ограждающих конструкций и стоимости теплоизоляционного материала оптимальной толщиной слоя теплоизоляции будет, в частности, пенополистирол (EPS): Гюмри - 0,15 м, Ереван - 0,12 м, Ванадзор - 0,13 м, Капан - 0,10 м, Севан - 0,12 м, Раздан - 0,16 м и экструдированный пенополистирол (XPS): Гюмри - 0,11 м, Ереван - 0,1 м, Ванадзор - 0,11 м, Капан - 0,08 м, Севан - 0,1 м, Раздан - 0,11 м. В результате, применение теплоизоляционного слоя в строительных конструкциях приводит к значительному сокращению расходов органического топлива и электроэнергии в системах теплоснабжения в течение года. В зависимости от температуры наружного воздуха в летние месяцы, продолжительности сезона, количества градусо-дней затраты в отдельных городах варьируются. Это означает, что при определении оптимальной толщины слоя теплоизоляции необходимо учитывать его влияние на протяжении всего года.

Ключевые слова: *оптимальный слой изоляции, энергосбережение, энергоэффективность, климатические факторы, многоквартирные дома*

SELECTION OF OPTIMUM THICKNESS OF THERMAL INSULATION LAYER FOR RESIDENTIAL BUILDINGS IN VARIOUS CITIES OF RA

Spartak Sargsyan*, **Artashes Petrosyan**

National University of Architecture and Construction of Armenia, Yerevan, RA

**.sargsyannuaca@gmail.com*

The dependence of the Republic of Armenia on fossil fuel imports, namely natural gas from the Russian Federation, forces specialists to develop and implement effective measures to reduce the physical volumes of imported fuel, and therefore the required financial resources. Although the price of gas in the Republic of Armenia is low compared to world prices, in the context of low solvency of the population, special attention is paid to it. And since such problems are of national importance, a study was conducted to study the thermal characteristics of 9-story panel typical buildings constructed and operated in various climatic zones of the

Republic of Armenia. The study showed that in different cities of the Republic of Armenia, depending on climatic conditions, thermal engineering data of enclosing structures and the cost of thermal insulation material, the optimal thickness of the thermal insulation layer will be, in particular, expanded polystyrene (EPS) Gyumri 0,15 m, Yerevan 0,12 m, Vanadzor 0,13 m, Kapan 0,1 m, Sevan 0,12 m, Hrazdan 0,16 m and extruded polystyrene (XPS) Gyumri 0,11 m, Yerevan 0,1 m, Vanadzor 0,11 m, Kapan 0,08 m, Sevan 0,1 m, Hrazdan 0,11 m. As a result, the application of insulation layers in construction leads to a significant reduction in the consumption of organic fuels and electricity in heating systems over the course of the year. Depending on the external air temperature during the summer months, the duration of the season, the number of degree-days, the costs in individual cities vary. This means that when determining the optimal thickness of the insulation layer, it is necessary to consider it over the entire year.

Keywords: optimal insulation layer, energy saving, energy efficiency, climatic factors, apartment buildings

Սարգսյան Սպարտակ Հովհաննեսի (ՀՀ, ք. Երևան) – ՃՇՀԱՀ, ՋԳՄՕ ամբիոն, ասպիրանտ, (+374)41014544, s.sargsyannuaca@gmail.com, **Պետրոսյան Արտաշես Լևոնի, ս.գ.թ., դոցենտ** (ՀՀ, ք. Երևան) – ՃՇՀԱՀ, ՋԳՄՕ ամբիոն, (+374)98932940 artashespetrosyan@mail.ru

Саргсян Спартак Оганнесович (РА, г. Ереван) - НУАСА, кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции, аспирант, (+374)41014544, s.sargsyannuaca@gmail.com, **Петросян Арташес Левонович, к.т.н., доцент** (РА, г. Ереван) - НУАСА, кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции, (+374)41014544, artashespetrosyan@mail.ru

Sargsyan Spartak (RA, Yerevan) - NUACA, Chair of ventilation, gas and heat supply, phd student, (+374)41014544, s.sargsyannuaca@gmail.com, **Petrosyan Artashes, doctor of philosophy (Ph.D) in Engineering, Associate Professor** (RA, Yerevan) - NUACA, Chair of ventilation, gas and heat supply, (+374)98932940, artashespetrosyan@mail.ru

Ներկայացվել է՝ 17.02.2025թ.

Գրախոսվել է՝ 28.02.2025թ.

Ընդունվել է տպագրության՝ 30.04.2025թ.